10. BİLSEL
Uluslararası Truva
Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi

30-31 Ekim 2026

Çanakkale

KONGRE KİTABI



BİLSEL CONGRESS

BİLSEL YAYINCILIK

10. BİLSEL INTERNATIONAL TRUVA SCIENTIFIC RESEARCH and INNOVATION CONGRESS BOOK
30-31 OCTOBER 2026
ÇANAKKALE/TÜRKİYE

EDITOR
Assoc. Prof. Dr. Bora YENİHAN

ISBN: 978-625-8531-78-7

All rights of this book belong to BILSEL PUBLISHING.

The book is not intended for commercial profit.
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Bu kitabın tüm hakları BİLSEL YAYINCILIK yayınevine aittir.
Kitap ticari bir kar amacı gütmemektedir.
Yayın etiği kurallarına uymak yazarın sorumluluğundadır.

https://bilselkongreleri.com/

12.11.2026

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.

CONGRESS ID
CONGRESS TITLE

10. BİLSEL INTERNATIONAL TRUVA SCIENTIFIC RESEARCH and INNOVATION CONGRESS

DATE and PLACE

30-31 OCTOBER 2026, ÇANAKKALE/TÜRKİYE

ORGANIZATION

Bilgiseli Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Strateji Geliştirme Kongre ve Org.Hizm.Tic.Ltd.Şti

ORGANIZING COMMITTEE

Chairman of the Organizing Committee

Assoc. Prof. Bora YENİHAN

University Academician Representative

Doç. Dr. Özge TEMİZ

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

PARTICIPANTS COUNTRY

Albania/Algeria/ Azerbaijan / Hungary
India/Indonesia/Iran/ Morocco/Nigeria/KKTC
Pakistan/ Romania/ /Uzbekistan/ France

CONGRESS ORGANIZING COMMITTEE MEMBERS

Prof. Dr. Karim KREIT
Prof. Dr. Mohammed Waheeb
Prof. Dr.Nana Jincharadze
Prof. Dr. Rana Kutlu
Prof. Dr. Eti Akyüz Levi
Doç. Dr. Kadir GÖKOĞLAN
Doç. Dr. Özel SEBETCİ
Doç. Dr. Aysun EKİNCİ
Doç. Dr. Cihan KÜRKÇÜ
Doç. Dr. Sedat ARSLAN
Doç. Dr. Hasan Mansur DURGUN
Assoc. Prof. Dr Daniela Matušíková
Assoc. Prof. Dr. Abderrahmane Raji
Assoc. Prof. Dr. Enida KUME
Assoc. Prof. Dr. BELOUFA
Dr. Nihan TURHAN
Dr. Betül Ayman
Dr. Emre ALTAŞ
Dr. Cansu Mine AYDIN
Dr. Taner AKARSU
Dr. Abdulaziz ERTAŞ
Dr. F. Özlem KARGIN
Dr. Esra KÜRKCÜ AKGÖNÜL
Dr. Elmassı SAID
Dr. Sahnoun ZENGAH
Dr. Leila Bijos
Dr. Elharrar Noureddıne
Dr. hc Vicente Pironti
Dr. Vijay Singh
Dr. Abdelaati Soufiani

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

Aksaray Üniversitesi

Prof. Dr. Süleyman GÖKSOY

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Fatma ÇALIŞANDEMİR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet BAYIRLI

Balıkesir Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Murat KARAOĞLU

Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Karim KREIT

Cadi Ayyad University, Moracco

Prof. Dr. Mohammed Waheeb

Hashemite University,Jordan

Prof. Dr.Nana Jincharadze

European University Georgia

Prof. Dr. Shemsije Demiri

Hıgh Economıc School- Gostivar North Macedonia

Prof. Dr. Tinatin Mshvidobadze

Gori State University (Georgia)

Prof. Dr.Valbon Ademi

University of Tetovo, North Macedonia

Prof. Dr Valentina Marinescu

University of Bucharest

Prof. Dr. Hassan ZARIOUH

Mohammed I University, Oujda Morocco

Doç.Dr. Nursel ASLANTÜRK

Çankırı Karatekin Üniversitesi

Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR

Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Fikret YAZICI

Erciyes Üniversitesi

Doç. Dr. Özel SEBETCİ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi

Doç. Dr. Cihan KÜRKÇÜ

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Ganaoui Maroua

University of Chadli Ben Djedid El-tarf and Souk Ahras university, Algeria

Assoc. Prof. Dr. Abdullayeva Gultekin

Azerbaijan State Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Postolache Victoria

Alecu Russo Balti State University, Moldova

Assoc. Prof. Dr. Irina-Teodora MANOLESCU

Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Romania

Assoc. Prof. Dr. Silviya Ivanova

Institute of Cryobiology and Food Technology, Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Rozina Khattak

Shaheed Benazir Bhutto Women University, Pakistan

Assoc. Prof. Dr. Mokhtar NEBAB

University of Boumerdes ALGERIA

Assoc. Prof. Dr. Gergana Gozanska Plovdiv

University "Paisii Hilendarski", Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Məmmədova Könül Ələddin qızı

ADPU-Azerbaijan

Dr. Elife BÜYÜKÖZTÜRK

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Dr. Şehadet BULUT

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Dr. Mustafa ÖZGERİŞ

Atatürk Üniversitesi

Dr. Fatıma AYDIN

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Dr. Mine AKKUŞ UÇAR

Mardin Artuklu Üniversitesi

Dr. Mokhnane Tarek

Center for Scientific and Technical Research on Arid

Regions (CRSTRA) Omar El BERNAOUI, Algeria

Dr. K. Vıgnesh

Palar Agrıcultural College, Vellore, Tamil Nadu, India

Dr. Vo Trung Hau

Binh Duong Mot University, Vietnam

Dr. Le Thi Minh

Thu Dau Mot University, Vietnam

Dr. Amina Yahia

University of Oum El Bouaghi. Algeria

Dr. Haneen Vasel

Beit Berl College

Dr. Elmassı SAID

Cadi Ayyad University

Dr. Sahnoun ZENGAH

University of Mustapha Stambouli Mascara, Algeria

Dr. Leila Bijos

Universidade Federal da Paraíba (UFPB),Brazil

Dr. Elharrar Noureddıne

Higher Institute of Nursing Professions and Health Techniques "ISPITS", Safi

Dr. Vicente Pironti

Open University Humaniza, Brazil

Dr. Vijay Singh

Himachal Pradesh University Shimla India

Dr. Abdelaati Soufiani

Higher Institute of Nursing and Health Technology (ISPITS) of Kenitra

Dr. Alketa Çaushi

Sport University of Tirana,Albania

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Bi_2O_3 KATKILI CAMLARININ RADYASYON ZIRHLAMA PARAMETRELERİNİN AARNFM-SHİELD KODU İLE HESAPLANMASI 17

CALCULATION OF RADIATION SHIELDING PARAMETERS OF Bi_2O_3-DOPED GLASSES USING THE AARNFM-SHIELD CODE 18

HfO_2 KATKILI TELLÜRİT-BORAT CAMLARININ RADYASYON ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ 28

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF HfO_2-DOPED TELLURİTE-BORATE GLASSES 29

OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU TEKLI VORTEKS TÜPÜNÜN EKSERJI GÖSTERGELERINDE MAKINE ÖĞRENMESI BAŞARISININ TEST VE ÇAPRAZ DOĞRULAMA ILE KARŞILAŞTIRILMASI 38

COMPARATIVE EVALUATION OF MACHINE LEARNING PERFORMANCE IN PREDICTING EXERGY INDICATORS OF AN OXYGEN-OPERATED SINGLE VORTEX TUBE WITH POLYAMIDE NOZZLES USING TEST DATA AND CROSS-VALIDATION 39

OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU PARALEL BAĞLI ÜÇLÜ KARŞI AKIŞLI VORTEKS TÜPÜ SISTEMININ TOPLAM EKSERJI PERFORMANSININ MAKINE ÖĞRENMESI ILE TAHMINI 51

MACHINE LEARNING PREDICTION OF THE OVERALL EXERGY PERFORMANCE OF AN OXYGEN-OPERATED SYSTEM OF THREE PARALLEL-CONNECTED COUNTERFLOW VORTEX TUBES WITH POLYAMIDE NOZZLES 52

GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CAPER (*CAPPARIS SPINOSA* L.) FRUITS 63

GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF HAWTHORN (*CRATAEGUS ORIENTALIS*) SEEDS 70

FOTOPLETİSMOGRAFİ (PPG) SİNYAL ANALİZİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI KAN ŞEKERİ SEVİYESİ TAHMİNİ İÇİN YENİLİKÇİ BİR ÇALIŞMA 77

AN INNOVATIVE STUDY FOR BLOOD GLUCOSE LEVEL PREDICTION BASED ON PPG SIGNAL ANALYSIS AND MACHINE LEARNING 78

SOĞUK ÇEKİM ORANI VE FİLAMENT ÇAPININ ÇELİK LASTİK KORDU FİLAMENTLERİNİN EĞİLME YORULMASINA ETKİSİ: 0,25HT VE 0,20HT KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 85

THE EFFECT OF COLD-DRAWING RATIO AND FILAMENT DIAMETER ON THE BENDING FATIGUE OF STEEL TIRE CORD FILAMENTS: A COMPARISON OF 0.25HT AND 0.20HT GRADES 86

HOMOJENLEŞTİRME VE TERMOMEKANİK İŞLEMLERİNİN Al5083 ALAŞIMININ AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ 91

THE EFFECT OF HOMOGENIZATION AND THERMOMECHANICAL PROCESSING ON THE WEAR BEHAVIOR OF Al5083 ALLOY 92

SİSMOLOJİK VERİLER IŞIĞINDA TÜRKİYE'NİN GÜNCEL DEPREMSELLİĞİ VE DEPREM

TEHLİKESİNE BAKIŞ 96
AN OVERVIEW OF CURRENT SEISMICITY AND SEISMIC HAZARD OF TÜRKİYE IN THE LIGHT OF SEISMOLOGICAL DATA 97
ERİTİLMİŞ FİLAMENT ÜRETİMİ İLE ÜRETİLEN 316L PASLANMAZ ÇELİĞİN TERMOGRAVİMETRİ KONTROLLÜ ISIL İŞLEMİ 98
THERMOGRAVIMETRY-GUIDED THERMAL PROCESSING OF 316L STAINLESS STEEL PRODUCED BY FUSED FILAMENT FABRICATION 99
ERİTİLMİŞ FİLAMENT ÜRETİM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN 316L PASLANMAZ ÇELİĞİN KISA SÜRELİ SICAK KOROZYON DAVRANIŞI 107
SHORT-TERM HOT CORROSION BEHAVIOR OF FUSED FILAMENT FABRICATED 316L STAINLESS STEEL 108
UZUN YAPILARDA DAĞITILMIŞ REZONATÖRLER KULLANARAK PASIF TITREŞIM AZALTIMI 116
PASSIVE VIBRATION MITIGATION OF SLENDER STRUCTURES USING RESONATORS 117
DEVELOPING A USER-CENTRED VALUE PROPOSITION IN WINDSURF TECHNOLOGY: AN EXPLORATORY STUDY OF A REAL-TIME GUIDANCE SYSTEM 124
1. INTRODUCTION 125
DISEASE DIAGNOSIS VIA XGBOOST AND SUPPORT VECTOR MACHINES BASED ON WEARABLE SENSOR DATA 139
OTOSCOPIC IMAGE RECOGNITION USING EFFICIENTNET-B0 WITH TRANSFER LEARNING 152
VİSKOELASTİK BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN LOKAL VARLIĞI 162
LOCAL EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR A VISCOELASTIC BIHARMONIC EQUATION 163
LOGARİTMİK NONLİNEER TERİMLİ BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN GLOBAL VARLIĞI 175
GLOBAL EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR A BIHARMONIC EQUATION WITH LOGARITHMIC NONLINEARITY 176
DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMASI 184
BLOW UP OF SOLUTIONS FOR A FOURTH-ORDER SINGULAR PARABOLIC EQUATION 185
DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMA SÜRESİNİN ÜST SINIRI 202
UPPER BOUND OF BLOW UP TIME OF SOLUTIONS FOR A FOURTH-ORDER SINGULAR PARABOLIC EQUATION 203
CNC KESME-ÜFLEME SİSTEMLERİNDE TİTREŞİM TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMASI İLE ARIZA TESPİTİ 221
VIBRATION BASED FAULT DETECTION IN CNC CUTTER BLOWER SYSTEMS USING MACHINE LEARNING ALGORITHM 222
ŞEBEKEYE BAĞLI FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE VERİ ODAKLI ARIZA TANILAMA: MAKİNE

ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI 235
DATA-DRIVEN FAULT DIAGNOSIS IN GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING APPROACHES 236
NAGIOS ALARM YÖNETİMİNDE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ BAĞLAMSAL KARAR DESTEĞİ 250
CONTEXTUAL DECISION SUPPORT WITH A LARGE LANGUAGE MODEL FOR NAGIOS ALARM MANAGEMENT 251
BİR ÇELİK BORU ÜRETİCİSİNDE KURUMSAL BİLGİ ASİSTANININ AŞAMALI GELİŞİMİ: VEKTÖR ARAMASINDAN ÇOK AŞAMALI VE ÇOK MODELLİ RAG MİMARİSİNE 269
YABANCI DİL OLARAK TÜRKÇE ÖĞRETİMİNDE KÜLTÜREL İÇERİK ODAKLI, RAG VE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ WEB TABANLI EĞİTİM PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ 304
DEVELOPMENT OF A WEB-BASED EDUCATIONAL PLATFORM FOCUSED ON CULTURAL CONTENT AND SUPPORTED BY RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG) AND LARGE LANGUAGE MODELS FOR TEACHING TURKISH AS A FOREIGN LANGUAGE 305
TÜRKİYE'DEKİ ALIŞVERİŞ MERKEZLERİ VE KAPALI OTOPARKLARDA ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: RİSKLER, MEVZUAT VE İYİLEŞTİRME GEREKSİNİMLERİ 313
FIRE SAFETY ASSESSMENT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS IN SHOPPING MALLS AND ENCLOSED CAR PARKS IN TÜRKİYE: RISKS, REGULATIONS AND IMPROVEMENT NEEDS 314
ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TRAFİKTE GÖRSEL OLARAK TANIMLANMASININ ACİL MÜDAHALE VE YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE İÇİN PLAKA VE İŞARETLEME ÖNERİSİ 319
OTOMATİK CİLT HASTALIĞI ŞİDDET SINIFLANDIRMASINDA VERİ SIZINTISI VE MODEL VERİMLİLİĞİ 325
DATA LEAKAGE AND MODEL EFFICIENCY IN AUTOMATED SKIN DISEASE SEVERITY CLASSIFICATION 326
MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK SDN TOPOLOJİ ZEHİRLEME SALDIRILARININ TESPİTİNDE VERİ SIZINTISI VE SALDIRI-KOŞU TABANLI DEĞERLENDİRME 334
DATA LEAKAGE AND ATTACK-RUN-BASED EVALUATION IN THE DETECTION OF SDN TOPOLOGY POISONING ATTACKS USING MACHINE LEARNING 335
İLERİ SENTETİK FONKSİYONELLEŞTİRMELER İÇİN POTANSİYEL BİR YAPI TAŞI: YENİ BİR DİBROMO SPİRO-ANTRON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU 350
A POTENTIAL BUILDING BLOCK FOR FURTHER SYNTHETIC FUNCTIONALIZATION: SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF A NOVEL DIBROMO SPIRO-ANTHRONE DERIVATIVE 351
MOLEKÜLER HİBRİDİZASYON YAKLAŞIMIYLA POTANSİYEL BİYOAKTİF BİR KİNOLİN-BENZOTİYAZOL HİBRİT HİDRAZON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU 361

SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF A POTENTIALLY BIOACTIVE QUINOLINE-BENZOTHIAZOLE HYBRID HYDRAZONE DERIVATIVE VIA A MOLECULAR HYBRIDIZATION APPROACH 362
MALATYA İLİ ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN CORİNE VERİLERİYLE BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 375
ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGE IN MALATYA PROVINCE USING CORINE DATA AND EVALUATION OF ITS ENVIRONMENTAL IMPACTS 376
YÜKSEKÖĞRETİMDE ÜRETİCİ YAPAY ZEKÂ VE AKADEMİK DÜRÜSTLÜK: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ 377
GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ACADEMIC INTEGRITY IN HIGHER EDUCATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS 378
GRAFİK TASARIM PROGRAMLARINDA SİMGESEL ÖĞRENME, ARAYÜZ DÖNÜŞÜMÜ VE KULLANICI DENEYİMİ: PHOTOSHOP, ILLUSTRATOR VE FİGMA ÖRNEĞİ 379
SYMBOLIC LEARNING, INTERFACE TRANSFORMATION, AND USER EXPERIENCE IN GRAPHIC DESIGN SOFTWARE: CASE OF PHOTOSHOP, ILLUSTRATOR, AND FIGMA 380
DESIGN OF AN INTERACTIVE WEB-BASED SIMULATOR FOR THE MICHELSON INTERFEROMETER EXPERIMENT AND ITS USE IN PHYSICS EDUCATION 389
AN INTERACTIVE GERMANIUM DETECTOR AND MULTICHANNEL ANALYZER SIMULATOR FOR THE X-RAY PHYSICS EXPERIMENT 397
COVID-19 ACİL DURUMU SONRASINDA İLAÇ VE SAĞLIK HİSSELERİNİN GETİRİ TAHMİNİ: KAYAN PENCERE YAKLAŞIMIYLA MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 405
RETURN FORECASTING OF PHARMACEUTICAL AND HEALTHCARE STOCKS AFTER THE COVID-19 EMERGENCY: A COMPARISON OF MACHINE LEARNING MODELS WITH A ROLLING WINDOW APPROACH 406
ON SOME PROPERTIES OF ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT 407
EQUIVALENCE OF ORDER *α* FOR SET SEQUENCES 407
ON SOME PROPERTIES OF ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT 408
EQUIVALENCE OF ORDER *α* FOR SET SEQUENCES 408
NEW RESULTS ON ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT 415
EQUIVALENCE OF ORDER α FOR SET SEQUENCES 415
NEW RESULTS ON ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT 416
EQUIVALENCE OF ORDER α FOR SET SEQUENCES 416
BAZI YENİ DİBENZO[*b,h*][1,6]NAFTİRİDİN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU 423
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SOME NEW DIBENZO[*b,h*][1,6]NAPHTHYRIDINE DERIVATIVES 424
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN MEKÂNSAL BİR YAKLAŞIM: BİYOİKLİMSEL ÖZELLİKLERE GÖRE SİLİFKE ÇİLEĞİNİN ARAŞTIRILMASI 425

A SPATIAL APPROACH TO SUSTAINABLE AGRICULTURE: INVESTIGATION OF SILIFKE STRAWBERRY ACCORDING TO ITS BIOCLIMATIC VARIABLES 426

CONCLUSION 430

ŞANLIURFA İLİ ANTEPFISTIĞI BAHÇELERİNDE *Kermania pistaciella* Amsel (LEPIDOPTERA: TINEIDAE)'nın POPULASYON TAKİBİ ve BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ 433

POPULATION MONITORING OF *Kermania pistaciella* Amsel (LEPIDOPTERA: TINEIDAE) AND IDENTIFICATION OF PLANT-PARASITIC NEMATODE SPECIES IN PISTACHIO ORCHARDS IN ŞANLIURFA PROVINCE, TÜRKİYE 434

CODON USAGE BIAS AND GEOGRAPHIC POPULATION STRUCTURE IN THE *CP* GENE OF APPLE MOSAIC VIRUS (ApMV) 435

DOMATES ÜRETİMİNDE YENİ BİR TEHDİT: TOMATO FRUIT BLOTCH VIRUS (ToFBV; *Blunervirus solani*) 444

BİTKİ HASTALIKLARININ TAŞINMASINDA VEKTÖR BÖCEKLERİN ROLÜ 452

THE ROLE OF VECTOR INSECTS IN THE TRANSMISSION OF PLANT DISEASES 453

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PARAZİT KONTROLÜ: ETKİ MEKANİZMALARI, AVANTAJLAR VE SINIRLAMALAR 464

SUSTAINABLE PARASITE CONTROL IN AQUACULTURE: MECHANISMS OF ACTION, ADVANTAGES AND LIMITATIONS 465

SUCUL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BİYOKİMYASAL DOĞRULAMASI: YETİŞTİRİCİLİK KOŞULLARININ BALIK DOKUSUNDAKİ METABOLİK VE LİPİDOMİK PARMAK İZLERİ . 478

BIOCHEMICAL VERIFICATION OF AQUATIC PRODUCTION SYSTEMS: METABOLIC AND LIPIDOMIC FINGERPRINTS OF REARING CONDITIONS IN FISH TISSUE 479

KEÇİLERDE ÖNCEKİ VE SONRAKİ KAYITLI DOĞUM TİPLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ 491

ASSOCIATION BETWEEN PREVIOUS AND SUBSEQUENT RECORDED LITTER TYPES IN GOATS 492

HAYVANCILIKTA AKILCI ANTİMİKROBİYAL KULLANIMI VE FARMAKOVİJİLANS HAKKINDA BİLGİ VE UYGULAMALAR: ÇİFTÇİLER VE VETERİNER HEKİMLER ARASINDA KESİTSEL BİR ARAŞTIRMA 493

KNOWLEDGE AND PRACTICES ON RATIONAL ANTIMICROBIAL USE AND PHARMACOVIGILANCE IN LIVESTOCK FARMING: A CROSS-SECTIONAL SURVEY OF FARMERS AND VETERINARIANS 494

SU ORTAMINDAKİ ÇEVRESEL KİRLETİCİLERİN SEÇİCİ GİDERİMİNDE MOLEKÜLER BASKILANMIŞ POLİMERLER 500

MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR THE SELECTIVE REMOVAL OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS IN AQUATIC ENVIRONMENTS 501

GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA BULANIK KÜME NİTEL KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (FSQCA): BİBLİYOMETRİK BİR GÖRÜNÜM 508

A BIBLIOMETRIC OVERVIEW OF FUZZY-SET QUALITATIVE COMPARATIVE ANALYSIS (FSQCA) IN GASTRONOMY RESEARCH 509

GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA GÖZ İZLEME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI 523
THE USE OF EYE-TRACKING TECHNOLOGY IN GASTRONOMY RESEARCH 524
GLUTENSİZ FIRINCILIK ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: YENİ BİLEŞENLER VE MODERN İŞLEME TEKNOLOJİLERİ 529
DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE BAKERY PRODUCTS: NOVEL INGREDIENTS AND MODERN PROCESSING TECHNOLOGIES 530
FONKSİYONEL GIDA BİLEŞENLERİ İÇİN YENİLİKÇİ TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR VE GÜNCEL UYGULAMALAR 537
INNOVATIVE TECHNOLOGICAL APPROACHES AND CURRENT APPLICATIONS FOR FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS 538
HİNDİSTAN CEVİZİ POSASI KATKILI ŞEFFAF VE BEYAZ FOTOPOLİMER REÇİNELERDE DÖNGÜSEL UV MARUZİYETİ SONRASI KÜTLE VE GÖRÜNÜM DEĞİŞİMLERİ: ÖN BULGULAR 545
MASS AND APPEARANCE CHANGES OF TRANSPARENT AND WHITE PHOTOPOLYMER RESINS FILLED WITH COCONUT PULP AFTER CYCLIC UV EXPOSURE: PRELIMINARY FINDINGS 546
GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ VE KULLANILMAMIŞ ABS TOZU KATKISININ ŞEFFAF FOTOPOLİMER REÇİNENİN ÇEKME DAVRANIŞINA ETKİSİ 555
EFFECT OF RECYCLED AND VIRGIN ABS POWDERS ON THE TENSILE BEHAVIOUR OF A TRANSPARENT PHOTOPOLYMER RESIN 556
DÖNGÜSEL EKONOMİYE GEÇİŞTE KENTSEL MADENCİLİĞİN ROLÜ: 565
E-ATIKLARDAN KRİTİK HAM MADDE KAZANIMI 565
THE ROLE OF URBAN MINING IN THE TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY: 566
RECOVERY OF CRITICAL RAW MATERIALS FROM E-WASTE 566
GIDA SEKTÖRÜNDE ORGANİK ATIKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ VE GERİ KAZANIM POTANSİYELİ 573
SUSTAINABLE MANAGEMENT AND RECOVERY POTENTIAL OF ORGANIC WASTE IN THE FOOD SECTOR 574
SAĞLIK YÖNETİMİ VE İŞLETME BÖLÜMLERİNDE OKUYAN ÖĞRENCİLERİN YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI 575
ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY OF STUDENTS STUDYING IN HEALTH MANAGEMENT AND BUSINESS ADMINISTRATION DEPARTMENTS 576
DIŞ TİCARETTE FİRMA HETEROJENLİĞİ: MİKROİKTİSADİ AKTARIM MEKANİZMALARI 586
FIRM HETEROGENEITY IN FOREIGN TRADE: MICROECONOMIC TRANSMISSION MECHANISMS 587
SAĞLIKTA DÖNÜŞÜM PROGRAMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÜZERİNE TEORİK BİR DEĞERLENDİRME 598
THE RELATIONSHIP BETWEEN THE HEALTH TRANSFORMATION PROGRAM AND ECONOMIC GROWTH: A THEORETICAL ASSESSMENT OF TÜRKİYE 599

SAĞLIK İŞLETMELERİNDE DEĞİŞKEN MALİYET YÖNTEMİNİN TAM MALİYET YÖNTEMİ KARŞISINDAKİ ÜSTÜNLÜKLERİ VE UYGULAMADA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER..... 608
ADVANTAGES OF VARIABLE COSTING OVER FULL COSTING IN HEALTHCARE ORGANIZATIONS AND DIFFICULTIES ENCOUNTERED IN PRACTICE 609
SAĞLIK ÇALIŞANLARINDA TÜKENMİŞLİK ARAŞTIRMALARININ COVID-19 PANDEMİSİ ÖNCESİ VE SONRASI TEMATİK EVRİMİ..... 617
THE THEMATIC EVOLUTION OF RESEARCH INTO BURNOUT AMONG HEALTHCARE WORKERS BEFORE AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC 618
YÖNETİM ALANINDA SOSYAL GİRİŞİMCİLİK ARAŞTIRMALARI: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ (2017–2026)..... 630
RESEARCH ON SOCIAL ENTREPRENEURSHIP IN THE FIELD OF MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS (2017–2026) 631
GÜVEN, ALGILANAN DEĞER VE YEŞİL YIKAMA BAĞLAMINDA YEŞİL PAZARLAMA İLE TÜKETİCİ ALGISI İLİŞKİSİNİN TEMATİK SENTEZİ..... 638
A THEMATIC SYNTHESIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GREEN MARKETING AND CONSUMER PERCEPTION IN THE CONTEXT OF TRUST, PERCEIVED VALUE, AND GREENWASHING 639
DİJİTALLEŞEN MUHASEBE MESLEĞİNDE ETİK SORUNLAR: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME..... 649
ETHICAL ISSUES IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ACCOUNTING PROFESSION: A CONCEPTUAL ASSESSMENT..... 650
TÜRKİYE'DE TARIMSAL GİRDİ VE ÜRÜN FİYATLARI ARASINDAKİ ÖNGÖRÜ İLİŞKİSİ VE FİYAT MAKASI 664
THE PREDICTIVE RELATIONSHIP BETWEEN AGRICULTURAL INPUT AND OUTPUT PRICES IN TURKEY AND THE PRICE WEDGE..... 665
TÜRKİYE'DE TARIMSAL İSTİHDAM VE ÇALIŞAN BAŞINA REEL KATMA DEĞER: 677
1991–2024 DÖNEMİNDEKİ DEĞİŞİM..... 677
AGRICULTURAL EMPLOYMENT AND REAL VALUE ADDED PER WORKER IN TURKEY: TRENDS DURING THE 1991–2024 PERIOD..... 678
YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA YEREL DEMOKRATİK YÖNETİŞİM: KATILIMIN KURUMSAL KOŞULLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME 696
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL İLETİŞİM ALGILARI: BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ İLETİŞİM FAKÜLTESİ ÖRNEĞİ 713
UNIVERSITY STUDENTS' PERCEPTIONS OF DIGITAL COMMUNICATION: THE CASE OF THE FACULTY OF COMMUNICATION AT BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY 714
DİJİTAL İLETİŞİM KONULU TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ 723
AN EXAMINATION OF THESES ON DIGITAL COMMUNICATION THROUGH CONTENT ANALYSIS..... 724
GELECEĞİN SINIF ÖĞRETMENLERİ KOLAYLAŞTIRICI KİŞİYLE ÇALIŞMAYA HAZIR MI? 744
ARE FUTURE PRIMARY SCHOOL TEACHERS READY TO WORK WITH FACILITATORS? ... 745

FİNANSAL OKURYAZARLIĞIN MATEMATİK VE OKUMA BECERİLERİ TARAFINDAN YORDANMA DÜZEYİNİN İNCELENMESİ 756
EXAMINING THE EXTENT TO WHICH FINANCIAL LITERACY IS PREDICTED BY MATHEMATICS AND READING SKILLS 757
2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ EĞİLİMLER AÇISINDAN İNCELENMESİ 767
AN ANALYSİS OF THE LEARNİNG-TEACHİNG PRACTİCES İN THE 2026 SOCİOLOGY CURRİCULUM İN TERMS OF DİSPOSİTİONS 768
2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ DEĞERLER AÇISINDAN İNCELENMESİ 779
AN ANALYSİS OF THE LEARNİNG-TEACHİNG PRACTİCES İN THE 2026 SOCİOLOGY CURRİCULUM İN TERMS OF VALUES 780
İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ GEOMETRİK CİSİMLERLE İLGİLİ OLUŞTURDUKLARI KAVRAM HARİTALARININ İNCELENMESİ 790
ANALYSIS OF CONCEPT MAPS CREATED BY ELEMENTARY SCHOOL MATHEMATICS TEACHER CANDIDATES REGARDING GEOMETRIC OBJECTS 791
MAHMUD NEDİM PAŞA DÖNEMİNDEKİ REFORMLAR 792
REFORMS DURING THE REIGN OF MAHMUD NEDİM PASHA 793
KUZEY AFRİKA'DA SON PERDE: TRABLUSGARP HARBİ 794
THE FINAL ACT IN NORTH AFRICA:THE WAR OF TRIPOLI 795
ÇAĞLAR ARASINDA KÖPRÜ KURMAK: ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİNDE TUNALI HİLMİ (1920–1928) 796
BRIDGING EPOCHS: TUNALI HİLMİ IN THE EARLY REPUBLICAN PERIOD (1920-1928) 797
OSMANLI DEVLETİ'NDE KAYMAKAMLARIN İŞLEDİKLERİ SUÇLAR: CİDE ÖRNEĞİ (1875-1900) 805
CRIMES COMMITTED BY KAİMMAKAMS IN THE OTTOMAN EMPİRE: THE CASE OD CİDE (1875-1900) 806
CEZAİ KONULARDA ULUSLARARASI ADLİ İŞ BİRLİĞİ KAPSAMINDA HÜKÜMLÜ NAKLİNDE YABANCI MAHKÛMİYET HÜKMÜNÜN TÜRKİYE'DE İNFAZI: İNFAZIN DEVAMI VE UYARLAMA YARGILAMASI 811
EXECUTION OF FOREIGN CONVICTIONS IN TURKEY DURING TRANSFER OF SENTENCED WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL JUDICIAL COOPERATION IN CRIMINAL MATTERS: CONTINUED ENFORCEMENT OR CONVERSION TRIAL 812
YOĞUN BAKIM HEMŞİRELİĞİNDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIM ALANLARI VE HEMŞİRELİK BAKIMINA POTANSİYEL KATKILARI 830
APPLİCATİONS OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN CRİTİCAL CARE NURSİNG AND ITS POTENTİAL CONTRİBUTİONS TO NURSİNG CARE 831
YOĞUN BAKIMDA İLETİŞİM KURULAMAYAN HASTALARDA AĞRI DEĞERLENDİRMESİ VE YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR 836
INNOVATİVE AI-BASED APPROACHES TO PAİN ASSESSMENT AND MANAGEMENT İN

PATİENTS UNABLE TO COMMUNİCATE İN THE INTENSİVE CARE UNİT 837
YARA İYİLEŞMESİNDE BESLENMENİN ÖNEMİ VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI 844
THE IMPORTANCE OF NUTRITION IN WOUND HEALING AND NURSING APPROACHES 845
TOTAL PARENTERAL NÜTRİSYON UYGULAMASINDA HEMŞİRENİN ROLÜ VE ENFEKSİYON KONTROLÜ 856
THE ROLE OF NURSES AND INFECTION CONTROL IN TOTAL PARENTERAL NUTRITION ADMINISTRATION 857
ALLIUM SCHOENOPRASUM VE *CHAEROPHYLLUM HAKKIARICUM*'UN OTLU PEYNİRİN MİKROBİYAL YÜK VE ÇEŞİTLİLİĞİNE ETKİSİ 868
EFFECT OF *ALLIUM SCHOENOPRASUM* AND *CHAEROPHYLLUM HAKKIARICUM* ON THE MICROBIAL LOAD AND DIVERSITY OF HERBY CHEESE 869
FETAL HAREKET BİYOMEKANİĞİ VE DOĞUM ÖNCESİ KAS-İSKELET SİSTEMİ GELİŞİMİ: FİZYOTERAPİ PERSPEKTİFİ 877
FETAL MOVEMENT BIOMECHANICS AND PRENATAL MUSCULOSKELETAL DEVELOPMENT: A PHYSIOTHERAPY PERSPECTIVE 878
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE İŞTAH DURUMUNA GÖRE ULTRA İŞLENMİŞ BESİN TÜKETİMİ VE BEDEN KÜTLE İNDEKSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 884
COMPARISON OF ULTRA-PROCESSED FOOD CONSUMPTION AND BODY MASS INDEX BY APPETITE STATUS AMONG UNIVERSITY STUDENTS 885
LİPÖDEMLİ BİREYLERDE EGZERSİZ ÖNERİLERİNE İLİŞKİN CHATGPT YANITLARININ GÜVENİLİRLİK VE KALİTESİ 886
RELIABILITY AND QUALITY OF CHATGPT RESPONSES REGARDING EXERCISE RECOMMENDATIONS FOR INDIVIDUALS WITH LIPEDEMA 887
MANDIBULA İÇ YÜZÜNÜN TOPOGRAFİK ANATOMİSİ: FORAMEN MANDIBULAE VE LINGULA MANDIBULAE'NİN DETAYLI ANATOMİSİ 888
TOPOGRAPHIC ANATOMY OF THE MEDIAL SURFACE OF THE MANDIBULA: DETAILED ANATOMY OF THE FORAMEN MANDIBULAE AND LINGULA MANDIBULAE 889
PALATUM DURUM'UN ANATOMİK YAPISI VE TOPOGRAFİSİ: 895
FORAMEN PALATINUM MAJUS VE CANALIS INCISIVUS 895
ANATOMICAL STRUCTURE AND TOPOGRAPHY OF THE HARD PALATE: 896
THE GREATER PALATINE FORAMEN AND INCISIVE CANAL 896
İNMEYI TAKLIT EDEN DONMUŞ OMUZ SENDROMU: GENÇ BIR ERIŞKINDE TANISAL BIR ZORLUK 901
FROZEN SHOULDER MİMİCKİNG ACUTE STROKE: A DİAGNOSTİC CHALLENGE İN A YOUNG ADULT 902
GEBE OLAN VE OLMAYAN KADINLARDA GENİTAL HİJYEN DAVRANIŞLARI 907
DOĞUM YÖNTEMİNE GÖRE KADINLARIN POSTPARTUM RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 918
ASSESSMENT OF WOMEN'S POSTPARTUM RISK BASED ON THE METHOD OF CHILDBIRTH

..... 919
KONJENİTAL MUSKÜLER TORTİKOLLİS TANILI BİR BEBEĞİN ICF ÇERÇEVESİNDE FONKSİYONEL DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMI: OLGU SUNUMU. 929
FUNCTIONAL ASSESSMENT AND PHYSIOTHERAPY APPROACH FOR AN INFANT DIAGNOSED WITH CONGENITAL MUSCULAR TORTICOLLIS WITHIN THE ICF FRAMEWORK: A CASE REPORT 930
YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARIN BAKIMINDA KÜMÜLATİF STRES MARUZİYETİNİN PRETERM BEBEKLERDEKİ FİZYOLOJİK, DAVRANIŞSAL VE NÖROGELİŞİMSEL SONUÇLARI: KÜRESEL ÇOCUK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİNDEN KAPSAM DERLEMESİ 942
CUMULATIVE STRESS EXPOSURE IN THE CARE OF HIGH-RISK NEWBORNS AND ITS PHYSIOLOGICAL, BEHAVIOURAL AND NEURODEVELOPMENTAL OUTCOMES IN PRETERM INFANTS: A SCOPING REVIEW FROM A GLOBAL CHILD HEALTH PERSPECTIVE 943
PRETERM DOĞAN YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARDA AİLE ENTEGRE BAKIM: TABURCULUK VE TABURCULUK SONRASI SONUÇLARIN KAPSAM DERLEMESİ..... 959
FAMILY INTEGRATED CARE FOR PRETERM HIGH-RISK NEWBORNS: A SCOPING REVIEW OF DISCHARGE AND POST-DISCHARGE OUTCOMES 960
AFET DÖNEMLERİNDE BELİRSİZLİK VE KESİNLİK ARAYIŞI: BİLİŞSEL KAPALILIK İHTİYACI ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME..... 977
UNCERTAINTY AND THE SEARCH FOR CERTAINTY DURING DISASTERS: A CONCEPTUAL REVIEW OF THE NEED FOR COGNITIVE CLOSURE 978
SOSYAL HİZMETİN ÖZGÜRLEŞTİRİCİ NOSYONU: MESLEKİ ROLLER VE SORUMLULUKLAR 989
THE EMANCIPATORY NOTION OF SOCIAL WORK: PROFESSIONAL ROLES AND RESPONSIBILITIES 990
AMBİVALANS DUYGULARIN İKİLEMİNDE SOSYAL HİZMETTE MOTİVASYONEL GÖRÜŞME 991
MOTIVATIONAL INTERVIEWING IN SOCIAL WORK AMID THE DILEMMA OF AMBIVALENT FEELINGS..... 992
HADİSLERDE VE MODERN TOPLUMDA SÜNNET MOTİVASYONLARININ 993
KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ 993
A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MOTIVATIONS FOR CIRCUMCISION..... 994
IN THE HADITH AND IN MODERN SOCIETY 994
AİLE UYUMU İLE DİNDARLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ..... 1000
THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY COHESION AND RELIGIOSITY..... 1001
RURAL NEIGHBOURHOODS IN TÜRKİYE AS TRANSITIONAL SPACES FROM THE RURAL TO THE URBAN IN THE PROCESS OF RURBANIZATION 1012
EVLİLİKTE DENKLİK (KEFÂET) KONUSUNDA GENÇ KUŞAK VE EBEVEYNLERİNİN TUTUM FARKLILIKLARI: NİTEL BİR ARAŞTIRMA..... 1022
ATTITUDE DIFFERENCES BETWEEN THE YOUNG GENERATION AND THEIR PARENTS

REGARDING EQUIVALENCE IN MARRIAGE (KEFA'AH): A QUALITATIVE RESEARCH . 1023
İNCİLİ ÇAVUŞ FIKRALARINDA OTORİTE KARŞISINDA DOLAYLI ANLAM VE SÖYLEMSEL STRATEJİLER 1034
INDIRECT MEANING AND DISCURSIVE STRATEGIES IN İNCİLİ ÇAVUŞ ANECDOTES: ENCOUNTERS WITH AUTHORITY 1035
HÜSEYN CAVİD VƏ XX ƏSR: ÜRFANİ UZAQLIQDAN DOĞAN BƏŞƏRİ FACİƏLƏR 1047
HUSEYN JAVID AND THE 20TH CENTURY: HUMAN TRAGEDIES BORN OF SPIRITUAL DISTANCE 1049
ÇANAKKALE HERBİNDEN GELEN FELAKET: TEVFİK FİKRETİN “HARB-İ MUKADDES” ŞİİRİNDE FACİE MƏNZƏRƏLERİ..... 1050
THE CATASTROPHE STEMMING FROM THE GALLIPOLI WAR: SCENES OF TRAGEDY IN TEVFİK FİKRET’S POEM “HARB-İ MUKADDES” (THE HOLY WAR) 1051
ÇAĞDAŞ SANATTA IŞIĞA DUYARLI CANLILARLA GÖRÜNTÜ ÜRETİMİ: BİYOLOJİK SÜREÇLER VE GEÇİCİLİ..... 1052
IMAGE PRODUCTION USING LIGHT-SENSITIVE ORGANISMS IN CONTEMPORARY ART: BIOLOGICAL PROCESSES AND TRANSIENCE..... 1053
YAPAY ZEKÂ SANATINDA DOĞANIN DÖNÜŞÜMÜ: BİYOMORFİK BİÇİMLER ÜZERİNE BİR İNCELEME 1064
THE TRANSFORMATION OF NATURE IN AI ART: AN EXAMINATION OF BIOMORPHIC FORMS 1065
ESER SÖZLEŞMESİNDE NAMA İFA..... 1074
PERFORMANCE IN THE NAME OF ANOTHER IN A CONTRACT FOR WORK 1075
DANIŞIQ BACARIĞININ İNKİŞAFINDA SİTUATİV TAPŞIRIQLAR..... 1083
SITUATIONAL TASKS IN THE DEVELOPMENT OF SPEAKING SKILLS 1084
DANIŞIQ BACARIĞININ İNKİŞAFINDA SİTUATİV TAPŞIRIQLAR..... 1085
ALİ MƏKTƏBDƏ TƏLİM PROSESİNƏ NƏZARƏT VƏ QİYMƏTLƏNDİRMƏ..... 1089
MONITORING AND ASSESSMENT OF THE TEACHING PROCESS IN HIGHER EDUCATION 1095
OKUL ÖNCESİ EĞİTİM MÜFREDATINDA İÇERİK BİLEŞENLERİNİN YATAY ENTEGRASYONU 1096
HORIZONTAL INTEGRATION OF CONTENT COMPONENTS IN THE PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM..... 1097
BECOMING A SELF-REGULATED LEARNER: PSYCHOLOGICAL PRINCIPLES AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS..... 1102
HƏSSAS ƏHALİ QRUPLARINA YÖNƏLMİŞ SOSİAL PROQRAMLARIN EFFEKTİVLİYİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ: MEYARLAR VƏ İNDİKATORLAR..... 1105
EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOCIAL PROGRAMS AIMED AT VULNERABLE GROUPS OF THE POPULATION: CRITERIA AND INDICATORS 1106
TƏRBİYƏ PROSESİNDƏ MÜASİR PEDAQOJİ TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ..... 1107
APPLİCATİON OF MODERN PEDAGOGİCAL TECHNOLOGİES İN STUDENTS DEVELOPMENT

..... 1108
AZƏRBAYCAN DİLİNDƏ ETNOQRAFİK LEKSİKANIN BİR QOLU KİMİ GEYİM ADLARI 1109
MÜSTƏQİL AZƏRBAYCANDA MÜƏLLİM YETİŞDİRMƏ SİSTEMİNİN İNKİŞAFI 1113
BAĞIMSIZ AZERBAYCANDA ÖĞRETMEN YETİŞTİRME SİSTEMİNİN GELİŞİMİ 1118
DEVELOPMENT OF THE TEACHER TRAINING SYSTEM IN INDEPENDENT AZERBAIJAN . 1119
GƏLƏCƏK ƏDƏBİ NALİYYƏTLƏRƏ QAPI AÇAN “UŞAQ BAXÇASI” VƏ “BƏSİRƏTÜL-ƏTFAL” DƏRSLİKLƏRİ 1120
THE “USHAG BAGHCHASI” AND “BASIRATUL-ATFAL” TEXTBOOKS: OPENING THE 1121
DOOR TO FUTURE LITERARY ACHIEVEMENTS 1121
DİFERENSİAL YANAŞMA İLƏ ƏLAQƏDAR ELMİ TƏDQİQAT İŞİNİN APARILMASI. 1125
KEY ISSUES IN SCIENTIFIC RESEARCH 1126
ORFOEPIK NORMALAR VƏ ONLARIN INKIŞAF MEYILLƏRI 1133
ORTHOEPIC NORMS AND TRENDS IN THEIR DEVELOPMENT 1134
DƏRS TƏDRİS İŞİNİN TƏŞKİLİNİN ƏSAS FORMASI KİMİ: PEDAQOJİ MAHİYYƏTİ VƏ MÜASİR İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ 1136
DƏRS TƏDRİS İŞİNİN TƏŞKİLİNİN ƏSAS FORMASI KİMİ: PEDAQOJİ MAHİYYƏTİ VƏ MÜASİR İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ 1141
THE LESSON AS THE PRIMARY FORM OF ORGANIZING INSTRUCTIONAL ACTIVITIES: PEDAGOGICAL ESSENCE AND CONTEMPORARY DEVELOPMENT TRENDS 1142
MƏKTƏB MÜHİTİNİN PEDAQOJİ DİZAYNI 1143
AZƏRBAYCAN DİLİ DƏRSLƏRİNDƏ MARAQ DAİRƏSİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ YOLLARI 1146
ŞƏXSİYYƏTİN FORMALAŞMASINDA SOSİAL DAVRANIŞLARIN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN ROLU 1149
THE ROLE OF SOCİAL BEHAVİOR REGULATİON İN PERSONALİTY FORMATİON 1150
MOTİVASİYA VƏ EMOSİYALARIN NEYROFİZİOLOJİ ƏSASLARI 1156
NEUROPHYSIOLOGICAL BASES OF MOTIVATION AND EMOTIONS 1157
ROOTS OF THE IDENTITY OF PETRO MOHYLA (1586–1646), METROPOLITAN OF KYIV. ... 1163
A SCHOOL AGAINST THE TIDE: PETRO MOHYLA, THE BROTHERHOOD CONFLICT, AND THE MAKING OF AN ORTHODOX ACADEMIC INSTITUTION (1631–1635) 1175
ON THE BABM PREPOSITIONAL CONJUNCTIONS *B*, *D*, AND *M* 1187
AN ANALYSIS OF THE POEM *GAME* BY OCTAVIAN PALER 1188
AN ANALYSIS OF THE POEM YESTERDAY’S LIGHT BY LUCIAN BLAGA 1195
AN ANALYSIS OF THE POEM JANUARY BY IOAN N. ROMAN 1201
THE PRINCIPLES OF ISLAMIC ECONOMICS IN PRODUCTION ACTIVITIES 1210
CONCEPTUAL ANALYSIS OF SHARIA COMPLIANCE IN ISLAMIC BANK FINANCING: 1211
A REVIEW OF ISLAMIC LAW AND DSN-MUI FATWAS 1211

THE USE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN STUDENTS' LEARNİNG 1212
HEALTH PSYCHOLOGY APPROACHES TO STRESS MANAGEMENT AND WELL-BEING 1213
ECONOMIC GROWTH AND STRUCTURAL TRANSFORMATION IN NORTHERN EUROPEAN STATES 1214
REGENERATION OF BATIK ARTISANS 1215
THE OPTIMIZATION OF E-COMMERCE AS A MARKETING TOOL FOR BATIK RIFA'IYAH IN THE GLOBAL MARKET ERA 1216
BUILDING DIGITAL CONSUMER COMMUNITIES 1217
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MARKETING 1218
TOURISM DEVELOPMENT STRATEGIES THROUGH THE CREATIVE ECONOMY TO IMPROVE LOCAL COMMUNITY WELFAR 1219
CERTIFICATION AND CONSUMER TRUST 1220
NATIONAL AND GLOBAL MARKET COMPETITION: STRATEGIES FOR STRENGTHENING THE CREATIVE ECONOMY AND HALAL INDUSTRY IN CENTRAL JAVA, INDONESIAN 1221
INNOVATION AND TRANSFORMATION OF CENTRAL JAVA'S TRADITIONAL CULINARY PRODUCTS: STRATEGIES FOR CULTURAL PRESERVATION AND COMPETITIVENESS IN THE DIGITAL ERA 1222
DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR PRODUCING ORGANO-MINERAL FERTILIZER BASED ON LICORICE ROOT EXTRACTION WASTE AND PHOSPHORITE FLOUR 1223
DEFINING CORE COMPETENCIES FOR PEDIATRIC ANESTHESIA NURSING IN ALBANIA: A CONSENSUS-BUILDING DELPHI STUDY 1229
MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR SELECTIVE DETECTION OF DISEASE BIOMARKERS: CHEMISTRY, RECOGNITION MECHANISMS, AND BIOMEDICAL APPLICATIONS 1230
BEYOND ANTIMICROBIAL SCREENING: CHEMICAL ECOLOGY, METABOLITE INTERACTIONS, AND STRUCTURE–ACTIVITY RELATIONSHIPS IN MICROBIAL NATURAL PRODUCTS 1254
PERSISTENT BIOLOGICAL MISCONCEPTIONS AMONG NIGERIAN SECONDARY SCHOOL STUDENTS: INSTRUCTIONAL CAUSES, CONCEPTUAL BARRIERS, AND EVIDENCE-BASED REMEDIATION 1277
DEVELOPMENT OF A GEOREFERENCED DATABASE FOR MEDICINAL PLANTS AND HERBAL REMEDIES IN KOGI CENTRAL SENATORIAL DISTRICT, KOGI STATE, NIGERIA 1301
INDUSTRIAL ECOSYSTEM STRENGTHENING 1325
GLOBAL MARKET EXPANSION STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE HALAL CREATIVE ECONOMY 1326
COMMUNITY INCLUSION AND EMPOWERMENT 1327
CHALLENGES AND STRATEGIES FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF MSMES IN CENTRAL JAVA, INDONESIA 1328
LOCAL COMMUNITY EMPOWERMENT IN SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT 1329

FOOD SAFETY AND PRODUCT QUALITY IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES) 1330
INTERNATIONAL MARKETING: FROM DOMESTIC MARKETS TO GLOBAL MARKETS 1331
HALAL FASHION PRODUCT INNOVATION 1332
MEMORY EXTERNALIZATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE SOCIAL RECONFIGURATION OF THE EXTENDED MIND 1333
THE EMANCIPATION OF LEARNING IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BETWEEN EPISTEMIC AUTONOMY AND ALGORITHMIC DEPENDENCE 1356
BEYOND DIGITAL LITERACY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT, AND THE FUTURE OF EDUCATION IN THE DIGITAL ERA 1378
THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON FINANCIAL DECISION-MAKING AMONG GENERATION Z 1379
DİGİTAL TRANSFORMATİON İN ISLAMİC BANKİNG: RESHAPİNG SHARİA-COMPLİANT FİNANCE 1380
CULINARY AS A CREATIVE ECONOMY ASSET IN BATANG REGENCY: LOCAL POTENTIAL, INNOVATION, AND CULTURAL SUSTAINABILITY 1381
DIGITAL READINESS OF GARMENTMSMES IN SRAG 1382
HALAL-BASED CREATIVE ECONOMY: STRATEGIES TO ENHANCE THE ADDED VALUE AND COMPETITIVENESS OF MSMES IN INDONESIA 1383
THE IMPACT OF RISING FOOD PRICES ON CONSUMER PURCHASING POWER 1384
DEVELOPİNG NİGERİA'S HALAL ECOSYSTEM: LOGİSTİCS FACİLİTATİON, REGİONAL HUBS, AND INSTİTUTİONAL SYNERGY WİTH INDONESİA 1385
CREATIVE SPACES, COMMUNICATION, AND INNOVATION IN PROMOTING THE CREATIVE ECONOMY 1386
INTEGRATION OF THE HALAL INDUSTRY WITH THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS) 1387
THE CREATIVE ECONOMY APPROACH TO ECONOMIC GROWTH 1388
INTEGRATING HALAL TECHNOLOGY AND HALAL SCIENCE: ADVANCING TRACEABILITY, AUTHENTICATION, AND ASSURANCE IN THE GLOBAL HALAL INDUSTRY 1389
BATIK AS A CREATIVE ECONOMY IDENTITY IN BUILDING THE IMAGE OF PEKALONGAN CITY 1390
DEVELOPING LOCAL GASTRONOMY AS A STRATEGY FOR STRENGTHENING A SUSTAINABLE CREATIVE ECONOMY 1391
THE USE OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN EDUCATİON: BENEFİTS, CHALLENGES, AND ITS IMPACT ON STUDENTS' LEARNİNG EXPERİENCES 1392
THE IMPACT OF FOREST AND LAND FIRES ON THE ENVIRONMENT AND ECONOMY IN INDONESIA 1393
THE ROLE OF ISLAMIC BANKING IN SUPPORTING ECONOMIC DEVELOPMENT 1394
NAVIGATING THE PROMISE AND PITFALLS OF GENERATIVE AI IN HIGHER EDUCATION:

EFFECTS ON LEARNING OUTCOMES AND ACADEMIC INTEGRITY 1395
FOREST AND LAND FIRES IN KALIMANTAN IN 2026: ENVIRONMENTAL IMPACTS AND PREVENTION EFFORTS 1396
THE INFLUENCE OF SOCİAL MEDİA MARKETİNG AND INFLUENCER ENDORSEMENTS ON YOUTH CONSUMER PURCHASE DECİSİONS 1397
UNDERSTANDING SMALL MICRO BUSINESS INTENTIONS TO ACCESS SHARIA CAPITAL FINANCING: AN EXTENDED TECHNOLOGY ACCEPTANCE AND FINANCIAL INCLUSION PERSPECTIVE 1398
AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA 1399
AN ANALYSIS OF ISLAMIC FINANCIAL LITERACY AMONG UNIVERSITY STUDENTS 1400
DİGİTALİZATİON OF THE HALAL CREATİVE ECONOMY: OPPORTUNİTİES AND CHALLENGES FOR MSMES İN EXPANDİNG MARKET ACCESS İN THE DİGİTAL ERA 1401
COMPARATİVE ANALYSİS OF THE FİNANCİAL PERFORMANCE OF ISLAMİC COMMERCİAL BANKS AND CONVENTİONAL BANKS İN INDONESİA USİNG THE RGEC METHOD 1402
THE ROLE OF FINANCIAL LITERACY IN STUDENTS' SPENDING HABITS 1403
THE IMPACT OF SOCİAL MEDİA ON STUDENTS' LEARNİNG MOTİVATİON 1404
MARKETING STRATEGIES TO IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF MSMES 1405
THE INFLUENCE OF DIGITAL WALLET USAGE ON STUDENTS' CONSUMER BEHAVIOR .. 1406
ISLAMIC BANKING FINANCING AND ITS IMPACT ON ECONOMIC GROWTH 1407
THE INFLUENCE OF ISLAMIC FINANCIAL LITERACY ON THE INTEREST IN SAVING AT ISLAMIC BANKS 1408
THE ROLE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN IMPROVİNG EDUCATİON QUALİTY İN THE MODERN ERA 1409
THE INFLUENCE OF CASHLESS PAYMENTS ON CONSUMER BEHAVİOR AMONG GENERATİON Z FROM AN ISLAMİC ECONOMİC PERSPECTİVE 1410
INTERPRETİNG QUR'ANİC LEGAL RULİNGS AND DEVELOPİNG HALAL ECONOMİC ETHİCS: A STUDY OF QUR'ANİC VALUES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE 1411
THE INFLUENCE OF ONLINE SHOPPING ON STUDENTS' BUYING HABITS 1411
STRATEGİES TO IMPROVE UNİVERSİTY STUDENTS READİNG INTEREST İN THE DİGİTAL ERA 1412
QUR'ANİC VALUES İN HALAL ECONOMİC ACTİVİTİES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE 1413
DISCOVERING SYMMETRIES OF ODES BY SYMBOLIC REGRESSION 1414
ON THE PARAMETER AND RELIABILITY ESTIMATION OF OBULEZI DISTRIBUTION BASED ON FUZZY LIFE TIMES 1415
ON THE DEVELOPMENT OF POWER TYPE ACCELERATION FUNCTION FOR THE WEIBULL DISTRIBUTION IN ACCELERATED LIFE TESTING FOR FUZZY LIFE TIMES 1416
ELUCIDATING STRUCTURE–OPTICAL PROPERTY RELATIONSHIPS IN EU^{3+}-DOPED

STRONTIUM PHOSPHATE GLASSES: PROSPECTS FOR ADVANCED PHOTONIC AND PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS 1417
MULTIPHYSICS–JUDD–OFELT SYNERGY FOR UNDERSTANDING AND OPTIMIZING RED LUMINESCENCE IN EU^{3+}-DOPED SILICOPHOSPHATE SOL–GEL GLASSES 1418
ANALYSIS OF APPROXIMATE NOETHER SYMMETRIES IN THE FRAMEWORK OF HORNDESKI GRAVITY 1419
CONVERGENCE AND COMPARISON OF NOOR, SP AND A-PLUS ITERATIONS FOR PARTIAL CONTRACTIONS 1420
DEVELOPMENT AND ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN FOSTERİNG INCLUSİVE ECONOMİC GROWTH 1421
THE IMPLEMENTATION OF INTERACTIVE LEARNING MEDIA TO IMPROVE STUDENTS' UNDERSTANDING OF SUBJECT MATTER AT SMA 1 BOJONG 1422
THE IMPACT OF FİNANCİAL TECHNOLOGY INTEGRATİON ON SMALL AND MEDİUM ENTERPRİSE PERFORMANCE 1423
THE ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN SUPPORTİNG SUSTAİNABLE ECONOMİC DEVELOPMENT İN LOCAL COMMUNİTİES 1424
ECONOMİC GROWTH AND ECONOMİC DEVELOPMENT: STRATEGİES FOR INCLUSİVE AND SUSTAİNABLE PROSPERİTY 1425
TRADITIONAL CULINARY REGENERATION IN BATANG REGENCY: CHALLENGES AND ADAPTIVE STRATEGIES IN THE GLOBALIZATION ERA 1426
HALAL BRANDİNG AND DİGİTAL MARKETİNG FOR ENHANCİNG THE VALUE OF LOCAL CRAFT PRODUCTS: EVİDENCE FROM SARUNG GOYOR İN PEMALANG REGENCY 1427
THE KİRAB SEDEKAH BUMİ TRADİTİON İN GETAS PEJATEN VİLLAGE: PRESERVİNG LOCAL WİSDOM, RELİGİOUS MODERATİON, AND SOCİAL HARMONY 1428
BATIK IN THE DIGITAL ECONOMY 1429
DIGITAL TRANSFORMATION AND BUSINESS SUSTAINABILITY STRATEGIES AMONG CULINARY MSMES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES 1430
AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA 1431
DIGITAL TRANSFORMATION OF BATIK HERITAGE AS A DRIVER OF CULTURAL IDENTITY AND CREATIVE ECONOMY RESILIENCE IN INDONESIA 1432
ISLAMIC BANKING AND MSME FINANCING 1433
DİGİTAL TRANSFORMATİON AS A MARKETİNG STRATEGY FOR INDONESİAN HALAL PRODUCTS İN THE INTERNATİONAL MARKET 1434
THE ROLE OF ISLAMIC FINANCE IN PROMOTING FINANCIAL INCLUSION IN INDONESIA 1435
THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA ON STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE 1436

Bi_2O_3 KATKILI CAMLARININ RADYASYON ZIRHLAMA PARAMETRELERİNİN AARNFM-SHİELD KODU İLE HESAPLANMASI

Prof. Dr. Yusuf KAVUN

[1]Kahramanmaras Sütçü Imam University, Vocational School of Onikişubat, Dept. of Medical Imaging Techniques, Kahramanmaras,Türkiye,

yusufkavun@gmail.com, 0000-0001-9635-4388

Özet

Bu çalışma kapsamında, AARNFM-Shield platformu kullanılarak 1 keV ile 100 GeV gama enerjisi aralığında (45-x)B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 ve 10 mol%) cam kompozisyonuna ait radyasyon zırhlama parametreleri hesaplanmıştır. Oluşturulan cam kompozisyonuna Bi_2O_3 eklenmesi ile camın yoğunluğu 4,409 g/cm³ değerinden 5,350 g/cm³ değerine yükselmiştir. Lineer Soğurma Katsayısı (LAC) ve dolayısıyla Kütle Soğurma Katsayısı (MAC) camın kütle yoğunluğunun artması ile LAC ve MAC parametreleri de olumlu yönde etkilenmiştir. Düşük gama enerjilerinde fotoelektrik etki, orta enerjilerde Compton saçılmasının, yüksek enerjilerde ise çift oluşum mekanizmasının baskın olması sebebi ile elde edilen değerler düşük enerjilerde Bi_2O_3 katkılı camların daha etkin zırhlama sağlayacağını ortaya koymuştur. Teorik olarak hesaplanan radyasyon zırhlama parametrelerinin tümü incelendiğinde oluşturulan cam sisteminin radyasyon zırhlamada etkin olarak kullanılabileceği ortaya konmuş olup tıp ve endüstriyel radyasyonlu alanlarda etkin olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bizmut Oksit (Bi2O3), radyasyon zırhlama, AARNFM-Shield.

CALCULATION OF RADIATION SHIELDING PARAMETERS OF Bi_2O_3-DOPED GLASSES USING THE AARNFM-SHIELD CODE

Prof. Dr. Yusuf KAVUN

[1]Kahramanmaras Sütçü Imam University, Vocational School of Onikişubat, Dept. of Medical Imaging Techniques, Kahramanmaras,Türkiye, yusufkavun@gmail.com, 0000-0001-9635-4388

Abstract

Within the scope of this study, radiation shielding parameters of glass composition (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) were calculated in the gamma energy 1 keV to 100 GeV using AARNFM-Shield platform. By adding Bi_2O_3 to the formed glass composition, the glass density increased from 4.409 g/cm³ to 5.350 g/cm³. The Linear Attenuation Coefficient (LAC) and therefore the Mass Attenuation Coefficient (MAC) were positively affected by the increase in the mass density of glass, as well as the LAC and MAC parameters. The values obtained due to the predominance of the photoelectric effect at low gamma energies, Compton scattering at medium energies, and the double formation mechanism at high energies have revealed that Bi_2O_3-doped glasses will provide more effective shielding at low energies. When all the theoretically calculated radiation armoring parameters were examined, it was revealed that the glass system created can be used effectively in radiation shielding and it was concluded that it can be used effectively in medical and industrial radiation fields.

Keywords: Bismuth Oxide (Bi_2O_3), radiation shielding, AARNFM-Shield.

1. Introduction

Today, from medicine to industry, ionizing radiation is being used effectively in various fields more widely every day(Krane, 1991) . Effective radiation shielding is of utmost importance, especially in environments exposed to gamma rays(Knoll, 2010) . Therefore, a wide variety of radiation shielding materials are being developed today(Rüzgaroğlu et al., 2026) . Lead and concrete occupy an effective place among the traditional radiation armoring materials, and it is deceptive to use them in radiation shielding, especially due to the toxic effect of lead (Rammah et al., 2020) . For this reason, the need for various radiation shielding materials is increasing every day, and heavy metal oxide glasses due to various advantages, such as interchangeable combination with suitable structural and optical properties, in radiation shielding, they stand out due to their ability to provide effective protection against radiation types such as gamma (Shaaban et al., 2023) (Knoll, 2010) .

Various parameters such as chemical composition, density, effective atomic number, and photon energy are very important in the use of glasses for radiation shielding (Kirdsiri et al., 2011) . Doping metal oxides with high atomic numbers to glass increases the density of the glass, thereby enhancing the likelihood of interaction with photons(Acikgoz et al., 2026) . This, in turn, causes a positive effect on radiation shielding(Kavun et al., 2026) . For this reason, an effective result is obtained in radiation shielding by adding materials with high atomic number and high density, such as bismuth oxide, to glass systems(He et al., 2011) . The contribution of bismuth oxide affects the physical and morphological properties of the glass and prevents the radiation permeability, which paves the way for the use of Bi2O3-doped glasses as radiation shielding materials(Alalawi, 2020; Alver et al., 2023) .

The boron oxide, barium oxide, tellurium oxide, and tungsten oxide compounds present in glass structures can exhibit different physical properties within the glass(Clark & Zoitos, 1992) . Boron oxide contributes to the formation of the glass network, while tellurium oxide is effective in regulating the structural properties of the glass (Sallam et al., 2022; Sayyed et al., 2025) . The use of heavy metal oxides such as barium oxide and tungsten oxide increases the density of the glass, preventing the passage of radiation during the radiation interaction of the glass (Rammah, 2019) . In addition to these components, the addition of bismuth Octoxide in the glass causes the glass composition properties to change and gamma radiation shielding to be more effective(Naseer, 2025) .

Parameters such as Linear Attenuation Coefficient (LAC), Mass Attenuation Coefficient (MAC), half value thickness (HVL), one tenth value thickness (TVL) and mean free path (MFP) come to the fore as radiation shielding parameters (Krane, 1991) . The linear aattenuation coefficient refers to the ability of a material of a certain thickness to reduce the photon intensity, while the mass absorption coefficient is the amount of radiation that a unit mass of this material can absorb(Kavun, 2019) . HVL and TVL refer to the material thickness required to reduce the photon intensity interacting with the material by half or one-tenth, and mean free path refers to the path that photons can take within the material(Kavun, 2026) .

Within the scope of this study, gamma radiation shielding parameters of (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass composition were theoretically studied in the between 1 keV–100 GeV photon energy range with AARNFM–Shield code(Jindal et al., 2026) . In the study, to determine the effect of the Bi_2O_3 doping ratio on the density and radiation attenuation properties of glass and to examine the optimal armoring performance at different photon energies.

2. Materials and Method

In this study, the radiation shielding parameters for the (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass composition were calculated using the AARNFM-Shield code(Jindal et al., 2026) . The components and densities of the formed glass composition are shown in Table 1.

Table 1. The glass composition and densites

CGlass	B_2O_3 (mol%)	TeO_2 (mol%)	BaO (mol%)	WO_3 (mol%)	Bi_2O_3 (mol%)	ρ (g/cm^3)
Bi0	45	30	15	10	0	4.409
Bi1	44	30	15	10	1	4.510
Bi2	42	30	15	10	3	4.708
Bi3	40	30	15	10	5	4.899
Bi4	35	30	15	10	10	5.350

AARNFM-Shield code is a web-based platform that allows a comprehensive study of the physical, mechanical, optical and radiation shielding properties of materials by gamma ray. The software uses a client-server architecture that combines many capabilities on a single platform using a Python database, visualization of results, and a C++ based computing infrastructure. Radiation shielding parameters are calculated by using the chemical compound, density, photon energy and a number of other parameters of the material under study. We can calculate many parameters such as mass attenuation coefficient, linear attenuation coefficient, half-value thickness value, one-tenth value thickness value and average free path with this code. The reliability of the code was compared with previously calculated data in the literature, and it was concluded that it forms a secure database.

3. Result and Discussion

The LAC (Linear Attenuation Coefficient) values given in Figure 1 show the effect of the Bi_2O_3 contribution on the photon attenuation behavior in the (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass composition cam glass system. In all glass compositions, it is observed that the LAC value is quite high at low photon energies and decreases significantly as the energy increases.

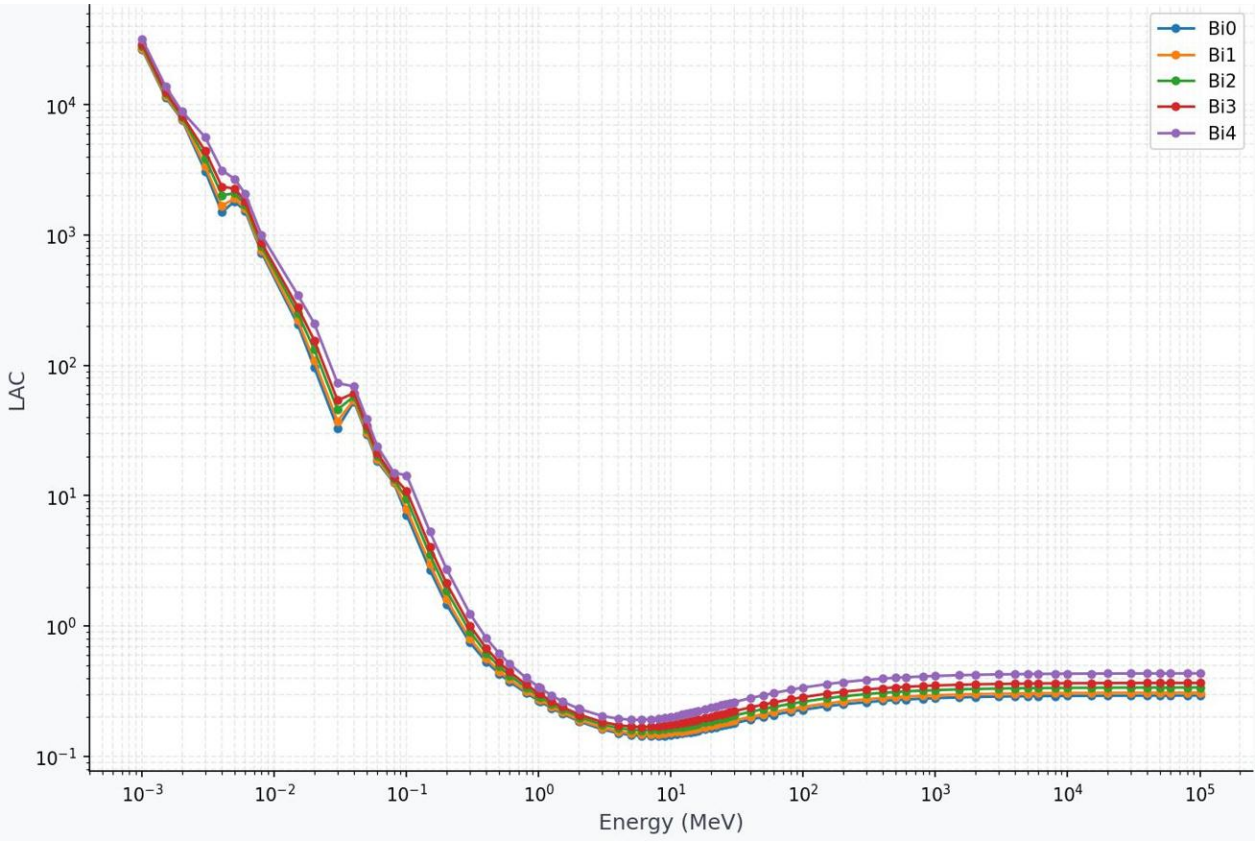


Figure 1. The Linear Attenuation Coefficient of (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass composition

This decrease is related to the fact that the photoelectric absorption mechanism, which is dominant in the low-energy region, loses its effect as the photon energy increases. The observed differences between the curves, especially at low energies, may be due to the fact that the contribution of Bi_2O_3 changes the effective atomic number and density of the glass, affecting the probability of interaction with photons. In the intermediate energy region, LAC values continue to decrease and reach a minimum around a few MeV.

Since the relative contribution of Compton scattering becomes apparent in this region, the LAC differences between compositions become more limited compared to the low energy region. At higher energies, a renewed increase in LAC values is observed. This behavior can be explained by the increasing contribution of the pair formation mechanism at high energies. The contribution of this mechanism to attenuation may be more pronounced, especially in compositions containing Bi with a high atomic number. When the curves in the high energy region are compared, it is seen that the LAC values generally increase as the Bi_2O_3 contribution increases, and the highest values are obtained in the Bi4-coded sample. The Bi0-coded sample exhibits the lowest LAC values in this region. This result shows that the addition of Bi_2O_3 can increase the photon absorption capacity of glass due to its high atomic number. However, the fact that the differences between the curves are more limited in the low and medium energy regions reveals that the effect of the Bi_2O_3 contribution on deceleration depends on the photon energy.

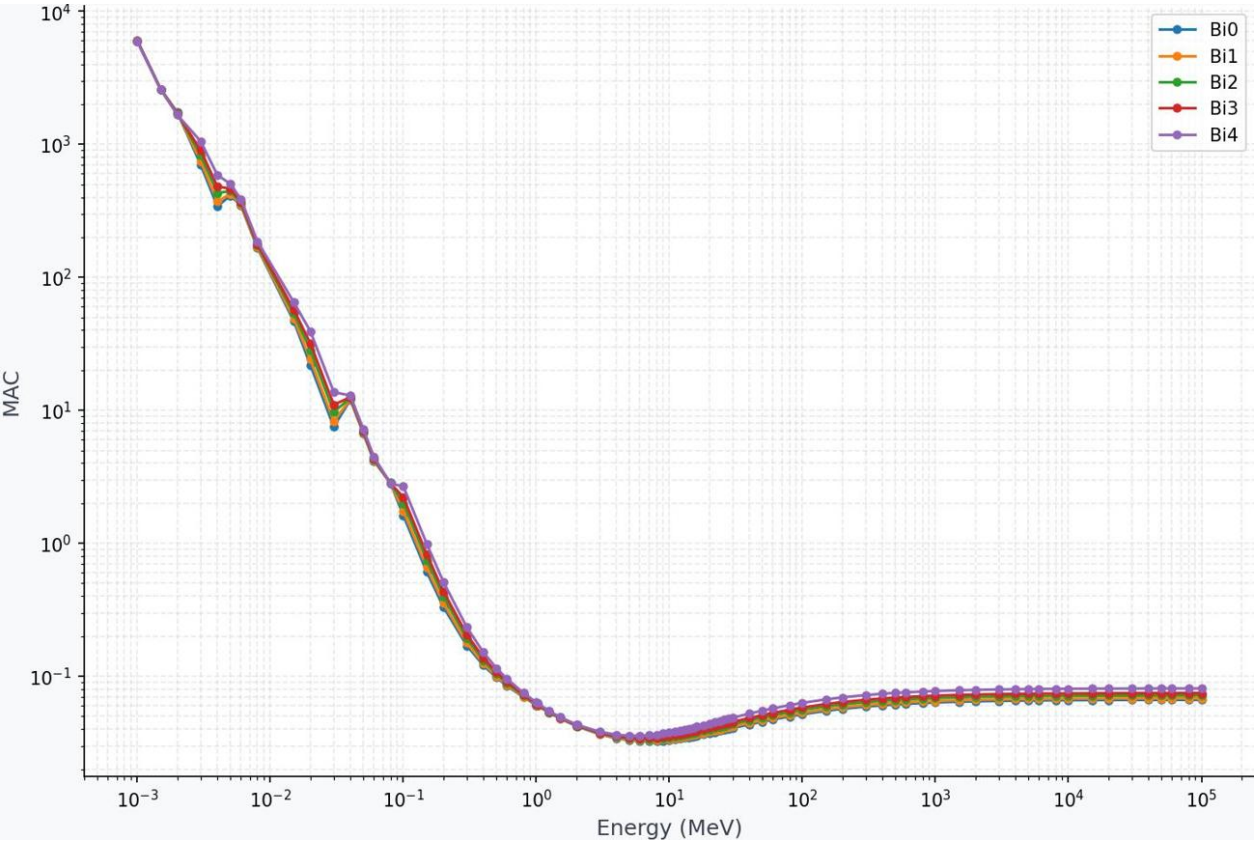


Figure 2. The Mass Attenuation Coefficient of (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass composition

Figure 2 shows the change of the Mass Attenuation Coefficient (MAC) of the glass system of (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) depending on the photon energy. In all glass compositions, it is observed that MAC values are quite high at low photon energies and decrease significantly as energy increases. This behavior can be explained by the fact that the photoelectric absorption mechanism, which is dominant at low energies, loses its effect as photon energy increases. In particular, in the low-energy region, a general upward trend in MAC values is observed with increasing Bi_2O_3 content. The main reason for this is that Bi has a high atomic number and its contribution to the photoelectric interaction is higher compared to other components.

In the medium energy region, MAC values continue to decrease and reach a minimum level around a few MeV. In this energy range, the effect of Compton scattering becomes prominent, while the MAC differences between the compositions decrease significantly. However, since the chemical composition and electron density of the samples change with the increase of the Bi_2O_3 contribution, there are limited differences in the MAC values. In the high-energy region, there is a renewed increase in MAC values. This increase can be associated with the clarification of the contribution of the mechanism of pair formation at high energies.

The results in the high energy region show that MAC values generally increase as the Bi_2O_3 ratio increases. The highest MAC values were obtained in the Bi4 sample containing 10% Bi_2O_3, and the lowest values were obtained in the Bi0 sample containing no Bi_2O_3. This trend should be evaluated together with the increase in the density values given in the table: the density increases from 4.409 g/cm3 to 5.350 g/cm3, while the contribution of Bi_2O_3 also increases. However, since MAC is not a parameter directly related to density, the observed increase cannot

be explained by density alone; The addition of Bi_2O_3 is also important because it alters the glass's elemental composition, effective atomic number, and photon interaction probabilities. As a result, it can be said that the decoction of Bi_2O_3 increases the photon absorption capacity per mass, especially in the high energy region, and the Bi4 sample exhibits the highest MAC performance among the studied compositions.

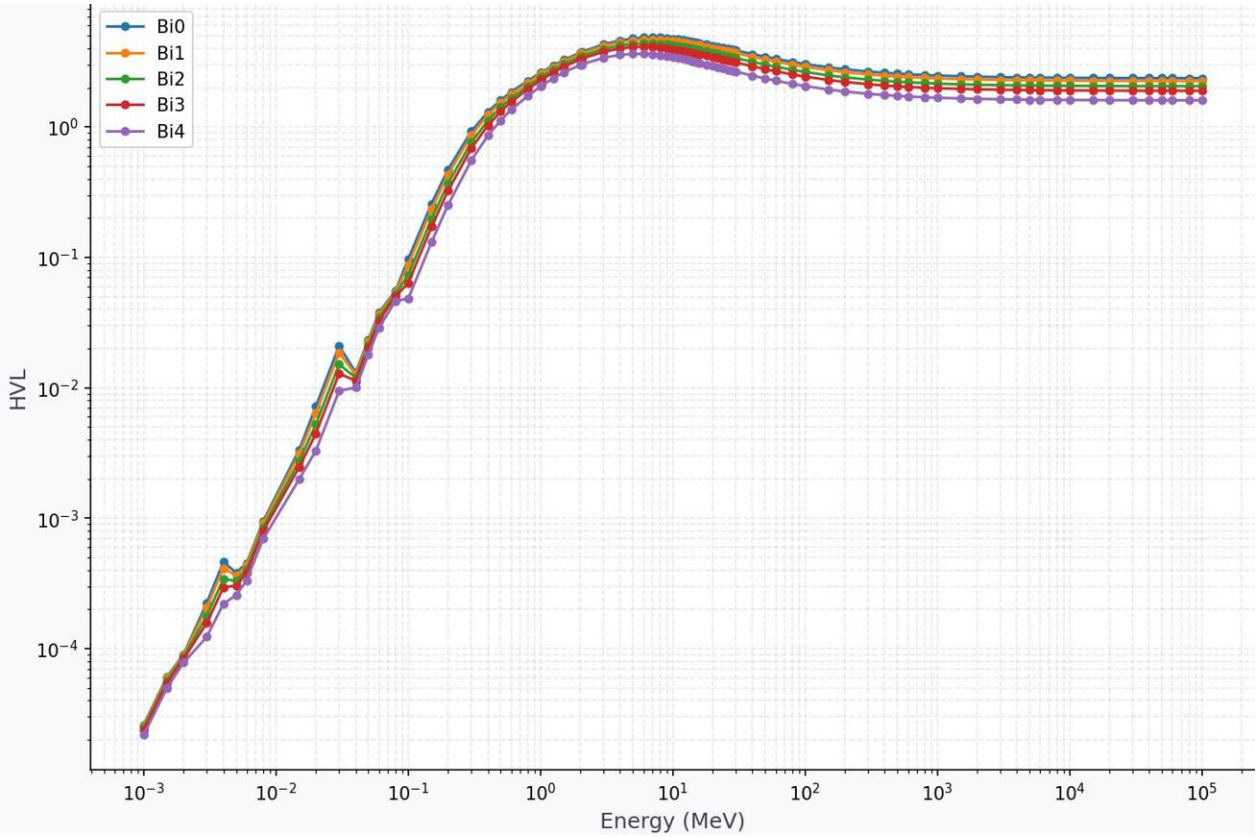


Figure 3. Half Value Layer of $45B_2O_3$-$30TeO_2$−$15BaO$–$10WO_3$–xBi_2O_3 (x = 0, 1, 3, 5 and 10 mol%) glass composition

When the Half Value Layer (HVL) graph in the presented Figure 3 is examined together, it is clearly seen that increasing the amount of Bi_2O_3 from 0 mol% (Bi0) to 10 mol% (Bi4) in the (45-x) B_2O_3-$30TeO_2$-$15BaO$-$10WO_3$-xBi_2O_3 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) glass system increases the density of glasses from 4.409 g/cm^3 to 5.350 g/cm^3. This density increase is due to the reduction of the proportion of B_2O_3, a light element in the molecular structure (between 45 mol% to 35 mol%), and the inclusion of the component bismuth (Bi_2O_3), which has a fairly high atomic number and density, instead. According to the graphical data, the increasing Bi_2O_3 contribution and the corresponding increasing density caused the Half-Value Thickness (HVL) values in the energy range under study to decrease. A lower HVL value indicates a direct increase in the radiation shielding (attenuation) performance of the material, as it means that the thickness of the material required to reduce the radiation intensity by half is reduced. As a result, the Bi4 composition with the highest Bi_2O_3 content and density in the series (10 mol% Bi_2O_3) offers the best shielding effectiveness by exhibiting the lowest HVL curve against radiation.

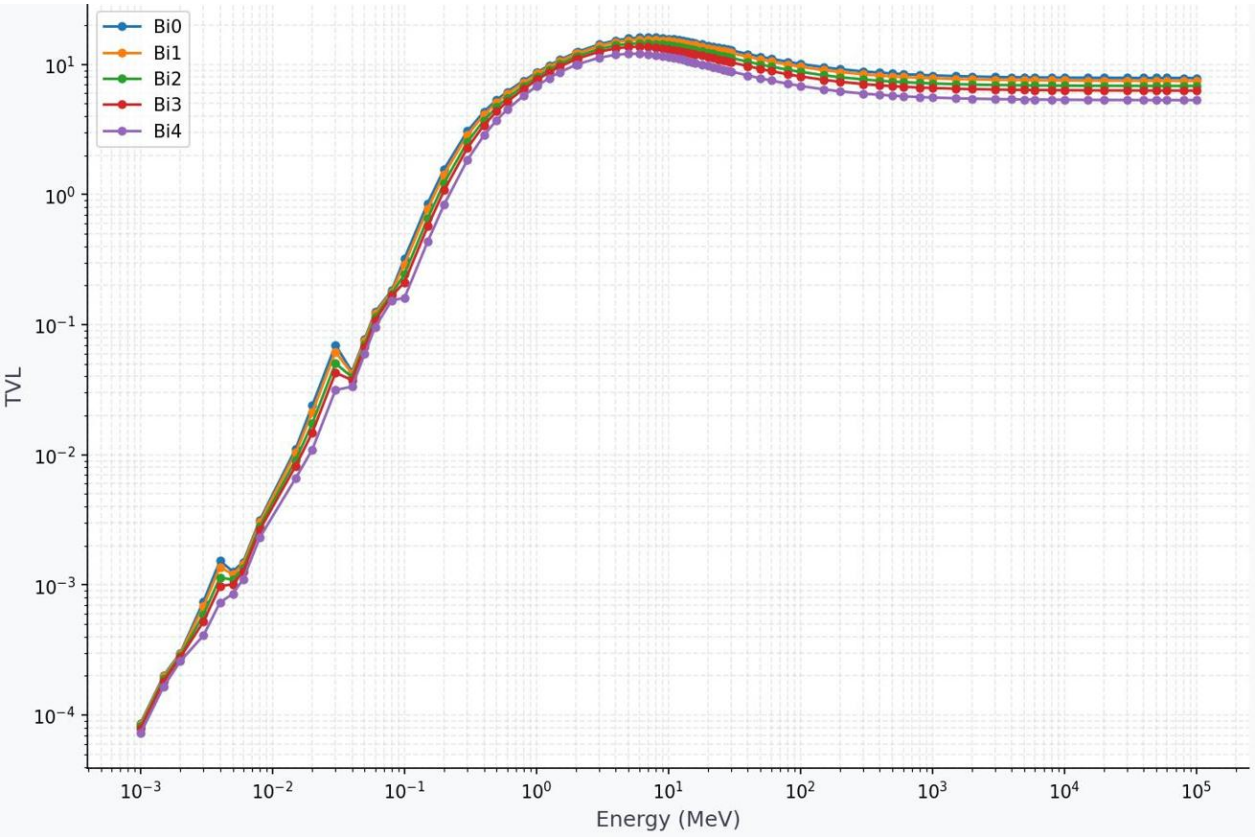


Figure 4. Tenth Value Layer of $45B_2O_3$-$30TeO_2$–$15BaO$–$10WO_3$–xBi_2O_3 (x = 0, 1, 3, 5 and 10 mol%) glass composition

When the Tenth Value Layer (TVL) graph in Figure 4 and the composition table given earlier are evaluated together, the effect of the heavy metal oxide ratio added to the glass system on the shielding parameters is clearly seen. It is seen in the table that by increasing the amount of Bi_2O_3 from 0 mol% (Bi0) to 10 mol% (Bi4), the density of glass increases from 4.409 g/cm3 to 5.350 g/cm3, while the ratio of B_2O_3, which is a light element, is reduced. This situation directly strengthens the radiation attenuation mechanisms by increasing the total effective atomic number and density of the structure. When the TVL curves in the graph are examined, it is observed that the Tenth Value Layers decrease in the entire photon energy studied due to the increasing concentration of Bi_2O_3. Since TVL refers to the material thickness required to reduce radiation intensity to 1/10, lower TVL values indicate a superior shielding effectiveness. As a result, the Bi4 composition (10 mol% bi_2o_3), which has the highest bismuth contribution and density in the series, stands out as an example of glass with the highest radiation attenuation performance, giving the lowest TVL curve.

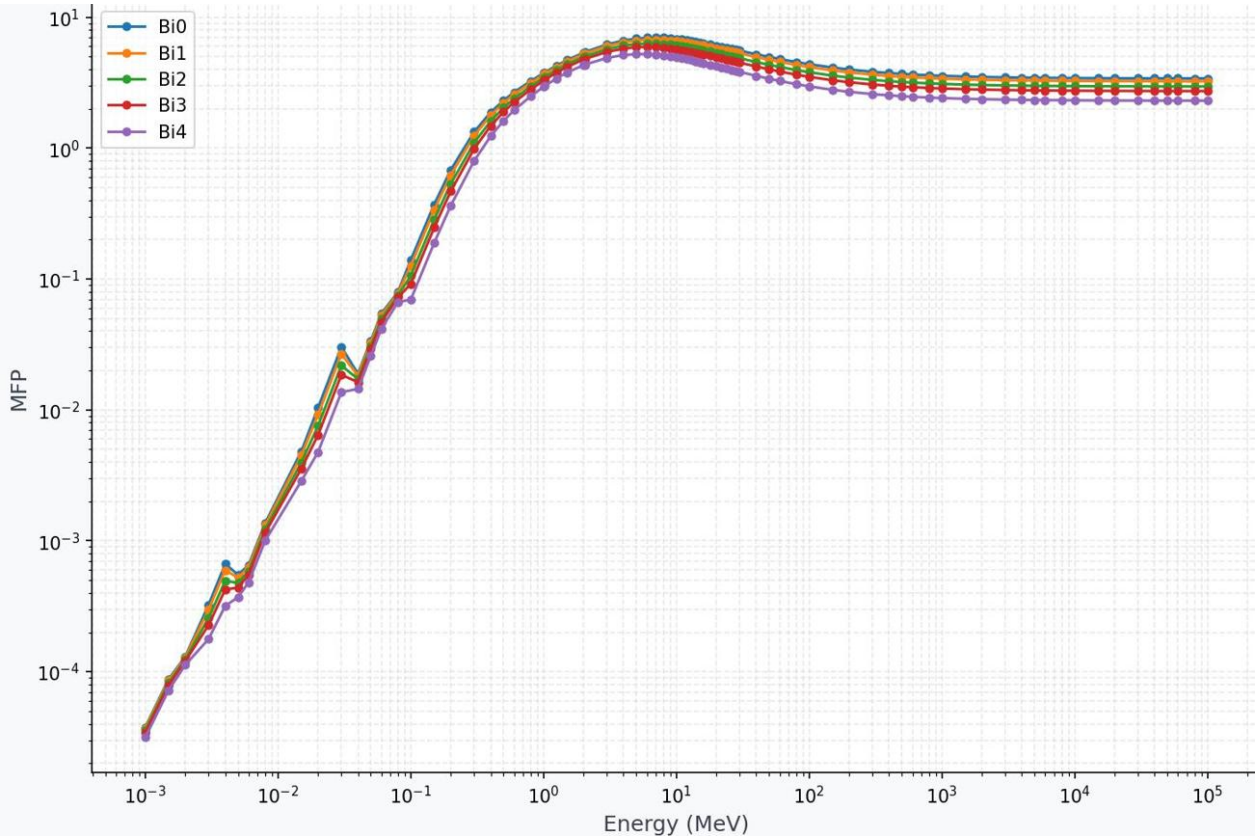


Figure 5. Mean Free Path of $45B_2O_3$-$30TeO_2$−15BaO–$10WO_3$–xBi_2O_3 (x = 0, 1, 3, 5 and 10 mol%) glass composition

When the Mean Free Path (MFP) graph presented in Figure 5 and the related composition table are examined together, it is seen that increasing the amount of Bi_2O_3 from 0 mol% (Bi0) to 10 mol% (Bi4) in the $45B_2O_3$-$30TeO_2$−15BaO–$10WO_3$–xBi_2O_3 (x = 0, 1, 3, 5 and 10 mol%) cam glass system increases the density of glasses from 4.409 g/cm3 to 5.350 g/cm3. This density increase was realized by replacing the light borate (B_2O_3) matrix with a bismuth oxide component with a high atomic number (Z=83) and a high mass. Increasing mass density and electron density significantly increase the probability of photons entering the medium interacting with the atomic structure.

As can be clearly seen from the graph, MFP values systematically decrease with increasing Bi_2O_3 concentration in the wide photon energy. Since MFP represents the average distance traveled by a photon between two consecutive interactions, lower MFP values indicate shorter interaction distance and therefore higher ability of the material to decelerate radiation. As a result, the Bi4 sample containing 10 mol% BI_2O_3 exhibits the lowest MFP curve, proving to be the most effective component of the glass series in terms of gamma/X-ray shielding performance.

4. Conclusion

In this study, gamma radiation shielding parameters of (45-x) B_2O_3-$30TeO_2$-15BaO-$10WO_3$-xBi_2O_3 glass compositions were theoretically calculated in the energy of 1 keV to 100 GeV using AARNFM-Shield platform. It has been observed that the density of glass increases from 4,409 g/cm^3 to 5,350 g/cm^3 by adding Bi_2O_3 with a

high atomic number and density instead of the light element B_2O_3 in the structure, and accordingly the Linear Attenuation Coefficient (LAC) and Mass Attenuation Coefficient (MAC) values are positively affected. In addition, it has been shown that the parameters of Half-Value Layer (HVL), Tenth Value Layer (TVL) and Mean Free Path (MFP) decrease with increasing Bi_2O_3 contribution; in particular, the Bi4 sample composition containing 10% Bi_2O_3 exhibits the highest radiation shielding performance, giving the lowest HVL, TVL and MFP values. All the theoretical findings obtained prove that this developed heavy metal oxide glass system can be effectively used as an armoring material in radiative environments in the fields of medicine and industry.

REFERENCES

Acikgoz, A., Kavun, Y., Fidan, M., & Yorulmaz, N. (2026). Nd_2O_3 Tailored B_2O_3–TeO_2–Al_2O_3–Na_2O Glasses: Correlating Composition with Structural, Optical, Elastic, and Gamma Shielding Behaviors. *Journal of Alloys and Compounds*, 187113. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2026.187113

Alalawi, A. (2020). Experimental and Monte Carlo investigations on the optical properties and nuclear shielding capability of Bi2O3–Na2O-B2O3–Cu2O glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, *548*, 120321. https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2020.120321

Alver, Ü., Duran, S. U., Demirköz, M. B., Muçogllava, B., Aslan, M., Çava, K., Özkalaycı, F., & Dindar, O. (2023). Ulexite/HDPE-Bi2O3/HDPE layered composites for neutron and gamma radiation shielding. *Applied Radiation and Isotopes*, *200*, 110940. https://doi.org/10.1016/J.APRADISO.2023.110940

Clark, D. E., & Zoitos, B. K. (1992). *Corrosion of Glass, Ceramics, and Ceramic Superconductors: Principles, Testing, Characterization, and Applications*. Noyes.

He, F., Wang, J., & Deng, D. (2011). Effect of Bi2O3 on structure and wetting studies of Bi2O3-ZnO-B2O3 glasses. *Journal of Alloys and Compounds*. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2011.03.087

Jindal, A., Kumar, A., Sayyed, M. I., & Kashmir, I. (2026). *AARNFM-Shield: A Comprehensive Software Platform for Radiation Shielding Calculations and Material Characterization*. *3*, 354–369. https://doi.org/10.70128/739819

Kavun, Y. (2019). Pb(NO3)2 Katkılı Duvar Kâğıtlarının Radyasyon Soğurma Özelliklerinin İncelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *8*, 1–6. https://doi.org/10.17798/bitlisfen.630618

Kavun, Y. (2026). Effect of NiO Addition on Structural, Mechanical, and Gamma Radiation Shielding Behavior of Boron-Telluride Bioactive Glasses. *Journal of Electronic Materials 2026*, 1–21. https://doi.org/10.1007/s11664-026-12724-1

Kavun, Y., Çelikçi, N., & Kerli, S. (2026). Radiation shielding, mechanical and structural properties of TiO2-Doped photopolymer composites fabricated via DLP 3D printing. *Applied Radiation and Isotopes*, *229*, 112368. https://doi.org/10.1016/J.APRADISO.2025.112368

Kirdsiri, K., Kaewkhao, J., Chanthima, N., & Limsuwan, P. (2011). Comparative study of silicate glasses containing Bi2O3, PbO and BaO: Radiation shielding and optical properties. *Annals of Nuclear Energy*, *38*(6), 1438–1441. https://doi.org/10.1016/j.anucene.2011.01.031

Knoll, G. F. (2010). Radiation Detection and Measurement (4th Edition). *John Wiley & Sons, Inc.* https://www.wiley.com/en-us/Radiation+Detection+and+Measurement%2C+4th+Edition-p-9780470131480

Krane, K. S. (1991). *Introductory nuclear physics*. John Wiley & Sons.

Naseer, K. A. (2025). Bismuth-doped glasses: a novel approach to efficient radiation attenuation. *Nexus of Future Materials*, *2*. https://doi.org/10.70128/593188

Rammah, Y. S. (2019). Evaluation of radiation shielding ability of boro-tellurite glasses: TeO2–B2O3–SrCl2–LiF–Bi2O3. *Applied Physics A*, *125*(12), 857. https://doi.org/10.1007/s00339-019-3154-z

Rammah, Y. S., Mahmoud, K. A., Sayyed, M. I., El-Agawany, F. I., & El-Mallawany, R. (2020). Novel vanadyl lead-phosphate glasses: P2O5–PbO–ZnONa2O–V2O5: Synthesis, optical, physical and gamma photon attenuation properties. *Journal of Non-Crystalline Solids*, *534*, 119944. https://doi.org/10.1016/J.JNONCRYSOL.2020.119944

Rüzgaroğlu, C. M., Kerlİ, S., Soğuksu, A. K., Balkan, M. E., & Kavun, Y. (2026). Influence of Ba Doping on the Structural, Morphological, and Radiation Shielding Performance of ZnO Thin Films. *JOM 2026*, 1–12. https://doi.org/10.1007/S11837-026-08781-W

Sallam, O. I., Madbouly, A. M., Moussa, N. L., & Abdel-Galil, A. (2022). Impact of radiation on CoO-doped borate glass: lead-free radiation shielding. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, *128*(1), 1–16. https://doi.org/10.1007/S00339-021-05190-5/FIGURES/16

Sayyed, M. I., Hamad, M. K., & Mhareb, M. H. A. (2025). Radiation shielding properties for a borosilicate glass: Role of varying PbO. *Optical Materials*, *159*, 116602. https://doi.org/10.1016/J.OPTMAT.2024.116602

Shaaban, K. S., Alotaibi, B. M., & Yousef, E. S. (2023). Effect of La2O3 Concentration on the Structural, Optical and Radiation-Shielding Behaviors of Titanate Borosilicate Glasses. *Journal of Electronic Materials*, *52*(6), 3591–3603. https://doi.org/10.1007/S11664-023-10347-4/FIGURES/17

HfO_2 KATKILI TELLÜRİT-BORAT CAMLARININ RADYASYON ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

Prof. Dr. Yusuf KAVUN

[1]Kahramanmaras Sütçü Imam University, Vocational School of Onikişubat, Dept. of Medical Imaging Techniques, Kahramanmaras,Türkiye,

yusufkavun@gmail.com, 0000-0001-9635-4388

Özet

Bu çalışmada, (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xHfO_2 (x=0,1,3,5 ve 10 mol%) cam kompozisyonu 1 keV ile 100 GeV foton enerji aralığındaki zırhlama parametreleri AARNFM-Shield hesaplama platformu aracılığıyla incelenmiştir. Cam kompozisyonunda yer alan B_2O_3 yerine yüksek atom numarasına (Z=72) ve kütle yoğunluğuna sahip HfO_2 eklenmesiyle, cam numunelerinin kütle yoğunluğu 4,409 g/cm³ değerinden 5,020 g/cm³ seviyesine yükselmiştir. Bu hesaplamalardan elde edilen sonuçlara göre, düşük enerjilerde fotoelektrik etki ve K-kabuğu emilim rezonanslarının, orta enerjilerde Compton saçılmasının, yüksek enerjilerde ise parçacık çifti oluşumu mekanizmasının baskın olduğunu göstermiştir. Çünkü, cam yapısındaki HfO2 oranının artması Lineer Zayıflatma Katsayısı (LAC) ve Kütle Zayıflatma Katsayısı (MAC) değerlerinde belirgin bir artış sağlarken, Yarı Değer Katmanı (HVL), Onda Bir Değer Katmanı (TVL) ve Ortalama Serbest Yol (MFP) parametrelerinde azalma ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak, geliştirilen HfO_2 katkılı tellürit-borat cam matrisinin, tıp ve endüstrideki gama ve X-ışını zırhlama uygulamalarında geleneksel koruyuculara kıyasla daha ince, ergonomik ve etkili bir alternatif sunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tellürit-Borat Camları, Hafniyum Oksit ($Hf O_2$), Radyasyon Zırhlama, Zayıflatma Katsayısı, AARNFM-Shield.

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE RADIATION SHIELDING PROPERTIES OF HfO_2-DOPED TELLURİTE-BORATE GLASSES

Prof. Dr. Yusuf KAVUN

[1]Kahramanmaras Sütçü Imam University, Vocational School of Onikişubat, Dept. of Medical Imaging Techniques, Kahramanmaras,Türkiye, yusufkavun@gmail.com, 0000-0001-9635-4388

Abstract

In this study, the glass composition of (45-x) B_2O_3-30TeO_2-15BaO-10WO_3-xHfO_2 (x=0,1,3,5 and 10 mol%) armor parameters in the photon energy range from 1 keV to 100 GeV were studied using the AARNFM-Shield calculation platform. With the addition of HfO2 with a high atomic number (Z=72) and mass density instead of B2O3 in the glass composition, the mass density of glass samples increased from 4,409 g/cm3 to 5,020 g/cm3. According to the results obtained from these calculations, it has been shown that photoelectric effect and K-shell absorption resonances are dominant at low energies, Compton scattering at medium energies, and the mechanism of particle pair formation at high energies. Because, an increase in the HfO_2 ratio in the glass structure resulted in a significant increase in the Linear Attenuation Coefficient (LAC) and Mass Attenuation Coefficient (MAC) values, while a decrease in the parameters of the Half-Value Layer (HVL), One-Tenth Value Layer (TVL) and Mean Free Path (MFP). As a result, it has been determined that the HfO2-doped tellurite-borate glass matrix developed offers a thinner, ergonomic and effective alternative compared to traditional protectors in gamma and X-ray shielding applications in medicine and industry.

Key Words: Tellurite-Borate Glasses, Hafnium Oxide (HfO_2), Radiation Shielding, Attenuation Coefficient, AARNFM-Shield.

1. INTRODUCTION

Technological advancements are driving innovation across numerous fields (Knoll and Kraner, 1981). In medicine, developments in diagnostic and treatment centers—facilitated by the close monitoring of controlled technological integration—are making medical diagnosis and detection increasingly easier (Knoll and Kraner, 1981). Radiation-based applications are at the forefront of these practices, with ionizing radiation now widely used for medical diagnosis and treatment(McCarthy, 1970).

However, while the use of ionizing radiation offers significant advantages in healthcare, it also poses a serious potential risk to human health and the environment due to the cellular damage and genetic mutations it can induce in living tissues (Krane and Lynch, 1989).

As a result, the development of effective, durable and high-performance shielding materials to protect personnel, patients and electronic systems working with radiation sources has become a basic goal in nuclear physics and materials science research (Murray, 2000). Although high-density concrete and lead have traditionally been the standard materials for radiation shielding, efforts to develop more ergonomic and cost-effective alternatives are ongoing (Gan, 1997).

In recent years, glass systems have emerged as a solution for radiation shielding, with their compositions adapted to specific environments and radiation energy levels (Varshneya and Mauro, 2019) (Hlavae, 1983).

While boron oxide (B_2O_3) is an excellent glass network former, its low density means that, on its own, it lacks sufficient shielding capabilities against gamma and X-rays (Rammah et al., 2021). To enhance the effectiveness of glass systems for radiation shielding, heavy metal oxides are incorporated into the borate glass matrix; this significantly increases the material's mass density and average effective atomic number (Z_{eff}), thereby raising the probability of photon interaction (Acikgoz et al., 2026) (Nandi et al., 2022) (Krane, 1991). Heavy metal oxide components such as TeO_2, BaO, and WO_3—which can be incorporated into the glass structure—contribute to enhancing the flexibility of the glass network, the refractive index, and the radiation-shielding capacity (Alonizan et al., 2023).

In this study, the radiation-shielding performance of the glass series (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) was investigated in detail over a wide photon energy range using the AARNFM-Shield Computational Platform (Jindal et al., 2026). Hafnium oxide (HfO2), when added to the glass, has the potential to significantly boost the radiation protection capability of the borate matrix due to its high atomic number (Z = 72) and high mass density (Knoll, 2010). As part of the study, the basic radiation interaction parameters such as the Linear Attenuation Coefficient (LAC), Mass Attenuation Coefficient (MAC), Half-Value Layer (HVL), One-Tenth Value Layer (TVL) and Mean Free Path (MFP) of the cam system were evaluated as a function of energy (Kavun et al., 2026).

2. MATERIAL and METHOD

AARNFM-Shield (https://aarnfm-shield.com /) (Jindal et al., 2026) the platform was developed in order to evaluate the physical, mechanical and optical properties of samples as well as their comprehensive radiation shielding performance. The platform is an open-access system that incorporates a Python-based engine for data visualization optimized for high-speed mathematical operations with a C++ REST API-based backend. In the system, radiation shielding properties can be analyzed for photons in the energy range from 1 keV to 100 GeV; in addition, the platform works by using an accelerated elemental database covering 65 different radioisotope energy lines.

Calculated data derived from inputs such as dynamically processed chemical stoichiometry, material density, sample thickness, and optical bandgap energy have been validated against the reliability of computational models, literature data, and Monte Carlo simulations.

The glass composition analyzed here is presented in Table 1.

Table 1. The glass compositions

Glass Code	B_2O_3 (mol%)	TeO_2 (mol%)	BaO (mol%)	WO_3 (mol%)	HfO_2 (mol%)	ρ (g/cm³)
Hf0	45	30	15	10	0	4.409
Hf1	44	30	15	10	1	4.469
Hf3	42	30	15	10	3	4.590
Hf5	40	30	15	10	5	4.711
Hf10	35	30	15	10	10	5.020

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series under investigation, the changes in the linear attenuation coefficient (LAC) resulting from increasing photon energy can be explained by distinct interaction mechanisms across the three main energy regions relevant to gamma rays. As HfO_2—a heavy metal oxide—is introduced to replace B_2O_3 (a light network former) in the borate matrix, LAC values increase across all energy levels due to hafnium's high atomic number and the resulting increase in mass density. At low gamma-ray energies, the LAC values exhibit a very steep decline as energy increases, driven by the dominance of the photoelectric effect. In this regime, characteristic absorption edges appear at energy levels corresponding to the electron binding energies of the heavy elements within the glass, as the cross-section is inversely proportional to the cube of the energy and directly proportional to the fourth or fifth power of the atomic number (Knoll and Kraner, 1981). Analysis of the spectra reveals significant jumps caused by the K-shell resonances of Tellurium, Barium, Hafnium and Tungsten (Knoll and Kraner, 1981).

In the middle energy region, the dominant photon-matter interaction mechanism turns into Compton scattering. Since the cross-section of the effect in this December depends primarily on the electron density in the unit volume rather than the atomic number, the decrease in LAC values occurs with a lighter Declivity, and the value differences between various glass samples decrease. Finally, when the photon energy exceeds the threshold of 1,022 MeV, the mechanism of pair formation in the high energy region becomes dominant. Since the probability of pair formation at this energy increases in direct proportion to the energy, the decrease in the LAC value stops at a minimum point around the 1.5–2.0 MeV level and a slight upward trend towards higher energies occurs.

Consequently, as shown in Figure 1, the x=0.10 glass—which has the highest HfO_2 content in the series—exhibits the superior performance in terms of radiation shielding by yielding the highest LAC values across the entire spectrum.

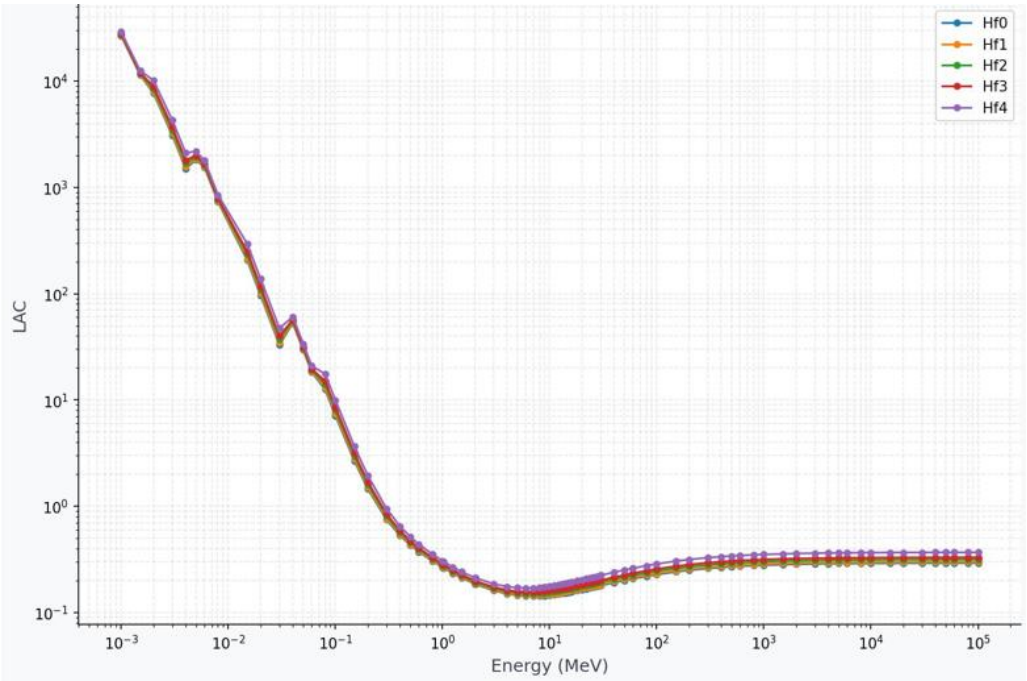


Figure 1. The Linear Attenuation Coefficient (LAC) of (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series

The Mass Attenuation Coefficient (MAC)—a parameter determining the amount of radiation absorbed per unit surface mass of a material—is independent of the material's density; in the glass system under study, the variation of MAC values with energy depends directly on the medium's chemical composition and photon-matter interaction processes. MAC values are high in low-energy regions due to the dominance of the photoelectric effect but decrease progressively as energy increases. In these low-energy regions, sharp jumps are observed in the MAC plot at energies corresponding to the K-shell absorption edges of tellurium, barium, hafnium, and tungsten. This phenomenon occurs because the probability of photoelectric interaction spikes abruptly the moment the photon energy exceeds the binding energy of the relevant inner-shell electron. Moving beyond this region into the medium- and high-gamma energy ranges, MAC values become dominated by Compton scattering and, subsequently, pair production mechanisms. The values obtained from these effects are presented in Figure 2.

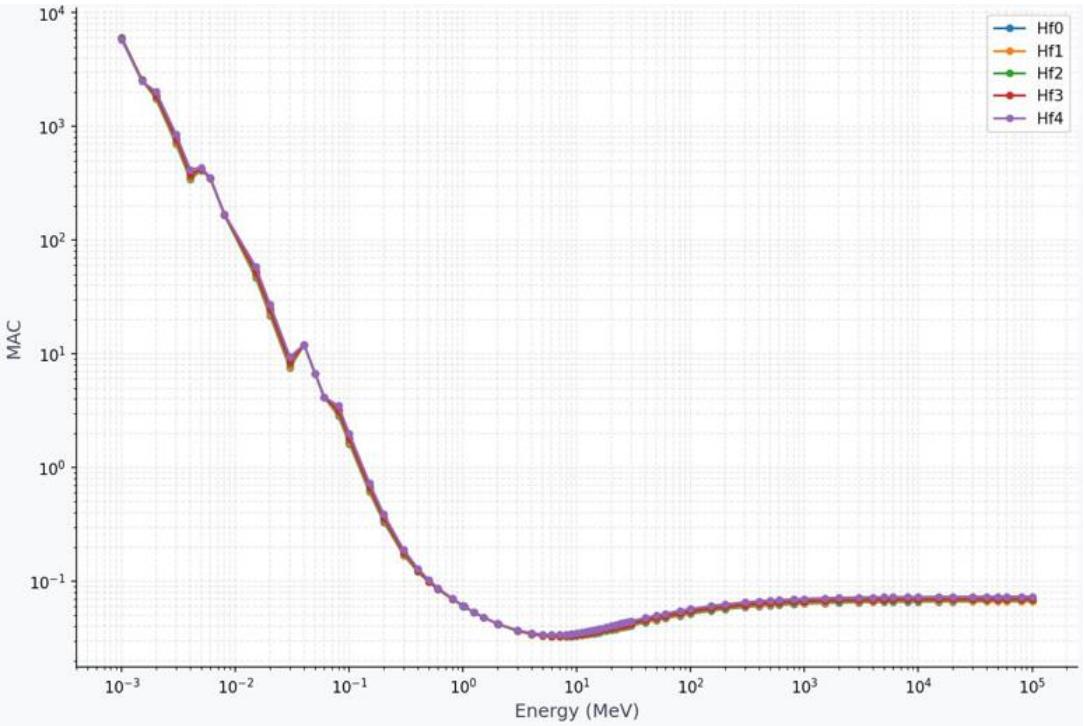


Figure 2. The Mass Attenuation Coefficient (MAC) of (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series

The material thickness required to attenuate half of the incident radiation is expressed as the Half-Value Layer (HVL); Figure 3 presents data for the glass composition examined here. Calculations based on the Linear Attenuation Coefficient (LAC) show that the HVL reaches its maximum value where the LAC is low. Conversely, where the LAC is high, the HVL is measured in the range of millimeters. As gamma energy exceeds the photoelectric effect threshold, gamma-ray penetration increases, leading to a rise in the HVL. HVL values decrease as the HfO2 content in the glass increases; this is because a higher dopant concentration results in greater absorption within the glass, thereby reducing the HVL.

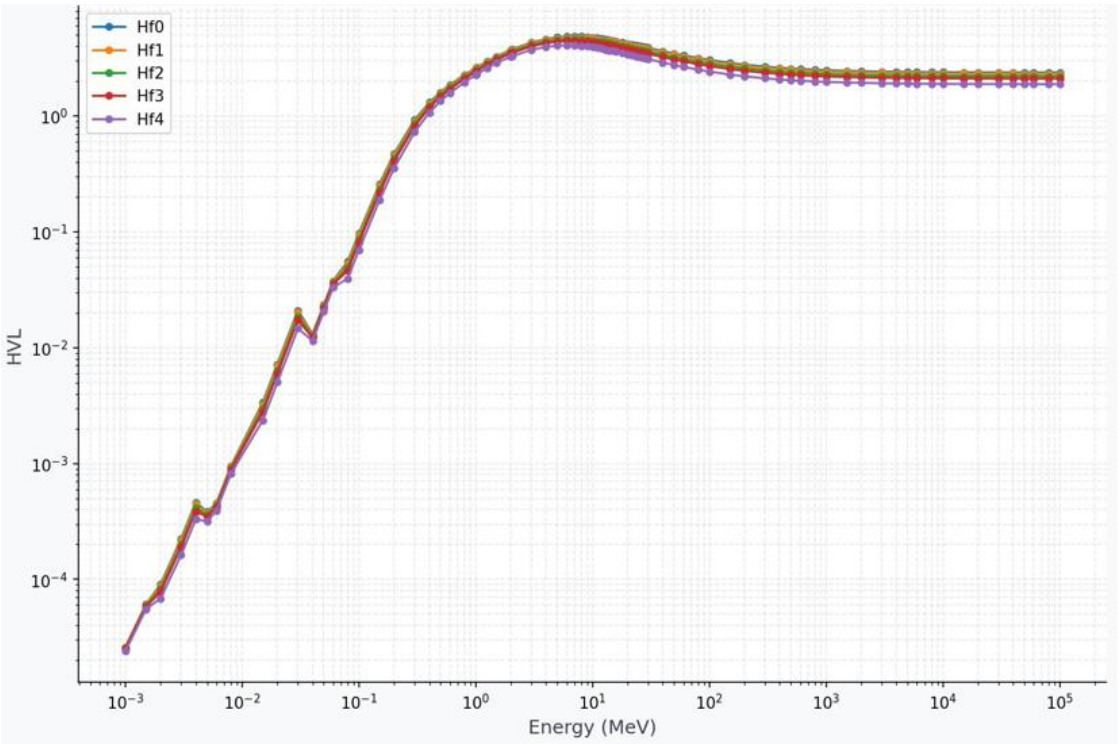


Figure 3. Half Value Layer (HVL) of (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series

The Tenth Value Layer (TVL) is the thickness of material required to reduce the amount of radiation interacting with the material by a factor of 10. Figure 4 displays the TVL values for HfO_2-doped glasses; very low TVL values are obtained at low energies, where the photoelectric effect dominates. However, as the energy level rises into the Compton scattering region, the TVL value increases. This is due to the increased penetrating power associated with higher photon energies. In the pair production region, the TVL value reaches a maximum.

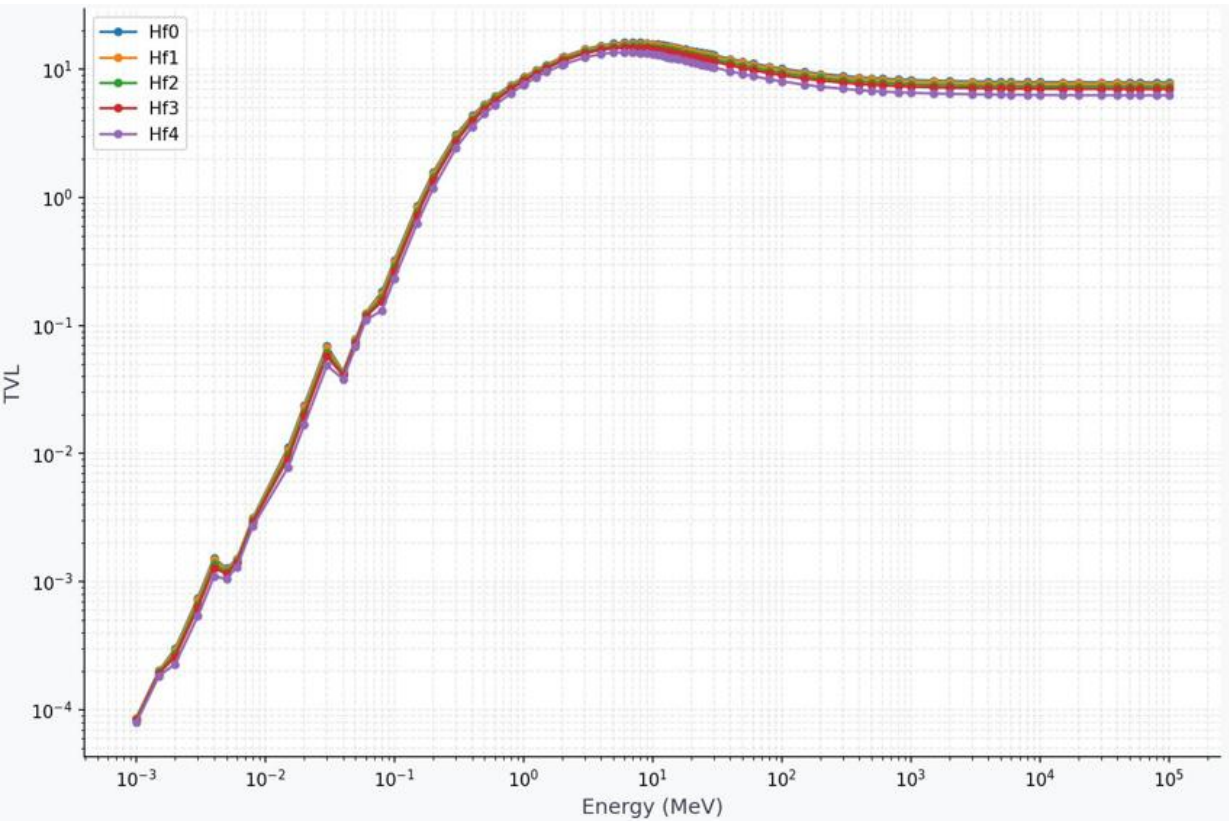


Figure 4. Tenth Value Layer (TVL) of (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series

The parameter representing the path a photon can travel within the fabricated glass system is the Mean Free Path (MFP). The MFP value is calculated as the reciprocal of the linear attenuation coefficient; an examination of the MFP values shown in Figure 5 reveals that a low MFP value indicates the photon will travel only a very short distance upon entering the material before undergoing an interaction and losing its energy. Initially, in low-energy regions, MFP values are found to be at the micro-level—near zero—due to the very high cross-section of the photoelectric interaction. Sudden drops and dips are observed in the MFP graph at the K-absorption edge energies of the tellurium, barium, hafnium, and tungsten elements present in the glass; this indicates that photons at these energies are absorbed within the material without traveling any significant distance. In the region of Compton scattering, the constantly increasing Mean Free Path (MFP) value reaches a maximum at the beginning of the double formation process.

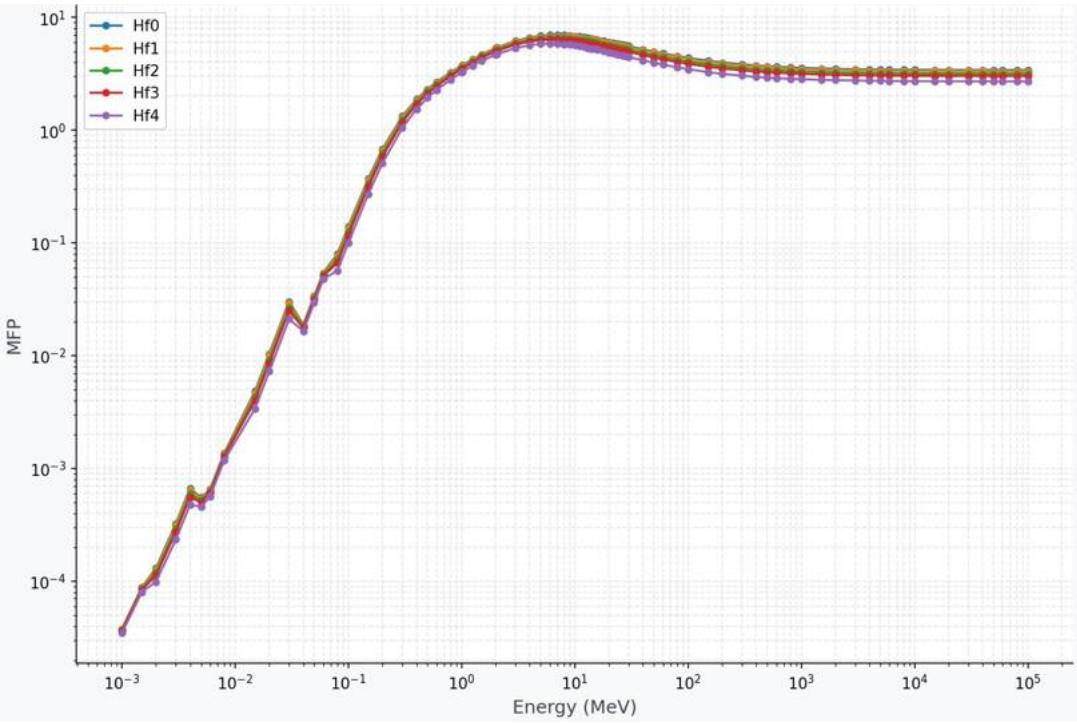


Figure 5. Mean Free Path values of (45-x) B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (where x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass series

4. CONCLUSION

In this study, the radiation shielding parameters of the (45-x)B_2O_3 - 30TeO_2 - 15BaO - 10WO_3 - xHfO_2 (x = 0, 1, 3, 5, and 10 mol%) glass composition were calculated using the AARNFM-shield code. The analysis of the radiation armoring parameters obtained reveals that photoelectric absorption and K-shell resonances predominate at low energies, while Compton scattering and pair formation processes come to the fore as the energy increases. From the point of view of glass composition, it has been found that the addition of glass with HfO_2 instead of B_2O_3 increases the glass density; this increase leads to higher LAC and MFP values, resulting in a decrease in HVL, TVL and MFP parameters.

REFERENCES

Acikgoz, A., Kavun, Y., Fidan, M., Yorulmaz, N., 2026. Nd_2O_3 tailored B_2O_3–TeO_2–Al_2O_3–Na_2O glasses: Correlating composition with structural, optical, elastic, and gamma shielding behaviors. J. Alloys Compd. 1059, 187113. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2026.187113

Alonizan, N., Hamad, M.K., Alwabsi, A., Dwaikat, N., Mhareb, M.H.A., Sayyed, M.I., Thabit, H.A., Alajerami, Y.S., Makhadmeh, G.N., 2023. Physical, optical, and ionizing radiation shielding properties for barium–tellurite glass with different oxides: An experimental study. Opt. Mater. (Amst). 143, 114177. https://doi.org/10.1016/J.OPTMAT.2023.114177

Gan, M.S.., 1997. Cement and Concrete. Cem. Concr. https://doi.org/10.1201/9781482289053

Hlavae, J., 1983. Technology of glass and ceramics. Elsevier Science Pub.,New York, NY, Golden, CO. https://doi.org/10.2172/850486

Jindal, A., Kumar, A., Sayyed, M.I., Kashmir, I., 2026. AARNFM-Shield: A Comprehensive Software Platform for Radiation Shielding Calculations and Material Characterization 3, 354–369. https://doi.org/10.70128/739819

Kavun, Y., Çelikçi, N., Kerli, S., 2026. Radiation shielding, mechanical and structural properties of TiO2-Doped photopolymer composites fabricated via DLP 3D printing. Appl. Radiat. Isot. 229, 112368. https://doi.org/10.1016/J.APRADISO.2025.112368

Knoll, G.F., 2010. Radiation Detection and Measurement (4th Edition). John Wiley Sons, Inc.

Knoll, G.F., Kraner, H.W., 1981. Radiation Detection and Measurement. Proc. IEEE. https://doi.org/10.1109/PROC.1981.12016

Krane, K.S., 1991. Introductory nuclear physics. John Wiley & Sons.

Krane, K.S., Lynch, W.G., 1989. Introductory Nuclear Physics . Phys. Today. https://doi.org/10.1063/1.2810884

McCarthy, I.E., 1970. Nuclear reactions. Pergamon Press.

Murray, R.L., 2000. Nuclear Energy: An Introduction to the Concepts, Systems, and Applications of Nuclear Processes, Butterworth Heinemann.

Nandi, P., Dutta, D., Sanyal, B., Mishra, R., Goswami, M., Arya, A.K., 2022. Structure-property correlation study of gamma irradiated BaO-PbO-K2O-B2O3-SiO2 glasses. J. Non. Cryst. Solids 595, 121833. https://doi.org/10.1016/J.JNONCRYSOL.2022.121833

Rammah, Y.S., Tekin, H.O., Issa, S.A.M., El-Agawany, F.I., Mahmoud, K.A., Abdel-Hafez, S.H., Abouhaswa, A.S., 2021. On B2O3/Bi2O3/Na2O/Gd2O3 glasses: synthesis, structure, physical characteristics, and gamma-ray attenuation competence. Appl. Phys. A 2021 12711 127, 851-. https://doi.org/10.1007/s00339-021-04995-8

Varshneya, A.K., Mauro, J.C., 2019. Fundamentals of inorganic glasses. Fundam. Inorg. Glas. 1–735. https://doi.org/10.1016/C2017-0-04281-7

OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU TEKLI VORTEKS TÜPÜNÜN EKSERJI GÖSTERGELERINDE MAKINE ÖĞRENMESI BAŞARISININ TEST VE ÇAPRAZ DOĞRULAMA ILE KARŞILAŞTIRILMASI

Prof. Dr., Volkan KIRMACI[1]/Doç. Dr., Murat KORKMAZ[2]

[1]Bartın Üniversitesi, Makine Mühendisliği, volkankirmaci@bartin.edu.tr, 0000-0001-7076-19112

[2]Hacettepe Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr, 0000-0002-3721-2854

Özet

Bu çalışmada, oksijen ile çalışan polyamid nozullu tekli Ranque–Hilsch vorteks tüpünün ekserji verimi, ekserji çıkışı ve ekserji kaybı için beş regresyon yönteminin tahmin başarısı karşılaştırılmıştır. Nozul çıkış sayısının 2–6 arasında, giriş basıncının ise 150–700 kPa aralığında 50 kPa artışlarla değiştirilmesiyle 60 çalışma koşulu incelenmiştir. Verilerin %80'i eğitim, %20'si test için ayrılmıştır. Bayesian Ridge, çok katmanlı algılayıcı (MLP), Elastic Net, K-en yakın komşu (KNN) ve LightGBM modelleri; yalnızca %80'lik eğitim verisine uygulanan beş katlı K-fold çapraz doğrulama ve bu sürece dahil edilmeyen test kümesi üzerinden değerlendirilmiştir. Verimde MLP test kümesinde R^2 = 0,960393 ve RMSE = 0,981004 yüzde puan ile öne çıkarken, eğitim içi çapraz doğrulamada Bayesian Ridge R^2 = 0,848334 ve RMSE = 1,204818 yüzde puan ile en başarılı yöntem olmuştur. Ekserji çıkışında Bayesian Ridge, test ve çapraz doğrulamada sırasıyla 0,998389 ve 0,999103 R^2 değerleriyle her iki değerlendirmede de üstünlük sağlamıştır. Ekserji kaybında test R^2 ve RMSE değerleri Bayesian Ridge'i, çapraz doğrulamadaki üç ölçüt ise KNN'yi desteklemiştir. KNN'nin çapraz doğrulama R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0,910338 ve 7,543784 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın özgün katkısı, aynı deney kapsamındaki üç ekserji göstergesi için model sıralamasının hedefe ve değerlendirme düzenine bağlı değişimini ortaya koymasıdır. Bulgular, yüksek bir test başarısının eğitim içi doğrulama başarısıyla birlikte yorumlanmasının gerekliliğini göstermektedir. Ekserji temelli fiziksel çıkarımlar, özgün hesaplama birimlerinin ve sistem sınırının doğrulanmasıyla sınırlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ranque–Hilsch vorteks tüpü; oksijen; polyamid nozul; ekserji verimi; makine öğrenmesi,

COMPARATIVE EVALUATION OF MACHINE LEARNING PERFORMANCE IN PREDICTING EXERGY INDICATORS OF AN OXYGEN-OPERATED SINGLE VORTEX TUBE WITH POLYAMIDE NOZZLES USING TEST DATA AND CROSS-VALIDATION

Prof. Dr., Volkan KIRMACI[1]/Doç. Dr., Murat KORKMAZ2

[1]Bartın University, Department of Mechanical Engineering, volkankirmaci@bartin.edu.tr, 0000-0001-7076-1911

[2]Hacettepe University, Department of Energy Systems Engineering, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr, 0000-0002-3721-2854

Abstract

This study compares the predictive performance of five regression methods for the exergy efficiency, exergy output, and exergy loss of an oxygen-operated single Ranque–Hilsch vortex tube equipped with polyamide nozzles. A total of 60 operating conditions were examined by varying the number of nozzle outlets from 2 to 6 and the inlet pressure from 150 to 700 kPa in increments of 50 kPa. The dataset was divided into 80% for training and 20% for testing. Bayesian Ridge, multilayer perceptron (MLP), Elastic Net, K-nearest neighbors (KNN), and LightGBM models were evaluated using five-fold cross-validation applied exclusively to the training subset and a separate test set excluded from the cross-validation procedure. For exergy efficiency, MLP achieved the best test performance, with R^2 = 0.960393 and an RMSE of 0.981004 percentage points, whereas Bayesian Ridge performed best in training-set cross-validation, with R^2 = 0.848334 and an RMSE of 1.204818 percentage points. For exergy output, Bayesian Ridge ranked first in both evaluations, achieving R^2 values of 0.998389 and 0.999103 for testing and cross-validation, respectively. For exergy loss, the test R^2 and RMSE favored Bayesian Ridge, while all three cross-validation metrics favored KNN. The cross-validation R^2 and RMSE of KNN were 0.910338 and 7.543784, respectively. The original contribution of this study lies in demonstrating how model rankings vary with the prediction target and evaluation procedure across three exergy indicators within the same experimental framework. The findings highlight the need to interpret high test performance alongside training-set cross-validation performance. Physical interpretations based on the exergy results remain conditional on verification of the units used in the original calculations and the system boundary.

Keywords: Ranque–Hilsch vortex tube; oxygen; polyamide nozzle; exergy efficiency; machine learning.

1 Giriş

Basınçlı gazın sıcak ve soğuk akımlara ayrılması, Ranque–Hilsch vorteks tüplerinin temel işlevini oluşturmaktadır. Çıkış sıcaklıkları bu ayrışmanın ölçülebilir sonucunu verirken ekserji göstergeleri, elde edilen akımların iş üretme potansiyelini ve süreçteki kullanılabilir enerji azalmasını değerlendirmeye yardımcı olur. Oksijen ve hava ile farklı nozul malzemelerinin kullanıldığı deneysel araştırmalar [1] ile malzeme özelliklerini ekserji analiziyle birlikte ele alan çalışmalar [2], performansın çalışma koşulları ve geometrik düzenle birlikte incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Vorteks tüplerinin veri temelli modellenmesi literatürde yerleşik bir araştırma alanıdır. Örneğin paralel bağlı karşı akışlı tüplerde sıcaklık farkının farklı makine öğrenmesi yöntemleriyle tahmini ve katlamalı doğrulaması incelenmiştir [3]. Mevcut çalışmada ise tekli tüp, oksijen ve polyamid nozul kapsamındaki ekserji verimi, çıkışı ve kaybı birlikte değerlendirilmiştir. Amaç, algoritmaları yalnızca tek bir test sıralamasına göre seçmek yerine, eğitim içindeki doğrulama ile ayrı test sonuçlarının hangi hedeflerde aynı veya farklı modelleri desteklediğini belirlemektir. Chowdhury ve Povey (2024), optimize edilmiş silindirik karşı akışlı Ranque–Hilsch vorteks tüpünün performansını 3, 5 ve 7 bar giriş basınçlarında, ölçüm belirsizliklerini nicel olarak belirleyerek deneysel biçimde incelemiştir. Soğuk kütle oranına bağlı değerlendirmelerde minimum boyutsuz soğuk çıkış sıcaklığı 0,87, maksimum performans katsayısı 0,137 ve maksimum izentropik verim 0,16 olarak belirlenmiştir. Çalışma, sıcaklık ve enerji ayrışmasının değerlendirilmesine yönelik güvenilir deneysel veriler sağlayarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği modellerinin doğrulanması ve kalibrasyonu için bir referans oluşturmuştur [4]. Heo ve arkadaşları (2025), vorteks tüplerindeki sıcaklık ayrışmasını tahmin etmek amacıyla sembolik regresyona dayalı açıklanabilir bir vekil model geliştirmiştir. Boyutsuzlaştırma ve genetik programlama permütasyon önem analizi kullanılarak soğuk çıkış çapı, soğuk kütle oranı, basınç oranı, nozul alan oranı ve tüp boyut oranının modeldeki etkileri değerlendirilmiştir. Yeni deneysel verilerle yapılan doğrulamada maksimum R^2 değerinin 0,8625 olması, önerilen modelin farklı deney koşullarına uygulanabilirliğini desteklemiştir [5]. Shaji ve arkadaşları (2024), Ranque–Hilsch vorteks tüpündeki sıkıştırılabilir dönel akışı sayısal olarak inceleyerek enerji ayrışması ve geometrik optimizasyonu değerlendirmiştir. Karşılaştırmalı analizlerde RNG k–ε türbülans modeli tercih edilmiş ve kritik çalışma koşullarına ulaşıldığında giriş basınç oranındaki artışın sıcaklık ayrışmasını geliştirmek yerine sıcak çıkıştan dönel momentum kaybını artırabildiği belirlenmiştir. Kinetik enerji kayıplarını azaltmaya yönelik optimum yarıçap ve uzunluk değerleri önerilmiş, ancak geliştirilen grafiksel optimizasyon yaklaşımının deneysel olarak doğrulanması gerektiği belirtilmiştir [6]. Oberti ve arkadaşları (2024), iki fazlı transkritik CO_2 ile çalışan Ranque–Hilsch vorteks tüpünü SU2 çözücüsü, gerçek gaz özellikleri ve homojen denge modeli kullanarak üç boyutlu sayısal yöntemle incelemiştir. Gerçek gaz etkileri nedeniyle her iki çıkış sıcaklığının da giriş sıcaklığının altında kaldığı ve enerji ayrışmasının geleneksel davranışa göre tersine dönebildiği belirlenmiştir. Yerel entropi üretimi analizleri, yüksek soğuk kütle oranı ve giriş basıncında keskin geometrik bölgelerde tersinmezliklerin arttığını göstererek enerji ayrışmasında türbülanslı viskoz disipasyonun rolünü desteklemiştir [7] . Cartlidge ve arkadaşları (2022), genişleyen geometrili Ranque–Hilsch vorteks tüpünün performansını 3–7 bar besleme basıncı ve farklı soğuk kütle oranlarında deneysel olarak incelemiştir. Basınç oranının artması sıcak ve soğuk çıkışlardaki sıcaklık ayrışmasını artırırken, minimum boyutsuz soğuk çıkış sıcaklığı yaklaşık 0,40 soğuk kütle oranında elde edilmiştir. İncelenen koşullarda maksimum performans katsayısı 0,097 ve maksimum izentropik verim 0,23 olarak belirlenerek genişleyen tüp tasarımının farklı performans ölçütleri açısından optimum çalışma aralıkları ortaya konulmuştur [8].

Bu çalışmada, yeni bir algoritma geliştirilmesinden ziyade, oksijen–polyamid tekli tüp deneylerinde üç ilişkili ekserji göstergesinin beş farklı regresyon yaklaşımıyla ve iki ayrı değerlendirme düzeyinde incelenmesidir. Çalışma, model sıralamasının hangi hedeflerde korunduğunu ve hangi hedeflerde değiştiğini sayısal olarak göstermektedir. Bu yaklaşım, yalnızca en yüksek test R^2 değerini raporlamanın ötesinde, hedefe özgü model seçiminin doğrulama sonuçlarıyla gerekçelendirilmesini sağlar.

2 Materyal ve yöntem

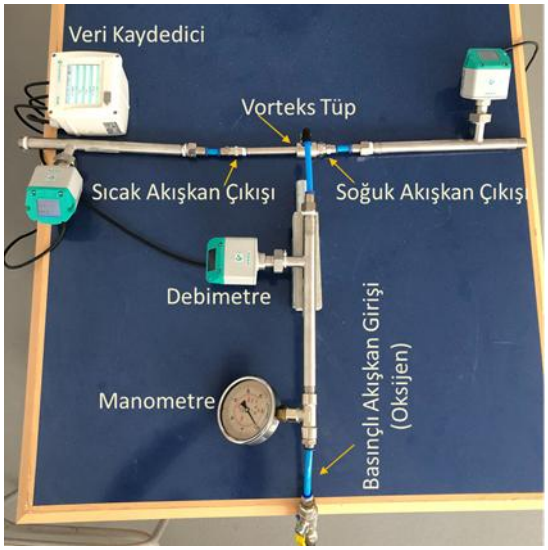
2.1 Deney düzeneği ve çalışma aralığı

Deneysel veri kümesi, oksijen ile beslenen ve polyamid nozul kullanılan tekli bir vorteks tüpüne aittir. Nozul çıkış sayısı N, 2, 3, 4, 5 ve 6 olarak değiştirilmiştir. Her bir nozul için giriş basıncı 150–700 kPa aralığında 50 kPa artışlarla uygulanmış ve on iki basınç seviyesi incelenmiştir. Böylece beş nozul düzeni ile toplam 60 çalışma koşulu elde edilmiştir. Veri dosyasında her basınç–nozul birleşimi için bir kayıt bulunmaktadır. Kaydedilen değişkenler; sıcak ve soğuk çıkış sıcaklıkları, giriş ve çıkış kütlesel debileri, özgül ısı, gaz sabiti, mahal sıcaklığı ve giriş sıcaklığıdır. Kayıt sayısı, deneylerin tekrar sayısını göstermemektedir.

Tablo 1. Deneysel çalışma aralığı ve kaydedilen termofiziksel parametreler.

Parametre	Değer veya kapsam
Çalışma akışkanı	Oksijen
Nozul malzemesi	Polyamid
Nozul çıkış sayısı	2, 3, 4, 5, 6
Giriş basıncı	150–700 kPa; artış 50 kPa
Çalışma koşulu sayısı	60 = 5 × 12
Giriş sıcaklığı	290,70 K
Referans sıcaklığı	289,15 K
Gaz sabiti	259,8 J kg^{-1} K^{-1}
Özgül ısı	919,313–929,332 J kg^{-1} K^{-1}

Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir. Basınçlı oksijen giriş hattında manometre ve debimetre; tekli vorteks tüpünün sıcak ve soğuk çıkış hatlarında ise CSI marka debimetreler bulunmaktadır. Sıcaklık ve akış hızı ölçümleri CSI cihazlarıyla gerçekleştirilmiş; sıcaklık ölçüm noktaları cihazların montaj konumlarıyla tanımlanmıştır. Ölçümler, hedeflenen çalışma ve ortam koşulları kararlı hâle geldikten sonra kaydedilmiştir. Tüp boyutları, nozul kanallarının geometrisi, basınçların mutlak veya manometrik tanımı, çıkış basınçları, cihaz modelleri ve kalibrasyon bilgileri ile kararlılığın sayısal ölçütleri deney kayıtlarıyla belgelenmelidir. Akış hızından kütlesel debiye dönüşüm kullanıldıysa kesit alanı ve yoğunluk hesabı açıklanmalıdır.



Şekil 1. Oksijen ile çalışan tekli vorteks tüpü deney düzeneği ve sıcak–soğuk çıkış hatlarındaki CSI ölçüm cihazları.

2.2 Termodinamik tanımlar ve hesaplama temeli

Sıcaklık ayrışması ve soğuk kütle oranı sırasıyla $\Delta T = T_h - T_c$ ve $\mu_c = \dot{m}_c/\dot{m}_i$ olarak tanımlanmıştır. Veri dosyasındaki sütunlar, sayısal hassasiyet sınırında $\dot{m}_i = \dot{m}_c + \dot{m}_h$, $E_i = E_o + E_l$ ve $\eta = 100E_o/E_i$ eşitliklerini sağlamaktadır. Bu nedenle dosyadaki verim, ekserji çıkışının ekserji girişine oranı olarak değerlendirilmiştir. Bu tanım, soğutma performans katsayısından farklıdır. Söz konusu eşitliklerin sağlanması cebirsel tutarlılığı gösterir; fiziksel ekserji hesabının doğruluğunu tek başına kanıtlamaz.

Özgül ısının sabit kabul edildiği, kinetik ve potansiyel enerji katkılarının ihmal edildiği ideal gaz yaklaşımında özgül fiziksel ekserji $e = c_p[(T - T_0) - T_0 \ln(T/T_0)] + RT_0 \ln(p_abs/p_0)$ biçiminde yazılabilir. Burada T_0 ve p_0 referans durumunu, p_abs ise mutlak basıncı göstermektedir. Ekserji hızı $\dot{E} = \dot{m}e$ bağıntısıyla hesaplanır. Çıkış ekserji hızı, sıcak ve soğuk kolların ekserji hızlarının toplamıdır. Kararlı ve adyabatik çalışma koşullarında, mil işi bulunmadığında ekserji yıkımı $\dot{E}D = \dot{E}giriş - \dot{E}çıkış$ olarak ifade edilir. Isı geçişinin önemli olduğu durumlarda ısı geçişine bağlı ekserji terimi de denkleme eklenmelidir. Bu nedenle dosyada ekserji kaybı olarak adlandırılan büyüklüğün ekserji yıkımı ile özdeş kabul edilmesi için sistem sınırı ve varsayımlar doğrulanmalıdır.

Bu çalışmada ekserji değerleri, veri dosyasındaki sayısal ölçek korunarak değerlendirilmiştir. Dosyada bu büyüklüklerin ekserji hızı, özgül ekserji veya normalize edilmiş bir değer olup olmadığı açıkça belirtilmemektedir. Özellikle aynı basınçta nozul çıkış sayısı ile giriş kütlesel debisi değişmesine rağmen ekserji giriş değerleri sabit kalmaktadır. Bu nedenle ekserji birimleri ve normalizasyon temeli yayımdan önce doğrulanmalıdır.

2.3 Makine öğrenmesi ve K-fold çapraz doğrulama

Çalışmada beş regresyon yaklaşımı karşılaştırılmıştır. Bayesian Ridge, düzenlileştirilmiş olasılıksal doğrusal regresyon yöntemidir [9]. MLP, birbirine bağlı sinir katmanları aracılığıyla doğrusal olmayan ilişkileri temsil eder. Elastic Net, L1 ve L2 düzenlileştirmesini birlikte kullanır. KNN, yakın komşu örneklerin değerlerinden yararlanarak tahmin yapar. LightGBM ise gradyan artırmalı karar ağaçlarına dayanır [10,11,12]. Bu açıklamalar yöntemlerin genel özelliklerini ifade etmekte olup kullanılan modellerin hiperparametrelerini tanımlamamaktadır.

Makine öğrenmesi modellerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için 60 gözlemden oluşan deneysel veri kümesinin %80'i eğitim (48 gözlem), %20'si test (12 gözlem) olarak ayrılmıştır. Bayesian Ridge, MLP, Elastic Net, KNN ve LightGBM yöntemleri bu veri ayrımı kapsamında incelenmiştir. Beş katlı K-fold çapraz doğrulama (k = 5) yalnızca %80'lik eğitim kümesinde uygulanmıştır. Eğitim gözlemleri beş katlamaya ayrılmış; her turda dört katlama modelin eğitimi, kalan katlama doğrulama için kullanılmıştır. Doğrulama katlamasının sırayla değiştirilmesiyle her eğitim gözlemi bir kez doğrulama kapsamında değerlendirilmiştir. Ayrılan %20'lik test kümesi çapraz doğrulamaya dahil edilmemiştir. Dolayısıyla tablolardaki CV ölçütleri eğitim içi doğrulama başarısını, test ölçütleri ise ayrı tutulan test kümesindeki tahmin başarısını göstermektedir (Şekil 2). Bu iki ölçüm farklı gözlem kümelerine aittir.

Yeniden üretilebilirlik için eğitim–test örneklerinin indeksleri, katlamaların oluşturulma ve karıştırılma biçimi, rastgelelik tohumu, gerçek girdi listesi, ölçekleme işlemleri, hiperparametreler ve yazılım sürümleri nihai yöntem kaydında belirtilmelidir. CV'nin hiperparametre seçimindeki rolü ve sonuçların katlama ortalaması mı yoksa birleştirilmiş doğrulama tahminlerinden mi hesaplandığı da açıklanmalıdır. Kontrol edilebilir koşullardan tahmin amaçlanıyorsa basınç ve nozul çıkış sayısı aday girdilerdir; ölçülen sıcaklıklar veya debiler kullanıldıysa tahminin ölçüm sonrası niteliği belirtilmelidir. Hedeflerin cebirsel olarak ilişkili olması nedeniyle hedeflerden türetilen değişkenlerin girdilere taşınması ayrıca kontrol edilmelidir. Ön işleme adımlarının her CV katlamasında yalnızca ilgili eğitim bölümüne uyarlanması, doğrulama gözlemlerinin işleme sürecine bilgi taşımaması için gerekli yöntemsel koşuldur.

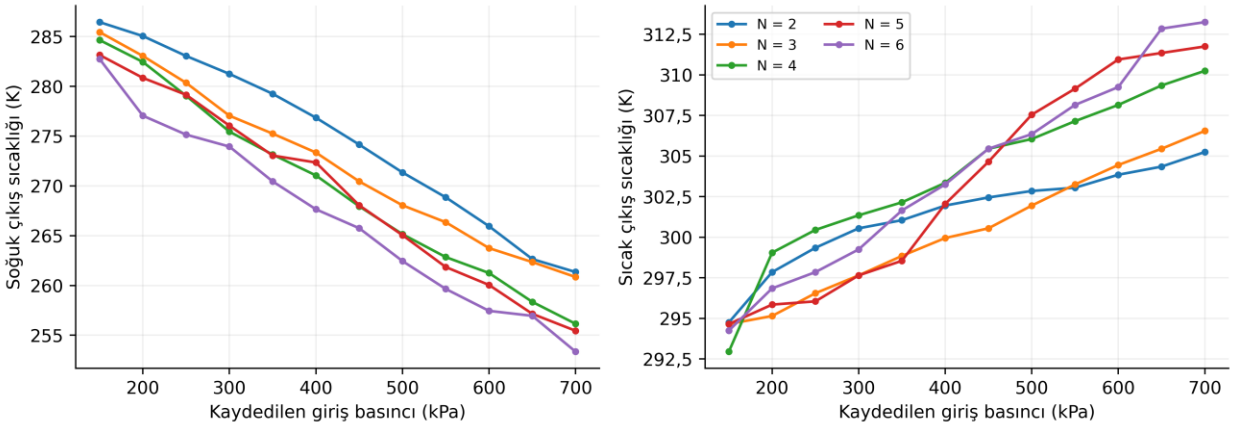
2.4 Model performans ölçütleri

İlgili test veya doğrulama grubundaki n gözlem için belirleme katsayısı $R^2 = 1 - \Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/\Sigma(y_i - \bar{y})^2$, ortalama mutlak hata $MAE = \Sigma|y_i - \hat{y}_i|/n$ ve kök ortalama kare hata $RMSE = [\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/n]^{½}$ bağıntılarıyla tanımlanır. Burada y_i gerçek değeri, $\hat{y}_i$ tahmin edilen değeri ve $\bar{y}$ ilgili grubun gözlemlerinin ortalamasını göstermektedir. R^2 boyutsuzdur. Verim 0–100 ölçeğinde ifade edildiğinde MAE ve RMSE birimi yüzde puandır. Ekserji hedeflerinin hata birimleri ise ilgili hedefin birimiyle aynıdır. Yüksek R^2 ve düşük hata değerleri daha iyi uyumu gösterir. Farklı ölçeklerdeki hedeflerin mutlak hata değerleri doğrudan karşılaştırılmamalıdır.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Deneysel sıcaklık ayrışması ve hesaplanan performans

Soğuk çıkış sıcaklığı 253,35–286,45 K, sıcak çıkış sıcaklığı ise 292,95–313,25 K aralığında değişmiştir. Sıcaklık ayrışması, beş nozul düzeninin tümünde basınçla artmış ve altı çıkışlı nozul ile 700 kPa koşulunda 59,9 K değerine ulaşmıştır (Şekil 3). Bu koşulda soğuk ve sıcak çıkış sıcaklıkları sırasıyla 253,35 K ve 313,25 K olarak ölçülmüştür. N = 2, 3, 4, 5 ve 6 için 700 kPa basınçtaki sıcaklık ayrışmaları sırasıyla 43,9; 45,7; 54,1; 56,3 ve 59,9 K düzeyindedir. Aynı basınçta altı çıkışlı nozulun sıcaklık ayrışması, iki çıkışlı nozula göre %36,45 daha yüksektir. Bu karşılaştırma incelenen düzeneklere aittir; nozul çıkış sayısının etkisini eşlik eden debi değişimlerinden bağımsız olarak ortaya koymamaktadır.



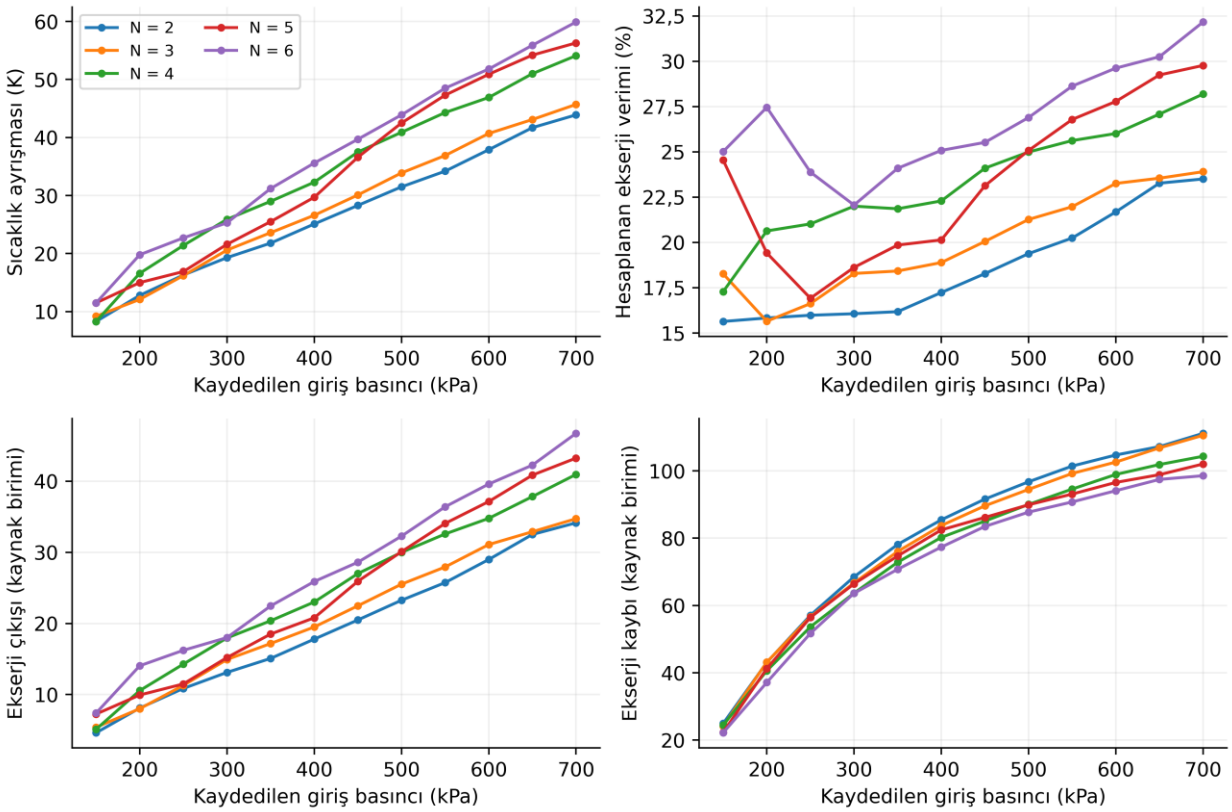
Şekil 2. Beş farklı nozul çıkış sayısı için giriş basıncına bağlı ölçülen soğuk ve sıcak çıkış sıcaklıkları.

Dosyadaki ekserji verimi %15,6388–32,1632 aralığında değişmektedir. En yüksek değer, altı çıkışlı nozul ve 700 kPa koşulunda elde edilmiştir. Bu noktadaki ekserji çıkışı ve kaybı, kaynak dosyanın birimleriyle sırasıyla 46,7289 ve 98,5579 değerindedir. Aynı basınçta iki çıkışlı nozul için verim %23,5031, ekserji çıkışı 34,1469 ve ekserji kaybı 111,1399 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla altı çıkışlı düzen, iki çıkışlı düzene göre verimde 8,6601 yüzde puanlık artış ve ekserji kaybında %11,32 azalma sağlamaktadır. Bu karşılaştırmalar, dosyadaki hesaplanan göstergelere dayanmakta olup fiziksel yorumları hesaplama temelinin doğrulanmasına bağlıdır.

Tablo 2. 700 kPa giriş basıncında dosyadan elde edilen performans göstergeleri.

N	700 kPa için ΔT (K)	700 kPa için η (%)	Çıkış (kaynak birimi)	Kayıp (kaynak birimi)
2	43,9	23,5031	34,1470	111,1399
3	45,7	23,9025	34,7272	110,5596
4	54,1	28,1885	40,9542	104,3326
5	56,3	29,7675	43,2482	102,0386
6	59,9	32,1632	46,7289	98,5579

Hesaplanan mutlak ekserji kaybı, tüm nozul düzenlerinde basınçla artarken ekserji verimi de artmaktadır. Giriş ekserjisinin artması hem yararlı çıkışın hem de kalan kaybın artmasına yol açabileceğinden bu durum cebirsel açıdan tutarlıdır. Sabit basınçta giriş ekserjisinin tüm nozullar için aynı olması, çıkış ve kayıp değerlerini birbirini tamamlayan büyüklükler hâline getirmektedir. Dolayısıyla bu iki büyüklüğün ters yönlü ilişkisi kısmen hesaplama yapısından kaynaklanır.



Şekil 4. Sıcaklık ayrışması ve dosyadan hesaplanan ekserji göstergeleri. Ekserji birimleri ve normalizasyon temeli doğrulanmalıdır.

3.2 Ekserji veriminin tahmini

Verim tahmininde test ve eğitim içi CV sonuçları farklı model sıralamaları vermiştir (Tablo 3). MLP, test kümesinde $R^2 = 0{,}960393$, MAE = 0,706143 ve RMSE = 0,981004 yüzde puan ile üç ölçütte de birinci olmuştur. Yalnızca eğitim verisinde uygulanan K-fold CV'de ise MLP'nin R^2 değeri 0,320801, RMSE değeri 2,134067 yüzde puandır. CV RMSE'sinin test değerinin yaklaşık 2,18 katı olması, yüksek test uyumunun farklı eğitim katlamalarında aynı düzeyde gözlenmediğini göstermektedir. Bayesian Ridge, CV'de $R^2 = 0{,}848334$, MAE = 1,000764 ve RMSE = 1,204818 yüzde puan ile üç ölçütte de en iyi sonucu sağlamıştır. Bu nedenle MLP'nin test üstünlüğü ile Bayesian Ridge'in eğitim içi doğrulama üstünlüğü ayrı sonuçlar olarak değerlendirilmelidir. LightGBM'nin negatif CV R^2 değeri (−0,050640), standart R^2 tanımı altında özetlenen doğrulama performansının ortalama-değer referansına göre zayıf olduğunu göstermektedir; katlama sonuçları olmadan tüm katlamaların negatif olduğu söylenemez.

Tablo 3. Verim için test ve yalnızca eğitim verisinde beş katlı CV sonuçları. MAE ve RMSE yüzde puandır.

Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Bayesian Ridge	0,827493	1,436727	2,047332	0,848334	1,000764	1,204818
MLP	0,960393	0,706143	0,981004	0,320801	1,917506	2,134067
Elastic Net	0,645111	2,250102	2,936509	0,314493	1,976396	2,333472
KNN	0,806920	1,585160	2,165978	0,387239	1,926724	2,272704
LightGBM	0,785153	1,866698	2,284808	-0,050640	2,649978	2,979656

3.3 Ekserji çıkışının tahmini

Ekserji çıkışında Bayesian Ridge, hem test hem eğitim içi CV değerlendirmesinde üç ölçütte de ilk sıradadır (Tablo 4). Test sonuçları $R^2 = 0,998389$, MAE = 0,389835 ve RMSE = 0,501549; CV sonuçları ise $R^2 = 0,999103$, MAE = 0,240359 ve RMSE = 0,291730 olarak elde edilmiştir. Böylece bu hedefte model seçimi, verimde gözlenen sıralama değişiminden daha tutarlı bir görünüm sunmaktadır. Çok yüksek uyum, kullanılan girdilerin hedef hesaplamasıyla ilişkisini açıklama gereğini ortadan kaldırmaz. Bu bulgu, kontrol edilmiş girdiler ve doğrulanmış ekserji hedefleri kapsamında değerlendirilmelidir. MLP test RMSE'sinde ikinci sırada bulunurken, CV RMSE'sinde ikinci sıra KNN'ye geçmiştir.

Tablo 4. Ekserji çıkışı için test ve yalnızca eğitim verisinde beş katlı CV sonuçları. Hatalar kaynak birimindedir.

Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Bayesian Ridge	0,998389	0,389835	0,501549	0,999103	0,240359	0,291730
MLP	0,983151	0,933921	1,621943	0,957056	1,613844	1,784935
Elastic Net	0,977226	1,549233	1,885663	0,969307	1,303484	1,600916
KNN	0,982698	1,250499	1,643601	0,975594	1,197218	1,498836
LightGBM	0,883122	3,652323	4,271768	0,871700	2,893081	3,531951

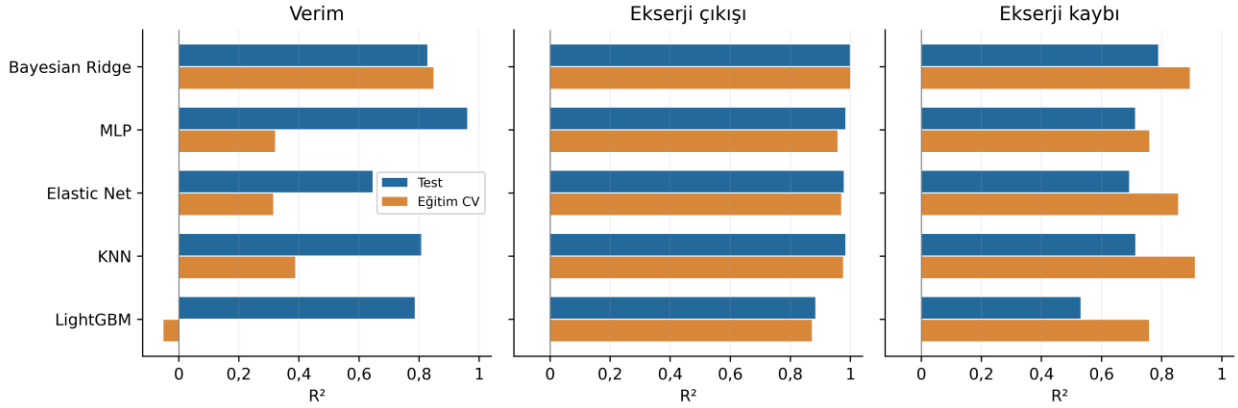
3.4 Ekserji kaybının tahmini

Ekserji kaybında test kümesinin en yüksek R^2 değeri 0,788513 ve en düşük RMSE değeri 15,501840 ile Bayesian Ridge'de elde edilmiştir. Test MAE'si ise 11,052630 ile MLP'de en düşüktür. Eğitim içi CV değerlendirmesinde KNN, $R^2 = 0,910338$, MAE = 6,267273 ve RMSE = 7,543784 ile üç ölçütte de öne çıkmıştır (Tablo 5). KNN'nin CV RMSE'si, Bayesian Ridge'in 8,262344 değerinden yaklaşık %8,70 daha düşüktür. Bu nedenle kayıp tahmininde test R^2 ve RMSE'si Bayesian Ridge'i, eğitim içi CV ise KNN'yi desteklemektedir. MLP'nin düşük test MAE'si ayrıca raporlanmalı; kayıp için koşulsuz bir model üstünlüğü ileri sürülmemelidir.

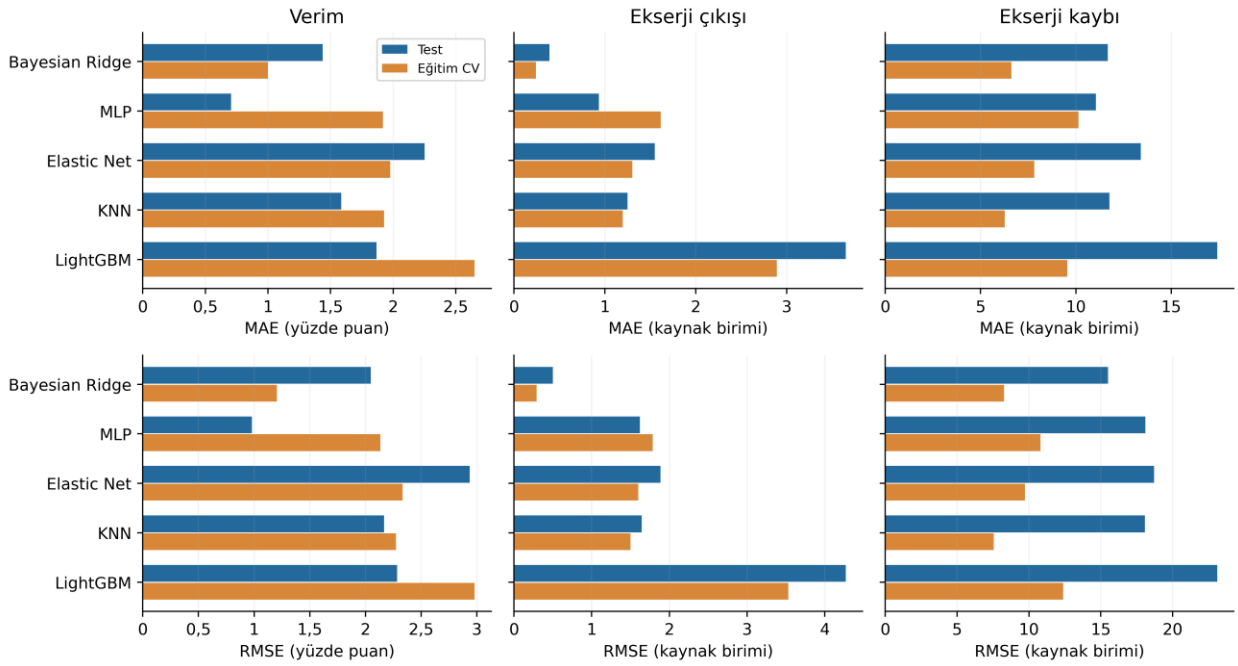
Tablo 5. Ekserji kaybı için test ve yalnızca eğitim verisinde beş katlı CV sonuçları. Hatalar kaynak birimindedir.

Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Bayesian Ridge	0,788513	11,675190	15,501840	0,893920	6,611397	8,262344
MLP	0,711345	11,052630	18,110520	0,758485	10,141290	10,805250
Elastic Net	0,691709	13,405820	18,716380	0,854429	7,816098	9,711682
KNN	0,712336	11,758560	18,079410	0,910338	6,267273	7,543784
LightGBM	0,530321	17,410840	23,101600	0,758301	9,542772	12,380700

Ekserji kaybındaki model sıralamasının değerlendirme düzeniyle değişmesi; örneklerin dağılımı, katlama büyüklüğü, ölçekleme ve model ayarı gibi etkenlere duyarlılıkla ilişkili olabilir. Bununla birlikte, toplulaştırılmış ölçütler bu etkenleri birbirinden ayırmaya yeterli değildir. Ekserji çıkışı ve kaybının ortak bir denge bağıntısıyla ilişkili olması da iki hedefin bağımsız fiziksel kanıtlar olarak yorumlanmasını sınırlar. Şekil 5 ve Şekil 6, her hedefte test ve CV sonuçlarını aynı panelde göstererek bu ayrımı görünür kılmaktadır.



Şekil 5. Test ve yalnızca eğitim verisinde beş katlı CV için R^2 karşılaştırması.



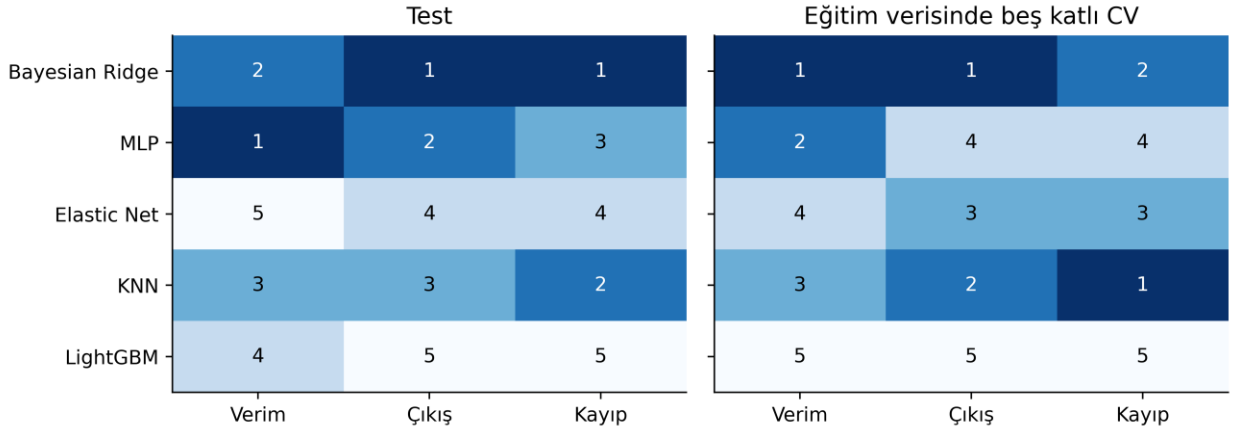
Şekil 6. Test ve eğitim içi CV için MAE ve RMSE karşılaştırması. Verim hataları yüzde puan, ekserji hataları kaynak birimindedir.

3.5 Hedef değişkene göre model seçimi

Tablo 6. Hedef değişken ve değerlendirme düzenine göre öne çıkan modeller.

Hedef	Test R^2 ve RMSE	Test MAE	Eğitim CV tüm ölçütler
Verim	MLP	MLP	Bayesian Ridge
Ekserji çıkışı	Bayesian Ridge	Bayesian Ridge	Bayesian Ridge
Ekserji kaybı	Bayesian Ridge	MLP	KNN

Model seçiminin iki boyutu bulunmaktadır: tahmin edilen fiziksel gösterge ve başarının değerlendirildiği veri düzeni. Verimde MLP'nin test üstünlüğü, Bayesian Ridge'in CV üstünlüğüyle birlikte verilmelidir. Ekserji çıkışı, Bayesian Ridge'in her iki değerlendirmede aynı biçimde öne çıktığı hedeftir. Ekserji kaybı ise KNN'nin eğitim içi CV'de, Bayesian Ridge'in test R^2 ve RMSE'sinde üstün olduğu bir örnek sunmaktadır. Şekil 7 bu değişimi hedef içindeki RMSE sıralamalarıyla özetlemektedir. Ölçekleri farklı hedeflerin ham hata değerlerini bir araya getirerek tek bir toplam başarı puanı üretmekten kaçınılmıştır.



Şekil 7. Test ve eğitim içi CV değerlendirmelerinde hedefe göre RMSE sıralamaları. 1 en düşük hatayı gösterir.

4 Sonuçlar

1. Oksijen ve polyamid nozul ile gerçekleştirilen deneyler, beş nozul çıkış sayısı ve on iki basınç seviyesinde toplam 60 çalışma koşulunu kapsamaktadır. En yüksek ölçülen sıcaklık ayrışması, altı çıkışlı nozul ve 700 kPa koşulunda 59,9 K olarak belirlenmiştir. Sıcaklık ve akış hızı ölçümleri, çıkış hatlarına yerleştirilen CSI debimetrelerle kararlı çalışma koşullarında gerçekleştirilmiştir.

2. Verimde MLP, ayrı test kümesinde R^2 = 0,960393 ve RMSE = 0,981004 yüzde puan ile birinci olmuştur. %80'lik eğitim kümesine uygulanan beş katlı K-fold CV'de ise Bayesian Ridge, R^2 = 0,848334 ve RMSE = 1,204818 yüzde puan ile en başarılı modeldir.

3. Ekserji çıkışında Bayesian Ridge, test ve eğitim içi CV değerlendirmelerinin her ikisinde de üç ölçütte birinci sıradadır. Test ve CV R^2 değerleri sırasıyla 0,998389 ve 0,999103'tür.

4. Ekserji kaybında test R^2 ve RMSE değerleri Bayesian Ridge'i, test MAE'si MLP'yi desteklemiştir. Eğitim içi CV'de KNN, R^2 = 0,910338 ve RMSE = 7,543784 ile üç ölçütte de en iyi sonucu vermiştir.

5. Çalışmanın katkısı, üç ekserji hedefi için model üstünlüğünün değerlendirme düzenine bağlılığını aynı deney kapsamı içinde ortaya koymasıdır. Bulgular, tek bir test sonucundan hareketle tüm hedefler için ortak bir algoritma seçiminin yeterli olmadığını göstermektedir. Ekserji hesaplama temelinin ve model uygulama ayrıntılarının doğrulanması, bu katkının fiziksel ve yöntemsel sınırlarını belirleyecektir.

Kaynaklar

[1] Kırmacı, V, Kaya, H and Cebeci, i, "'An experimental and exergy analysis of a thermal performance of a counter flow ranque–hilsch vortex tube with different nozzle materials,'" *International Journal of Refrigeration*, vol. 85, no. 2018, pp. 240–254, 2018.

[2] N. Bagre, A. D. Parekh, and V. K. Patel, "Exergy analysis and experimental investigation of various vortex tube material with different combination of vortex generators," *International Journal of Refrigeration*, vol. 150, no. February, pp. 113–124, 2023, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2023.02.001.

[3] M. Korkmaz, A. Doğan, and V. Kırmacı, "Performance analysis of a parallel-counterflow vortex tube using machine learning methods," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 150, no. 10, pp. 7901–7919, May 2025, doi: 10.1007/s10973-025-14245-1.

[4] N. H. K. Chowdhury and T. Povey, "High-accuracy experimental study of performance characteristics of optimised Ranque-Hilsch vortex tube," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 251, p. 123385, 2024.

[5] H. B. Heo *et al.*, "Explainable surrogate modeling for predicting temperature separation performance of the vortex tube," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 66, no. October 2024, p. 105728, 2025, doi: 10.1016/j.csite.2024.105728.

[6] K. Shaji, K. K. Lee, F. Salmani, and H. D. Kim, "Numerical analysis and an approach for optimization of the Ranque–Hilsch vortex tube for a compressible flow," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 243, no. February, p. 122590, 2024, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2024.122590.

[7] R. Oberti, A. Metsue, Y. Fang, and S. Poncet, "Numerical simulations and local entropy generation in a two-phase transcritical carbon dioxide Ranque-Hilsch vortex tube," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 226, no. March, p. 125461, 2024, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2024.125461.

[8] J. Cartlidge, N. Chowdhury, and T. Povey, "Performance characteristics of a divergent vortex tube," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 186, p. 122497, 2022.

[9] M. Imane, E. S. Aoula, and E. H. Achouyab, "Using Bayesian Ridge Regression to predict the Overall Equipment Effectiveness performance," in *2022 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)*, 2022, pp. 1–4. doi: 10.1109/IRASET52964.2022.9738316.

[10] C. De Mol, E. De Vito, and L. Rosasco, "Elastic-net regularization in learning theory," *J. Complex.*, vol. 25, no. 2, pp. 201–230, 2009, doi: https://doi.org/10.1016/j.jco.2009.01.002.

[11] H. Kaya, E. Guler, and V. Kırmacı, "Prediction of temperature separation of a nitrogen-driven vortex tube with linear, kNN, SVM, and RF regression models," *Neural Comput. Appl.*, vol. 35, no. 8, pp. 6281–6291, 2023, doi: 10.1007/s00521-022-08030-6.

[12] G. Ke *et al.*, "Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree," *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 30, 2017.

OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU PARALEL BAĞLI ÜÇLÜ KARŞI AKIŞLI VORTEKS TÜPÜ SISTEMININ TOPLAM EKSERJI PERFORMANSININ MAKINE ÖĞRENMESI ILE TAHMINI

Doç. Dr., Murat KORKMAZ[1]/ Prof. Dr., Volkan KIRMACI[2]

[1]Hacettepe Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr, 0000-0002-3721-2854

[2]Bartın Üniversitesi, Makine Mühendisliği, volkankirmaci@bartin.edu.tr, 0000-0001-7076-19112

Özet

Bu çalışmada, birbirine paralel bağlanan üç karşı akışlı Ranque–Hilsch vorteks tüpünün toplam ekserji performansı, doğrusal regresyon ve topluluk öğrenmesi yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Çalışma akışkanı olarak oksijen, nozul malzemesi olarak polyamid kullanılmıştır. Nozul çıkış sayısı 2, 3, 4, 5 ve 6; giriş basıncı ise 150–700 kPa aralığında 50 kPa artışlarla değiştirilerek 60 çalışma koşulu incelenmiştir. Ölçümler hedeflenen kararlı çalışma ve ortam koşulları sağlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Verilerin %80'i eğitim, %20'si test için ayrılmış; beş katlı çapraz doğrulama yalnızca eğitim kümesinde uygulanmıştır. Linear Regression, Bayesian Ridge, CatBoost, XGBoost ve Random Forest modelleri toplam ekserji verimi, ekserji çıkışı ve ekserji kaybı için karşılaştırılmıştır. Verimde CatBoost test kümesinde R^2 = 0,965645 ile öne çıkarken, eğitim içi çapraz doğrulamada Linear Regression R^2 = 0,836754 ile en başarılı yöntem olmuştur. Ekserji çıkışında Bayesian Ridge testte, Linear Regression ise çapraz doğrulamada çok yakın sonuçlarla birinci sırada yer almıştır. Ekserji kaybında XGBoost, test ve çapraz doğrulamada sırasıyla R^2 = 0,993112 ve 0,970298 değerleriyle bütün ölçütlerde üstünlük sağlamıştır. Altı çıkışlı nozulda 650 ve 700 kPa için sıcaklık ayrışması yaklaşık 64,9 K iken hesaplanan en yüksek toplam verim 650 kPa'da %36,2649 olmuştur. Çalışmanın katkısı, paralel üçlü düzeneğin toplam göstergelerinde model seçiminin hedefe ve doğrulama düzenine göre değişimini ortaya koymasıdır. Ekserji sonuçlarının fiziksel yorumu, hesaplama birimlerinin ve toplam sistem sınırının doğrulanmasıyla sınırlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Paralel vorteks tüpü; oksijen; ekserji performansı; makine öğrenme.

MACHINE LEARNING PREDICTION OF THE OVERALL EXERGY PERFORMANCE OF AN OXYGEN-OPERATED SYSTEM OF THREE PARALLEL-CONNECTED COUNTERFLOW VORTEX TUBES WITH POLYAMIDE NOZZLES

Doç. Dr., Murat KORKMAZ[1]/ Prof. Dr., Volkan KIRMACI[2]

[1]Hacettepe University, Department of Energy Systems Engineering, mkorkmaz@hacettepe.edu.tr, 0000-0002-3721-2854

[2]Bartın University, Department of Mechanical Engineering, volkankirmaci@bartin.edu.tr, 0000-0001-7076-1911

Abstract

This study evaluates the overall exergy performance of three parallel-connected counterflow Ranque–Hilsch vortex tubes using linear regression and ensemble learning methods. Oxygen was used as the working fluid, and polyamide was used as the nozzle material. A total of 60 operating conditions were examined by varying the number of nozzle outlets from 2 to 6 and the inlet pressure from 150 to 700 kPa in increments of 50 kPa. Measurements were taken after the specified steady operating and ambient conditions had been established. The dataset was divided into 80% for training and 20% for testing, with five-fold cross-validation applied exclusively to the training subset. Linear Regression, Bayesian Ridge, CatBoost, XGBoost, and Random Forest models were compared in predicting overall exergy efficiency, exergy output, and exergy loss. For exergy efficiency, CatBoost achieved the best test performance, with $R^2 = 0.965645$, whereas Linear Regression performed best in training-set cross-validation, with $R^2 = 0.836754$. For exergy output, Bayesian Ridge ranked first on the test set, while Linear Regression ranked first in cross-validation, with closely comparable results. For exergy loss, XGBoost outperformed the other models across all evaluation metrics in both testing and cross-validation, achieving R^2 values of 0.993112 and 0.970298, respectively. With the six-outlet nozzle, the temperature separation was approximately 64.9 K at both 650 and 700 kPa, whereas the highest calculated overall exergy efficiency, 36.2649%, was obtained at 650 kPa. The contribution of this study lies in demonstrating how model selection varies with the prediction target and validation procedure for the overall performance indicators of the three-tube parallel configuration. Physical interpretations of the exergy results remain conditional on verification of the units used in the calculations and the overall system boundary.

Keywords: Parallel vortex tube; oxygen; exergy performance; machine learning.

1 Giriş

Birden fazla vorteks tüpünün paralel çalıştırılması, enerji ayrışmasının tek bir eleman yerine çok kollu bir düzenek üzerinden değerlendirilmesini gerektirir. Bu durumda performansın tanımlanması, giriş ve çıkış akımlarının bütün sistem sınırı içinde ele alınmasına bağlıdır. Çıkışlar arasındaki sıcaklık farkı termal ayrışmayı gösterirken ekserji yaklaşımı, basınçlı akışkanın kullanılabilir enerji içeriği ile sistemden elde edilen akımlar arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için bir çerçeve sağlar. Nozul malzemeleri ve akışkan türleriyle ilgili deneyler [1] ve malzeme etkisini ekserji analiziyle inceleyen araştırmalar [2], termal göstergelerin tek başına yeterli olmayabileceğine işaret etmektedir.

Paralel bağlı karşı akışlı vorteks tüplerinde makine öğrenmesiyle sıcaklık performansının tahmini daha önce araştırılmıştır [3]. Dolayısıyla mevcut çalışmanın katkısı, makine öğrenmesinin vorteks tüplerine ilk uygulanması olarak tanımlanmamıştır. Burada üç paralel tüpün toplam ekserji verimi, çıkışı ve kaybı; aynı çalışma aralığında doğrusal ve ağaç tabanlı yöntemlerle birlikte incelenmektedir. Temel araştırma sorusu, toplam performansın farklı bileşenleri için aynı model ailesinin uygun olup olmadığı ve bu seçimin eğitim içi doğrulama ile ayrı test değerlendirmesinde korunup korunmadığıdır. Lyu ve arkadaşları (2024), vorteks tüpünün enerji ayrışmasını geliştirmek amacıyla giriş nozulu geometrisini hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle incelemiştir. Deney düzeneğinin gerçek geometrisine uygun modellenmesi ve farklı ağ yapıları ile türbülans modellerinin değerlendirilmesi, sayısal sonuçların deneysel verilerle uyumunu artırmıştır. Sabit nozul uzunluğunda giriş genişleme oranının artırılmasıyla enerji ayrışmasının yaklaşık %15 iyileştirilebildiği belirlenmiştir [4]. Wang ve arkadaşları (2024), farklı çalışma akışkanlarının vorteks tüpündeki ısıl etkilerini tahmin etmek amacıyla makroskopik akışkan özellikleri ve moleküler tanımlayıcılara dayalı yapay sinir ağı modelleri geliştirmiştir. Rastgele ormanla gerçekleştirilen özellik seçimi sonucunda dört temel termofiziksel özellik ve dokuz moleküler tanımlayıcı belirlenmiş; her iki model yaklaşımında da 0,999'un üzerinde korelasyon katsayısı elde edilmiştir. R600 kullanılarak yapılan doğrulamada göreli hataların çoğunun %10'un altında kalması, modellerin farklı akışkanların değerlendirilmesi ve seçimi açısından kullanılabilirliğini göstermiştir [5]. Rattanongphisat ve Jansawang (2024), vorteks tüpü gövdesi ve vorteks üreteci malzemeleri ile uzunluk/çap oranının performansa etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Altı nozullu düzeneklerde paslanmaz çelik ve pirinç gövdeler ile beş farklı vorteks üreteci malzemesi, 3 bar giriş basıncında ve 0,40–0,90 soğuk kütle oranı aralığında karşılaştırılmıştır. En başarılı kombinasyon, uzunluk/çap oranı 19 olan pirinç gövde ve poliamid vorteks üreteciyle elde edilmiş; yaklaşık 0,47 soğuk kütle oranında maksimum izentropik verim 0,27 olarak belirlenmiştir [6]. Trinh ve arkadaşları (2025), hava–CO_2 karışımından CO_2 ayrıştırılmasını geliştirmek amacıyla vorteks tüpüne özel bir vorteks üreteci ve soğuk çıkışta siklon konisi eklemiştir. Yerçekimi, giriş nozulu boyutu ve siklon konisi geometrisinin değerlendirildiği çalışmada, düşey yerleşimin ve artan nozul giriş hızının CO_2 ayrıştırma performansını iyileştirdiği belirlenmiştir. Siklon konisinin 10° ve 20° açılarda daha etkili olduğu ve girişteki CO_2 derişimi arttıkça ayrıştırmaya katkısının güçlendiği gösterilmiştir [7]. Ji ve arkadaşları (2025), basınç enerjisinden yararlanarak eş zamanlı soğutma, ısıtma ve elektrik üretmek amacıyla vorteks tüpü ve ısı pompası içeren bir basınçlı hava enerji depolama sistemi önermiştir. Termodinamik ve ekonomik analizlerde elektrik üretim verimi %16,99, toplam enerji verimi %64,36, ekserji verimi %26,81 ve seviyelendirilmiş depolama maliyeti 0,3693 ABD doları/kWh olarak hesaplanmıştır. Bileşen bazlı değerlendirmeler, en yüksek ekserji kaybının vorteks tüpünde gerçekleştiğini ve toplam yatırım maliyetinde kompresörler ile türbinlerin başlıca payı oluşturduğunu göstermiştir [8]. Meng ve arkadaşları (2025), vorteks tüpüyle soğutulan nikel esaslı süperalaşımların kesilmesini incelemek amacıyla ısıl, mekanik ve hidrodinamik alanları birleştiren bir model geliştirmiştir. Deneysel doğrulamada kesme kuvveti ve kesme sıcaklığı tahminleri için sırasıyla %89,74 ve %91,24 doğruluk elde edilmiş, modelin talaş morfolojisini de başarılı biçimde temsil ettiği belirtilmiştir. Akış alanı analizleri, soğuk hava akımının takım talaş yüzeyindeki hız ve türbülansı artırarak taşınımla ısı transferini güçlendirdiğini ve soğutucu gazın modele doğrudan dahil edilmesinin tahminlerin gerçekçiliğini geliştirdiğini göstermiştir [9].

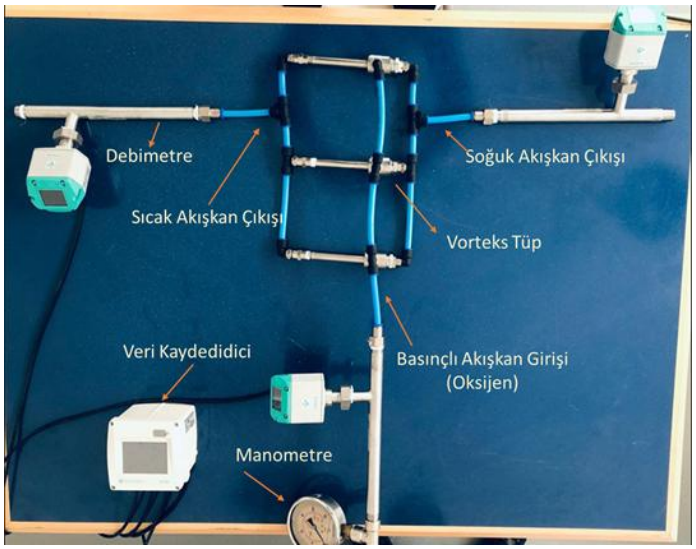
Çalışmada, paralel bağlı üçlü karşı akışlı düzenek için üç ilişkili ekserji hedefini ortak bir deney kapsamı içinde ele almaktadır. Özgün katkı; toplam çıkış ekserjisinde doğrusal modellerin yakın başarısını, kayıp tahmininde XGBoost'un iki değerlendirmede de korunan üstünlüğünü ve verimde test–CV sıralamasının değişmesini birlikte göstermesidir. Ayrıca altı çıkışlı nozulda basıncın 650'den 700 kPa'a yükseltilmesinin sıcaklık ayrışmasını artırmadan hesaplanan verimi düşürmesi, model karşılaştırmasını somut bir işletme bulgusuyla ilişkilendirmektedir.

2. Materyal ve yöntem

2.1 Paralel bağlı deney düzeneği ve kararlı çalışma

Deney düzeneği, birbirine paralel bağlanan üç karşı akışlı Ranque–Hilsch vorteks tüpünden oluşmaktadır. Basınçlı oksijen giriş hattı, tüpler ve sıcak–soğuk çıkış hatları Şekil 1'de gösterilmiştir. Fotoğrafta debi ölçüm elemanları, manometre ve veri kaydedici de görülmektedir. Polyamid nozulların çıkış sayısı 2–6 arasında değiştirilmiş; her nozul düzeninde on iki basınç seviyesi uygulanmıştır. Bu çalışmada tek bir tüpün değil, üç tüpün birlikte oluşturduğu sistemin toplam performansı değerlendirilmiştir.

Paralel bağlı üç karşı akışlı vorteks tüpünün ortak sıcak ve ortak soğuk çıkış hatlarındaki sıcaklık ve akış hızı ölçümleri, CSI marka debimetrelerle gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktaları, cihazların bu ortak hatlardaki montaj konumlarıyla tanımlanmıştır. Böylece sıcak ve soğuk çıkış değerleri ortak hatlardan alınarak üçlü sistemin toplam performansı değerlendirilmiştir. Deneysel veriler, hedeflenen çalışma ve ortam koşulları kararlı hâle geldikten sonra kaydedilmiştir. Toplam sistem ölçümleri, tüpler arasında eşit akış bölüşümü veya her tüp için aynı çıkış sıcaklığı bulunduğu anlamına gelmemektedir. Yeniden üretilebilirlik için CSI cihazlarının modelleri ve kalibrasyon bilgileri ile kararlılığın sayısal sıcaklık/basınç toleransı ve bekleme süresi belirtilmelidir. Akış hızından kütlesel debiye dönüşüm kullanıldıysa kesit alanı ve yoğunluk hesabı açıklanmalıdır.



Şekil 1. Oksijen ile çalışan paralel bağlı üçlü karşı akışlı vorteks tüpü düzeneği ve ortak sıcak–soğuk çıkış hatlarındaki CSI debimetreler.

Tablo 1. Deney ve değerlendirme kapsamı.

Parametre	Değer
Bağlantı	Üç karşı akışlı tüp; paralel
Değerlendirme	Toplam sistem performansı
Akışkan ve nozul	Oksijen; polyamid
Nozul çıkış sayısı	2, 3, 4, 5, 6
Basınç	150–700 kPa; artış 50 kPa
Çalışma koşulu	60
Giriş ve referans sıcaklığı	290,70 K; 289,15 K

2.2 Toplam sistem için ekserji tanımları

Üç tüpü kapsayan kontrol hacmi için giriş ve çıkış katkıları toplam sistem sınırından geçen akımlarla tanımlanmalıdır. Özgül fiziksel ekserji, ideal gaz ve sabit özgül ısı yaklaşımında $e = c_p[(T - T_0) - T_0 \ln(T/T_0)] + RT_0 \ln(p_{abs}/p_0)$ biçimindedir. Akımın ekserji hızı $\dot{E} = \dot{m}e$ ile ifade edilir. Tüp kolları sistem sınırında ayrı değerlendiriliyorsa toplam giriş $\Sigma_j \dot{E}_{giriş,j}$, toplam çıkış $\Sigma_j(\dot{E}_{soğuk,j} + \dot{E}_{sıcak,j})$ olarak hesaplanır; j = 1, 2, 3'tür. Sistem sınırı ortak hatlarda seçildiğinde ise bu hatlardaki gerçek debi ve termodinamik durum kullanılmalıdır. Kol katkıları ile ortak hat katkılarının birlikte sayılması çift sayım oluşturur.

Toplam verim $\eta = 100E_{çıkış,toplam}/E_{giriş,toplam}$ olarak tanımlanmıştır. Kararlı, adyabatik ve mil işi bulunmayan kontrol hacminde ekserji yıkımı, giriş ve çıkış ekserji hızlarının farkına eşittir. Isı geçişi önemliyse ilgili ekserji terimi korunmalıdır. Veri dosyasının ekserji kaybı sütunu bu nedenle sistem sınırı ve varsayımları doğrulanmadan doğrudan yıkım olarak adlandırılmamıştır. Sıcaklık ayrışması dosyadaki sıcak ve soğuk değerlerin farkı $\Delta T = T_h - T_c$ ile hesaplanmıştır.

Dosyada $E_l = E_i - E_o$ ve $\eta = 100E_o/E_i$ bağıntıları sayısal olarak sağlanmaktadır. Bununla birlikte giriş ekserjisi aynı basınçta nozul düzenleri arasında sabitken giriş debisi değişmektedir. Toplam performansın değerlendirildiği doğrulanmış olsa da kayıtlı ekserji değerlerinin hızı, özgül değeri veya normalize edilmiş büyüklüğü temsil ettiği açık değildir. Mevcut sayılar değiştirilmemiş; grafiklerde ve hata tablolarında kaynak birimi kullanılmıştır. Fiziksel yorum için hesaplama temeli ayrıca doğrulanmalıdır.

2.3 Modeller ve veri değerlendirme düzeni

Linear Regression ve Bayesian Ridge doğrusal regresyon ailesini; CatBoost, XGBoost ve Random Forest ise ağaç tabanlı topluluk yaklaşımlarını temsil etmektedir. Bayesian Ridge, katsayıları olasılıksal düzenlileştirmeyle kestirirken Random Forest birden fazla ağacın sonuçlarını birleştirir. CatBoost ve XGBoost, artırmalı ağaç modelleridir [10], [11], [12], [13], [14]. Model adları yöntem ailelerini belirtmektedir; gerçekleştirilen uygulamanın hiperparametreleri ayrıca belgelenmelidir.

Altmış gözlemin 48'i eğitim, 12'si test için ayrılmıştır. Beş katlı çapraz doğrulama yalnızca eğitim kümesinde uygulanmış, test gözlemleri CV'ye dahil edilmemiştir. Verilen CV sonuçlarının katlama ortalaması veya

birleştirilmiş doğrulama tahminlerinden hesaplanan ölçüt olup olmadığı belirtilmediğinden değerler CV sonucu olarak raporlanmıştır. Katlama bazındaki değişkenlik olmadan güven aralığı veya standart sapma üretilmemiştir.

Model girdileri, veri bölme indeksleri, rastgelelik tohumu, katlamaların oluşturulma biçimi, ön işleme, hiperparametreler, yazılım sürümleri ve CV'nin model seçimindeki rolü nihai yöntem kayıtlarına eklenmelidir. Ölçekleme ve özellik seçimi her katlamanın eğitim bölümüne uyarlanmalıdır. Ekserji hedefleri cebirsel olarak ilişkili olduğundan hedeflerden türetilmiş girdiler için veri sızıntısı kontrolü gereklidir. Test ve CV sonuçları farklı örnek gruplarına ait olduğundan aralarındaki farklar tek başına aşırı öğrenme kanıtı değildir.

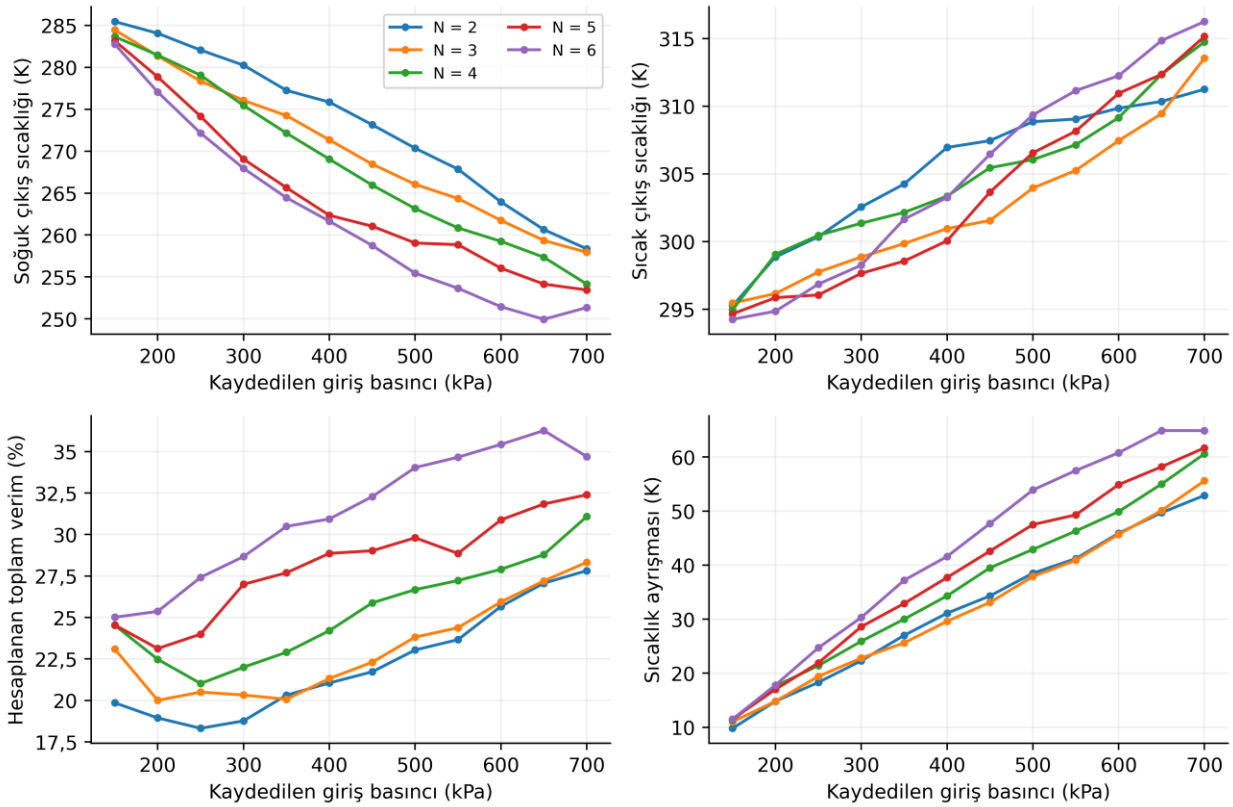
2.4 Başarı ölçütleri

Belirleme katsayısı $R^2 = 1 - \Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/\Sigma(y_i - \bar{y})^2$, ortalama mutlak hata $MAE = \Sigma|y_i - \hat{y}_i|/n$ ve kök ortalama kare hata $RMSE = [\Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2/n]^{½}$ kullanılmıştır. y_i gözlenen hedefi, $\hat{y}_i$ tahmini ve $\bar{y}$ ilgili değerlendirme grubunun ortalamasını belirtir. R^2 boyutsuzdur. Verim 0–100 ölçeğinde olduğundan MAE ve RMSE yüzde puan cinsindedir; ekserji hataları kaynak hedef birimindedir. Farklı hedeflerin ham hata değerleri tek bir toplam puanda birleştirilmemiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1 Toplam performans ve basınç etkisi

Kaydedilen soğuk sıcaklıklar 249,95–285,45 K, sıcak sıcaklıklar ise 294,25–316,25 K aralığındadır. Sıcaklık ayrışması 9,8–64,9 K arasında değişmiştir. Altı çıkışlı nozul için 650 kPa'da 249,95 K soğuk ve 314,85 K sıcak değerlerinden 64,9 K ayrışma elde edilmiştir. 700 kPa'da sıcaklıklar sırasıyla 251,35 K ve 316,25 K olmuş ve ayrışma yine yaklaşık 64,9 K düzeyinde kalmıştır. Bu iki noktada aynı sıcaklık farkı, aynı ekserji verimi anlamına gelmemektedir.

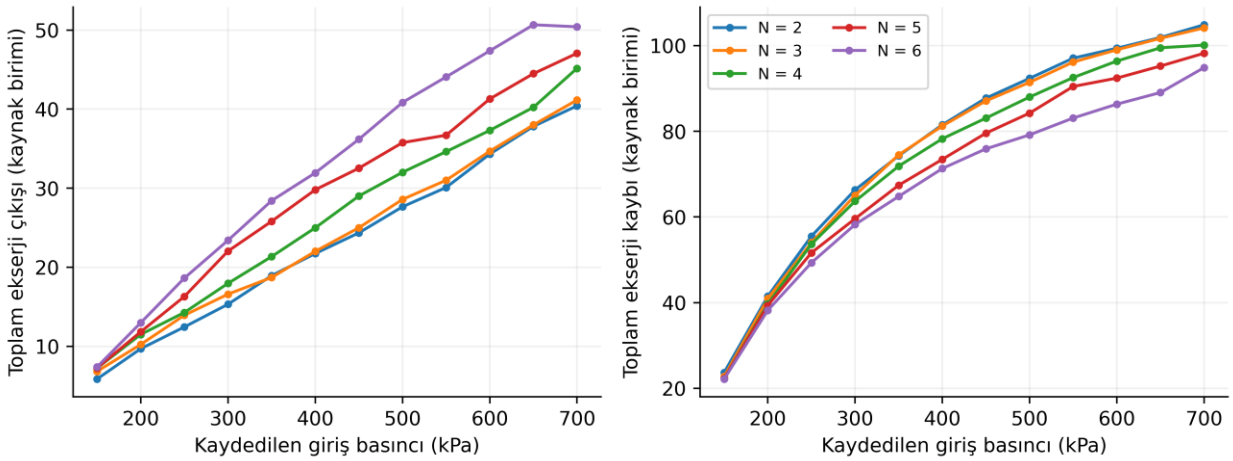


Şekil 2. Nozul çıkış sayısına ve basınca bağlı sıcaklıklar, sıcaklık ayrışması ve verim.

Altı çıkışlı nozulda hesaplanan toplam verim 650 kPa'da %36,2649, 700 kPa'da %34,7010'dur. Böylece basınç artışı 1,5639 yüzde puanlık azalmayla birlikte görülmüştür. Ekserji çıkışı 50,6692'den 50,4160'a düşerken kayıp 89,0506'dan 94,8708'e yükselmiştir. Bu sonuçlar, dosyadaki hesaplama temelinde en yüksek basıncın en yüksek toplam verimi sağlamadığını göstermektedir. Ölçüm belirsizliği ve tekrar sonuçları olmadan iki nokta arasındaki farkın istatistiksel anlamlılığı ileri sürülmemiştir.

Tablo 2. Altı çıkışlı nozulda üst basınç seviyelerinin karşılaştırılması.

Basınç kPa	ΔT K	Verim %	Çıkış*	Kayıp*
650	64,9000	36,2649	50,6692	89,0506
700	64,9000	34,7010	50,4160	94,8708



Şekil 3. Sistem için verilen ekserji çıkışı ve kaybının basınçla değişimi.

3.2 Verimde test üstünlüğü ve eğitim içi doğrulama

CatBoost, test kümesinde R^2 = 0,965645, MAE = 0,624169 ve RMSE = 0,922604 ile üç ölçütte birincidir. Eğitim içi CV'de ise Linear Regression, R^2 = 0,836754, MAE = 0,950728 ve RMSE = 1,208610 ile öne çıkmaktadır. CatBoost'un CV RMSE'si 1,813584 olup test hatasının yaklaşık 1,97 katıdır. Bu nedenle ayrı test başarısı ile eğitim içi katlamalarda ölçülen başarı farklı sonuçlar olarak sunulmalıdır. CatBoost'u koşulsuz biçimde en iyi verim modeli olarak tanımlamak uygun değildir.

Tablo 3. Verim için test ve eğitim içi beş katlı CV sonuçları.

Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Linear Regression	0,879010	1,182582	1,731401	0,836754	0,950728	1,208610
Bayesian Ridge	0,878868	1,125265	1,732419	0,821645	0,972203	1,251084
CatBoost	0,965645	0,624169	0,922604	0,652679	1,520814	1,813584
XGBoost	0,934680	0,873799	1,272177	0,640100	1,543776	1,847024
Random Forest	0,899972	1,317628	1,574284	0,599110	1,759435	1,957266

3.3 Ekserji çıkışında doğrusal modellerin yakın başarısı

Ekserji çıkışında test sonuçları Bayesian Ridge'i, CV sonuçları Linear Regression'ı desteklemektedir. Bayesian Ridge'in test R^2 ve RMSE değerleri 0,999632 ve 0,302898; Linear Regression'ın CV değerleri ise 0,999034 ve 0,347379'dur. İki doğrusal modelin bütün ölçütleri birbirine yakındır. Bu küçük farklardan istatistiksel üstünlük çıkarılamaz. Daha güçlü sonuç, bu hedefte doğrusal regresyon ailesinin hem test hem eğitim içi değerlendirmede yüksek başarı göstermesidir. Bu örüntü kullanılan girdiler bakımından etkili bir temsil bulunduğunu düşündürür; vorteks tüpünün fiziksel davranışının bütünüyle doğrusal olduğu anlamına gelmez.

Tablo 4. Ekserji çıkışı için test ve eğitim içi beş katlı CV sonuçları.

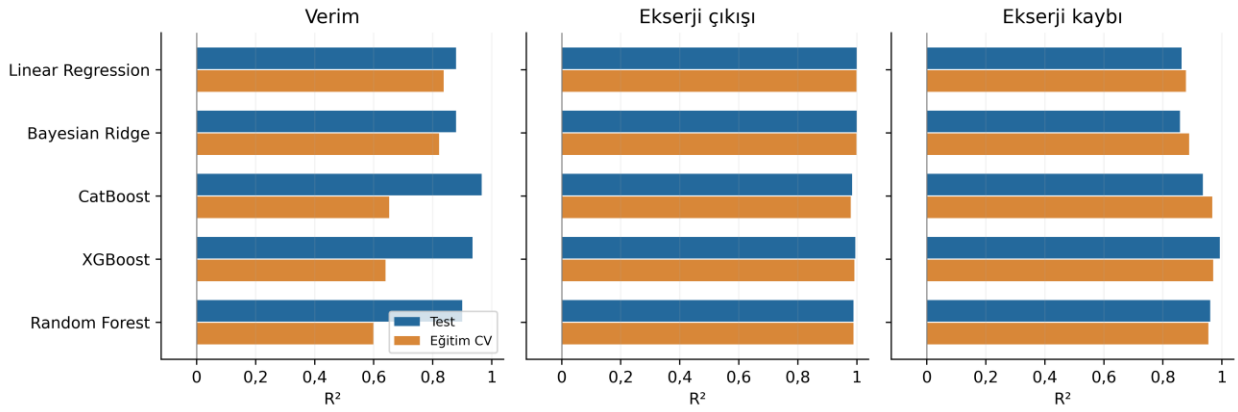
Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Linear Regression	0,999614	0,235902	0,310357	0,999034	0,295265	0,347379
Bayesian Ridge	0,999632	0,232028	0,302898	0,999005	0,301311	0,351874
CatBoost	0,983722	1,704246	2,014993	0,979607	1,196372	1,546758
XGBoost	0,995278	0,963641	1,085228	0,992071	0,821101	1,015452
Random Forest	0,988873	1,318032	1,665972	0,988954	0,928407	1,186454

3.4 Ekserji kaybında XGBoost üstünlüğünün korunması

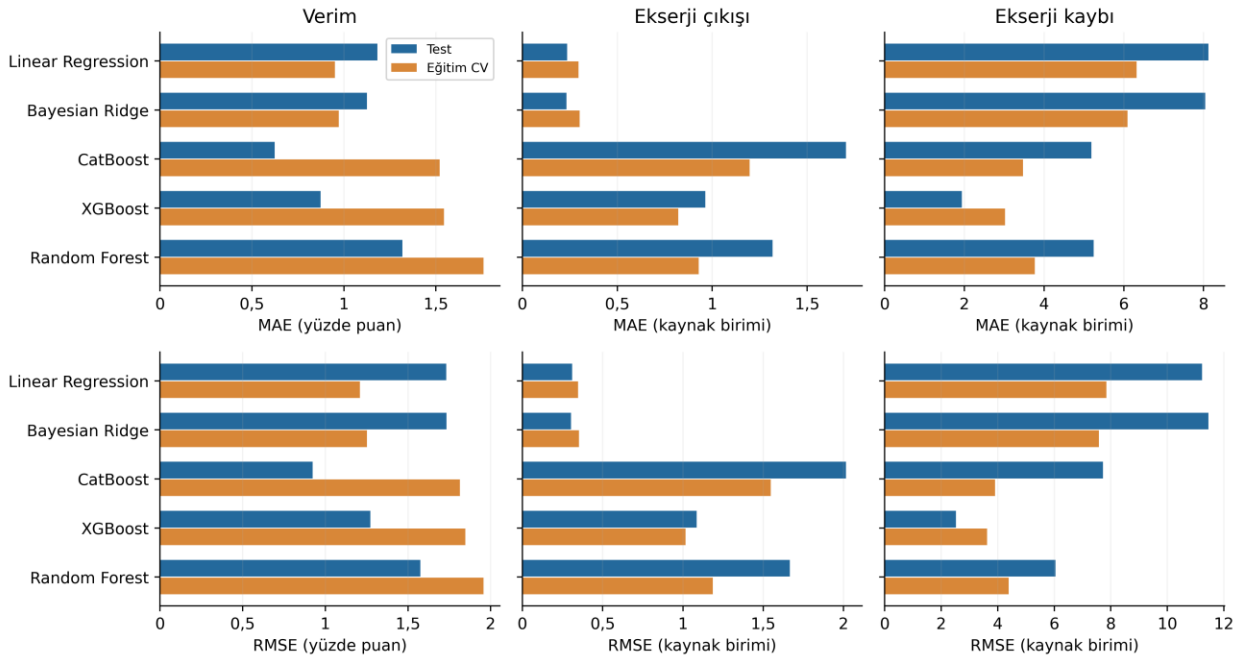
Ekserji kaybında XGBoost, test ve CV değerlendirmelerinin her ikisinde de R^2, MAE ve RMSE bakımından birincidir. Test R^2 = 0,993112 ve RMSE = 2,518544; CV R^2 = 0,970298 ve RMSE = 3,624888 olarak elde edilmiştir. Verimdeki sıralama değişiminin aksine, kayıp hedefinde birincilik aynı modelde korunmaktadır. Bu durum, incelenen örnekler kapsamında XGBoost lehine tutarlı karşılaştırmalı kanıt sunmaktadır. Doğrusal modellerin kayıp tahmininde daha yüksek hata vermesi, girdi–hedef ilişkilerinin ağaç tabanlı temsilden yararlanabileceğini düşündürmektedir; bu farkın fiziksel nedeni ek analiz olmadan kesinleştirilemez.

Tablo 5. Ekserji kaybı için test ve eğitim içi beş katlı CV sonuçları.

Model	Test R^2	Test MAE	Test RMSE	CV R^2	CV MAE	CV RMSE
Linear Regression	0,863040	8,120554	11,230620	0,878434	6,322063	7,845449
Bayesian Ridge	0,857609	8,044023	11,451110	0,888736	6,093795	7,575770
CatBoost	0,935237	5,185024	7,722737	0,967547	3,468987	3,901419
XGBoost	0,993112	1,938922	2,518544	0,970298	3,020128	3,624888
Random Forest	0,960333	5,241006	6,043954	0,953961	3,769277	4,383978



Şekil 4. Üç hedef için test ve eğitim içi CV R^2 değerlerinin karşılaştırılması.



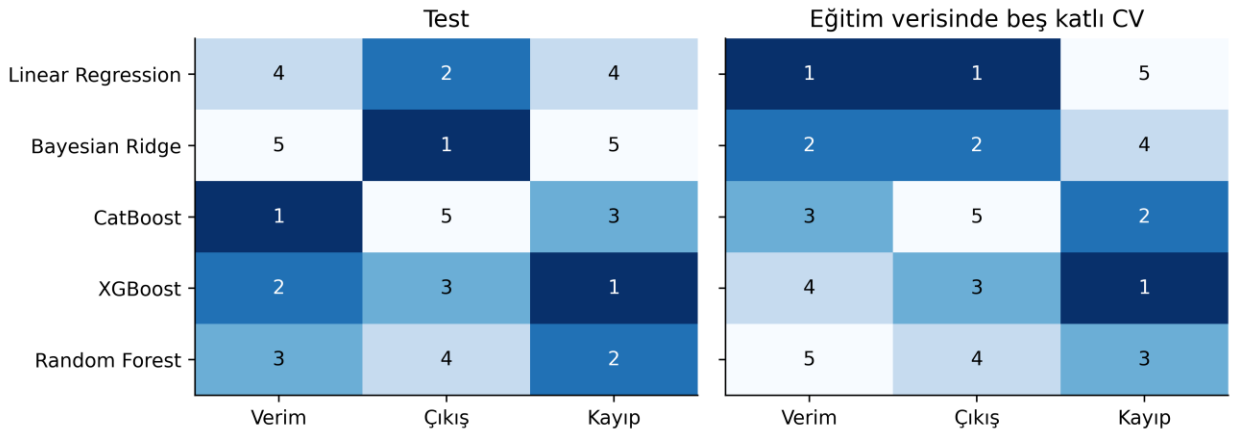
Şekil 5. Test ve eğitim içi CV hata ölçütleri.

3.5 Toplam sistem için model seçiminin yorumu

Üçlü paralel düzenekte tek bir regresyon yaklaşımı bütün hedeflerde aynı üstünlüğü göstermemiştir. Verim için CatBoost'un test başarısı, Linear Regression'ın CV başarısıyla birlikte ele alınmalıdır. Çıkış ekserjisinde doğrusal modeller yakın sonuçlarla öne çıkarken, kayıp hedefinde XGBoost'un sıralaması korunmuştur. Böylece model seçimi, yalnızca yüksek R^2 değerine değil hedef türüne ve değerlendirme düzenine de bağlanmaktadır. Paralel bağlantının bu örüntüye tek başına neden olduğu ileri sürülmemiştir; bağlantı etkisini ayırmak için aynı girdiler ve aynı değerlendirme düzeniyle ayrı bir sistem karşılaştırması gerekir.

Tablo 6. Hedefe göre model seçim özeti.

Hedef	Test tüm ölçütler	CV tüm ölçütler	Yorum
Verim	CatBoost	Linear Regression	Sıralama değişiyor
Ekserji çıkışı	Bayesian Ridge	Linear Regression	Doğrusal modeller yakın
Ekserji kaybı	XGBoost	XGBoost	Birincilik korunuyor



Şekil 6. Hedef içindeki RMSE sıralamaları.

Sonuçlar oksijen, polyamid nozullar ve incelenen paralel üçlü sistemle sınırlıdır. Katlama bazındaki puanlar, ölçüm tekrarları, belirsizlikler ve gözlem bazındaki test tahminleri bulunmadığından anlamlılık testi, hata çubuğu veya artık analizi sunulmamıştır. Kararlılık koşullarının sayısal tanımı, cihaz modelleri ve kalibrasyon bilgileri, toplam akımların hesaplama biçimi ve model uygulama ayrıntıları tamamlanmalıdır. Ekserji birimi ve normalizasyonu doğrulandığında hedeflerde değişiklik oluşursa model sonuçları yeniden hesaplanmalıdır. Gelecek çalışmalarda basınç veya nozul gruplarına göre doğrulama ve gerçek test tahminlerinin analizi, çalışma aralığı dışındaki davranışın değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

4.Sonuçlar

Paralel bağlı üç karşı akışlı vorteks tüpünün toplam performansı, oksijen ve 2–6 çıkışlı polyamid nozullarla 60 çalışma koşulunda değerlendirilmiştir. Ölçümler kararlı koşullar sağlandıktan sonra yapılmıştır.

%80 eğitim ve %20 test ayrımında, eğitim kümesine özgü beş katlı CV ile ayrı test sonuçları birlikte incelenmiştir. Verimde CatBoost testte, Linear Regression CV'de en başarılı modeldir.

Ekserji çıkışında Bayesian Ridge testte ve Linear Regression CV'de çok yakın sonuçlarla öne çıkmıştır; bu hedefte doğrusal modellerin yüksek başarısı iki değerlendirmede de gözlenmiştir.

Ekserji kaybında XGBoost bütün ölçütlerde test ve CV birinciliğini korumuştur. Test ve CV R^2 değerleri sırasıyla 0,993112 ve 0,970298'dir.

Altı çıkışlı nozulda 650 ve 700 kPa için ayrışma yaklaşık 64,9 K iken hesaplanan en yüksek toplam verim 650 kPa'da %36,2649'dur. Fiziksel yorum, ekserji hesaplama temeli ve ölçüm belirsizliği doğrulamasıyla sınırlandırılmıştır.

Kaynaklar

[1] Kırmacı, V, Kaya, H and Cebeci, i, "'An experimental and exergy analysis of a thermal performance of a counter flow ranque–hilsch vortex tube with different nozzle materials,'" *International Journal of Refrigeration*, vol. 85, no. 2018, pp. 240–254, 2018.

[2] N. Bagre, A. D. Parekh, and V. K. Patel, "Exergy analysis and experimental investigation of various vortex tube material with different combination of vortex generators," *International Journal of Refrigeration*, vol. 150, no. February, pp. 113–124, 2023, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2023.02.001.

[3] M. Korkmaz, A. Doğan, and V. Kırmacı, "Performance analysis of a parallel-counterflow vortex tube using machine learning methods," *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 150, no. 10, pp. 7901–7919, May 2025, doi: 10.1007/s10973-025-14245-1.

[4] B.-W. Lyu, S.-M. Jeong, and J.-C. Park, "Simulation-Based Design for Inlet Nozzle of Vortex Tube to Enhance Energy Separation Effect," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, no. 21, 2024, doi: 10.3390/app142110023.

[5] H. Wang, Q. Bai, J. Zhang, S. Chen, X. Xu, and T. Wang, "Tool wear monitoring strategy during micro-milling of TC4 alloy based on a fusion model of recursive feature elimination-bayesian optimization-extreme gradient boosting," *Journal of Materials Research and Technology*, 2024.

[6] W. Rattanongphisat and S. Jansawang, "An experimental investigation on the effects of the vortex tube material, swirl generator material and the tube length to diameter ratio on vortex tube performance," *International Journal of Refrigeration*, vol. 165, no. August 2023, pp. 122–132, 2024, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2024.05.011.

[7] N. Van Trinh, Y. Kim, W. Pae, S. Im, B. Kim, and S. Yu, "Effect of cyclone on the CO2 separation characteristics of a vortex tube," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 359, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.seppur.2024.130580.

[8] Z. Ji, S. Teng, and H. Xi, "Thermodynamic and economic performance analysis of compressed air energy storage system with a cold, heat and power tri-generation function combined with vortex tube," *J. Energy Storage*, vol. 114, Apr. 2025, doi: 10.1016/j.est.2025.115932.

[9] Z. Meng *et al.*, "A coupled thermal–mechanical–hydrodynamic model for cutting of Ni-based superalloys cooled by a vortex tube," *J. Manuf. Process.*, vol. 137, pp. 181–195, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.jmapro.2025.01.070.

[10] T. Chen and C. Guestrin, "Xgboost: A scalable tree boosting system," in *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining*, 2016, pp. 785–794.

[11] L. Prokhorenkova, G. Gusev, A. Vorobev, A. V. Dorogush, and A. Gulin, "CatBoost: unbiased boosting with categorical features," *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 31, 2018.

[12] C. D. Kumral, A. Topal, M. Ersoy, R. Çolak, and T. Yiğit, "Random forest algoritmasının FPGA üzerinde gerçekleştirilerek performans analizinin yapılması," *El-Cezeri*, vol. 9, no. 4, pp. 1315–1327, 2022.

[13] D. C. Montgomery, E. A. Peck, and G. G. Vining, *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons, 2021.

[14] Q. Shi, M. Abdel-Aty, and J. Lee, "A Bayesian ridge regression analysis of congestion's impact on urban expressway safety," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 88, pp. 124–137, 2016, doi: https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.12.001.

GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CAPER (*CAPPARIS SPINOSA* L.) FRUITS

Lect. Dr. Mesut GÖK[1] / Prof. Dr. İbrahim TEĞİN[2]

[1]Siirt University, Science and Technology Application and Research Center, Siirt, Türkiye; Analytical Instrumentation and GC-MS Analysis; mesutgok84@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9217-8022

[2]Siirt University, Faculty of Arts and Science, Department of Chemistry, Siirt, Türkiye; Analytical Chemistry; ibrahim.tegin@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5661-7195

Abstract

Caper (Capparis spinosa L.) is a perennial plant widely grown in the Mediterranean basin and Anatolia, whose buds and fruits are used in both food and traditional medicine. Capparis spinosa offers a rich profile of secondary metabolites through its unripe flower buds (capers). Clinical and experimental studies indicate that caper extracts hold potential as a complementary agent in the management of diabetes mellitus due to their insulin-sensitizing and glucose-homeostasis-regulating effects. Furthermore, the plant's hepatoprotective effects on liver parenchymal tissue and its functional effects in enhancing motility in the gastrointestinal tract demonstrate that it serves as a strategic raw material not only for traditional medicine but also for modern rational phytotherapy and the functional food industry.

This study aimed to determine the fatty acid composition of the lipophilic fraction of caper fruits by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The fruits were collected in the central district of Siirt (37°56′25.8″ N, 41°55′59.9″ E), oven-dried at 70 °C for 24 h and ground, and approximately 5.0 g of the powder was extracted with hexane in a water bath at 70 °C for 1 h. Fatty acyl glycerides in the extract were converted to fatty acid methyl esters (FAMEs) by base-catalyzed transesterification with 1 M KOH in methanol. After filtration through a 0.22 µm PVDF filter, the sample was analyzed on a Trace 1310 GC-ISQ MS system equipped with a Thermo TG-5MS column (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm). Compounds were identified by comparison with the NIST and Wiley mass spectral libraries. Eight compounds were detected. The dominant constituents were 9,12-octadecadienoic acid methyl ester (40.63%), 6-octadecenoic acid methyl ester (22.63%) and 9-octadecenoic acid methyl ester (21.82%), followed by hexadecanoic acid methyl ester (9.29%), octadecanoic acid methyl ester (3.09%) and 9-hexadecenoic acid methyl ester (1.96%). Unsaturated fatty acids accounted for approximately 87% of the total peak area and saturated fatty acids for approximately 12%. The results indicate that caper fruits have a fatty acid profile rich in linoleic and oleic acids and may be a potential natural lipid source for food, nutraceutical and cosmetic applications.

Keywords: *Capparis spinosa*, caper, GC-MS, fatty acid methyl esters, linoleic acid

INTRODUCTION

Caper (*Capparis spinosa* L., Capparaceae) is a perennial spiny shrub widely distributed in the Mediterranean basin and Anatolia (Annaz et al., 2022). Its flower buds and fruits are consumed as food, and different parts of the plant, including the fruits, have been used in traditional medicine for centuries (Annaz et al., 2022; Zhang & Ma, 2018). Phytochemical research has concentrated mainly on flavonoids such as rutin and quercetin and on other secondary metabolites (Zhang & Ma, 2018), whereas reports on the fatty acid composition of caper have mostly dealt with the seeds (Akgül & Özcan, 1999; Matthäus & Özcan, 2005; Bodaghzadeh et al., 2021).

The fatty acid profile is a major determinant of the nutritional value of plant lipids. Replacing saturated fats with unsaturated fats, particularly polyunsaturated ones, lowers low-density lipoprotein cholesterol and is associated with a lower incidence of cardiovascular disease (Sacks et al., 2017). In caper seeds collected from different locations in Türkiye, linoleic acid was the dominant fatty acid (24.6–50.5% in *C. spinosa*), and oleic acid and its isomer vaccenic acid were each found at 10–30% (Matthäus & Özcan, 2005). Data on the fatty acid composition of whole caper fruits from Siirt are, however, limited.

The aim of this study was therefore to characterize, by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the fatty acid composition of the lipophilic fraction of caper fruits collected in the central district of Siirt and to evaluate the results in the light of the available literature.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

1.1. The caper plant (*Capparis spinosa* L.)

Capparis spinosa is a perennial shrub of the family Capparaceae that is native to circum-Mediterranean countries and shows high taxonomic variability (Annaz et al., 2022). Ethnomedicinal uses are reported for nearly every organ of the plant; in Iran, for example, the fruits and root bark are used as diuretics and tonics (Annaz et al., 2022). Flavonoids such as rutin and quercetin are among the best-known constituents (Zhang & Ma, 2018), although the evidence for health benefits in humans remains limited and requires further study (Zhang & Ma, 2018).

1.2. Fatty acid composition of caper lipids

In the earliest Turkish study of caper seed oil, palmitic, oleic and linoleic acids were the main fatty acids of *C. spinosa* var. *spinosa* and *C. ovata* var. *canescens* (Akgül & Özcan, 1999). Analyzing eleven samples from different locations in Türkiye, Matthäus and Özcan (2005) found linoleic acid to be dominant, at 24.6–50.5% in *C. spinosa* seed oils, with oleic and vaccenic acids each between 10 and 30%. In caper seeds from five regions of Iran, linoleic acid (45–50%) was followed by oleic acid (30–39%), palmitic acid (2–8%) and stearic acid (2–3%), and the authors stressed that genotype and region strongly influence composition (Bodaghzadeh et al., 2021). The balance between n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids in a dietary fat is also regarded as important for its health effects (Simopoulos, 2002).

1.3. GC-MS analysis of fatty acids

Fatty acids are poorly volatile and are therefore usually converted to fatty acid methyl esters (FAMEs) before gas chromatography. Base-catalyzed transesterification with methanolic potassium hydroxide is a rapid and mild procedure for acylglycerols (Christie, 1993). Under electron-ionization conditions, the resulting FAMEs are identified by comparing their mass spectra with libraries such as NIST and Wiley.

2. METHODS

2.1. Plant material and sample preparation

The fruits of *Capparis spinosa* L. were collected in the central district of Siirt, Türkiye (37°56′25.8″ N, 41°55′59.9″ E) (Figure 1). The fruits were dried in a laboratory oven at 70 °C for 24 h to reduce their moisture content and then ground into a fine powder with an IKA A 11 Basic analytical mill (IKA-Werke, Germany) to obtain a homogeneous sample suitable for extraction.



Figure 1. Caper (*C. spinosa*) fruits used in the study: (a) fresh fruits, (b) a single fruit with its pedicel.

2.2. Hexane extraction and derivatization

Approximately 5.0 g of the dried and ground fruit material was accurately weighed into a 50 mL Falcon centrifuge tube, and hexane was added to a total volume of 50 mL. The mixture was kept in a water bath at 70 °C for 1 h to extract the lipophilic constituents. A 5.0 mL aliquot of the hexane extract was then transferred into a screw-capped glass tube, 3.0 mL of 1 M potassium hydroxide (KOH) in methanol was added, and the mixture was vortexed vigorously to promote base-catalyzed transesterification of fatty acyl glycerides into FAMEs. After phase separation, the upper organic phase containing the FAMEs was collected, filtered through a 0.22 µm polyvinylidene fluoride (PVDF) syringe filter and transferred into a 2 mL GC-MS vial.

2.3. GC-MS analysis

Analyses were performed on an ISQ mass spectrometer coupled to a Trace 1310 gas chromatograph (Thermo Fisher Scientific, Austin, TX, USA). Separation was achieved on a Thermo TG-5MS capillary column (30 m × 0.25 mm i.d. × 0.25 µm film thickness). The oven temperature was held at 80 °C for 2 min, increased to 300 °C at 4 °C/min, then raised to 310 °C at 5 °C/min and held at 310 °C for 10 min. The ion source temperature was 250 °C, and helium was used as the carrier gas at 1.2 mL/min. The injection volume was 1.0 µL, and the mass spectra were scanned over m/z 55–550. Compounds were identified by comparison with the NIST and Wiley mass spectral libraries. Results are given as percentages of the total peak area; the proportions of saturated,

monounsaturated and polyunsaturated FAMEs were obtained by summing the relative areas of the corresponding compounds.

3. FINDINGS

The total ion chromatogram of the FAME fraction is shown in Figure 2, and the compounds identified are listed in Table 1. Eight compounds were detected: six fatty acid methyl esters, which together accounted for 99.42% of the total peak area, a methylated quercetin derivative (0.11%) and the hydrocarbon dotriacontane (0.13%).

Table 1. Compounds identified in the hexane extract of *Capparis spinosa* fruits (as methyl esters) by GC-MS

No.	Compound name	Class / fatty acid	RT (min)	Area (%)	CAS no.
1	9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	C16:1 n-7 (palmitoleic)	27.66	1.96	1120-25-8
2	Hexadecanoic acid, methyl ester	C16:0 (palmitic)	28.20	9.29	112-39-0
3	Quercetin 7,3′,4′-trimethoxy	Flavonoid	29.99	0.11	6068-80-0
4	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester	C18:2 n-6 (linoleic)	32.11	40.63	112-63-0
5	6-Octadecenoic acid, methyl ester	C18:1 Δ6	32.25	22.63	52355-31-4
6	9-Octadecenoic acid, methyl ester	C18:1 n-9 (oleic)	32.38	21.82	112-62-9
7	Octadecanoic acid, methyl ester	C18:0 (stearic)	32.86	3.09	112-61-8
8	Dotriacontane	Hydrocarbon	33.06	0.13	544-85-4

Note. RT = retention time. Area = percentage of the total peak area. Compounds were identified by NIST/Wiley library matching.

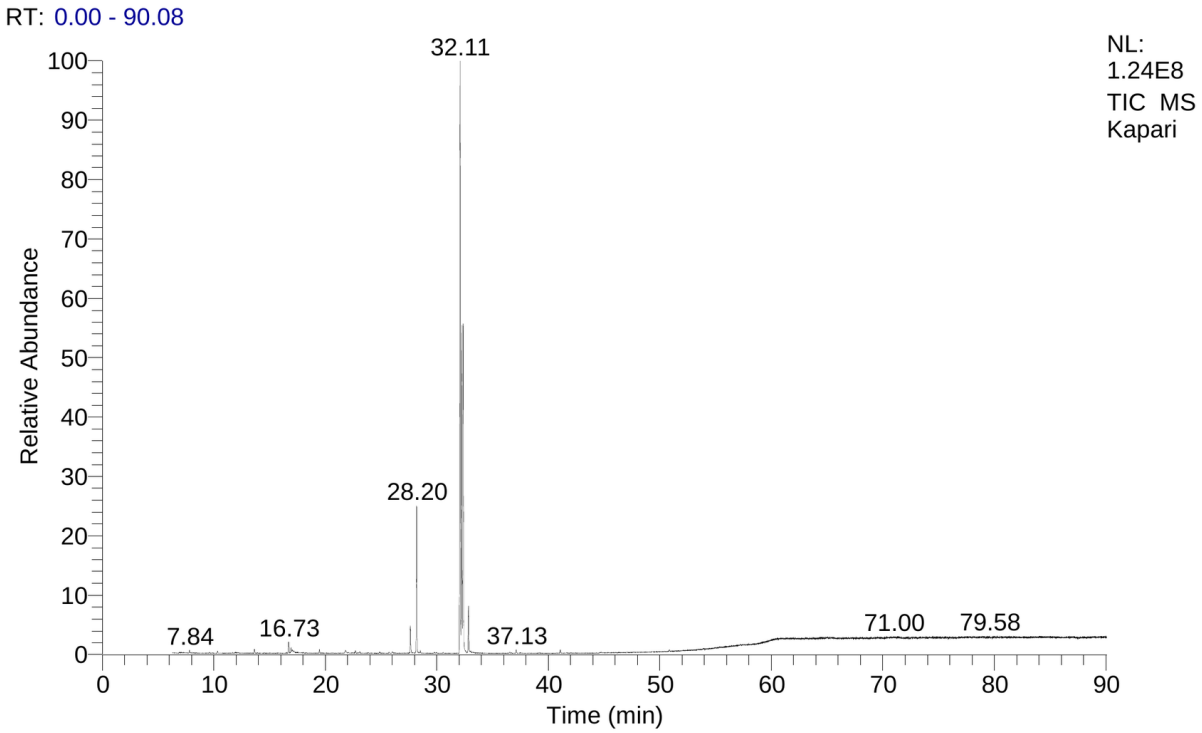


Figure 2. GC-MS total ion chromatogram (TIC) of the FAME fraction of the hexane extract of *C. spinosa* fruits.

3.1. Fatty acid profile

Methyl linoleate (9,12-octadecadienoic acid, methyl ester; 32.11 min) was the major constituent (40.63%). It was followed closely by two C18:1 isomers eluting immediately afterwards, 6-octadecenoic acid methyl ester (22.63%; 32.25 min) and 9-octadecenoic acid methyl ester, i.e. methyl oleate (21.82%; 32.38 min), which together contributed 44.45% (Figure 2). Methyl palmitate (9.29%; 28.20 min), methyl stearate (3.09%) and methyl 9-hexadecenoate (1.96%; 27.66 min) were the other fatty acid components.

Table 2. Fatty acid classes in the lipophilic fraction of *Capparis spinosa* fruits (percentage of total peak area)

Class	Compounds	Area (%)
Saturated (SFA)	C16:0, C18:0	12.38
Monounsaturated (MUFA)	C16:1 n-7, C18:1 Δ6, C18:1 n-9	46.41
Polyunsaturated (PUFA)	C18:2 n-6	40.63
Total unsaturated (MUFA + PUFA)	—	**87.04**
Total FAMEs	—	99.42
Non-fatty acid compounds	Quercetin 7,3′,4′-trimethoxy; dotriacontane	0.24
Total detected	—	**99.66**

Note. FAME = fatty acid methyl ester. Class totals were calculated by summing the relative peak areas in Table 1.

As summarized in Table 2, unsaturated fatty acids accounted for 87.04% of the total peak area and saturated fatty acids for 12.38%, giving an unsaturated to saturated ratio of about 7.0 and a polyunsaturated to saturated ratio of about 3.3. Linoleic acid, the only polyunsaturated fatty acid identified, was 1.86 times as abundant as oleic acid. The quercetin derivative and dotriacontane (0.24% together) are not fatty acids and were excluded from the class totals. No fatty acid with three or more double bonds was among the identified compounds.

4. CONCLUSION AND DISCUSSION

GC-MS analysis showed that the lipophilic fraction of caper fruits collected in Siirt is dominated by unsaturated fatty acids (87.04% of the total peak area): linoleic acid (40.63%) and two C18:1 isomers, including oleic acid (together 44.45%), with palmitic (9.29%) and stearic acid (3.09%) as the saturated components. Caper fruits may therefore be regarded as a potential natural lipid source for food, nutraceutical and cosmetic applications.

The predominance of palmitic, oleic-type and linoleic acids agrees with the main fatty acids reported for caper seed oil by Akgül and Özcan (1999). The linoleic acid content (40.63%) lies within the range of 24.6–50.5% reported for Turkish *C. spinosa* seed oils, and each of the two C18:1 isomers (22.63% and 21.82%) falls within the 10–30% reported there for oleic and vaccenic acids (Matthäus & Özcan, 2005). Compared with the Iranian seeds studied by Bodaghzadeh et al. (2021), our linoleic acid content is somewhat lower than their 45–50%, while palmitic acid (9.29%) and stearic acid (3.09%) are slightly higher than their 2–8% and 2–3%. Because those studies analyzed seeds, whereas the present sample comprised dried whole fruits, and because genotype and region influence composition (Bodaghzadeh et al., 2021), differences of this size are not unexpected.

From a nutritional standpoint, a low saturated fraction and a polyunsaturated to saturated ratio of about 3.3 are consistent with the kind of fatty acid profile that dietary guidance favors over saturated fats (Sacks et al., 2017). This does not demonstrate a health effect of the caper fruits, which was not tested. Because no n-3 fatty acid was identified, the lipid fraction would supply mainly n-6 polyunsaturated fatty acids, and its contribution to the n-6/n-3 balance (Simopoulos, 2002) would have to be judged within the whole diet. Finally, the detection of a

methylated quercetin derivative at a trace level (0.11%) is in line with the known occurrence of quercetin-type flavonoids in the plant (Zhang & Ma, 2018).

REFERENCES

Akgül, A., & Özcan, M. (1999). Some compositional characteristics of capers (*Capparis* spp.) seed and oil. *Grasas y Aceites, 50*(1), 49–52. https://doi.org/10.3989/gya.1999.v50.i1.635

Annaz, H., Sane, Y., Bitchagno, G. T. M., Ben Bakrim, W., Drissi, B., Mahdi, I., El Bouhssini, M., & Sobeh, M. (2022). Caper (*Capparis spinosa* L.): An updated review on its phytochemistry, nutritional value, traditional uses, and therapeutic potential. *Frontiers in Pharmacology, 13*, Article 878749. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.878749

Bodaghzadeh, A., Alirezalu, K., Amini, S., Alirezalu, A., Domínguez, R., & Lorenzo, J. M. (2021). Fatty acid composition, phytochemicals and antioxidant potential of *Capparis spinosa* seeds. *Grasas y Aceites, 72*(4), Article e430. https://doi.org/10.3989/gya.0890201

Christie, W. W. (1993). Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. In W. W. Christie (Ed.), *Advances in lipid methodology – Two* (pp. 69–111). Oily Press.

Matthäus, B., & Özcan, M. (2005). Glucosinolates and fatty acid, sterol, and tocopherol composition of seed oils from *Capparis spinosa* var. *spinosa* and *Capparis ovata* Desf. var. *canescens* (Coss.) Heywood. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(18), 7136–7141. https://doi.org/10.1021/jf051019u

Sacks, F. M., Lichtenstein, A. H., Wu, J. H. Y., Appel, L. J., Creager, M. A., Kris-Etherton, P. M., Miller, M., Rimm, E. B., Rudel, L. L., Robinson, J. G., Stone, N. J., & Van Horn, L. V. (2017). Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation, 136*(3), e1–e23. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510

Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy, 56*(8), 365–379. https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6

Zhang, H., & Ma, Z. F. (2018). Phytochemical and pharmacological properties of *Capparis spinosa* as a medicinal plant. *Nutrients, 10*(2), Article 116. https://doi.org/10.3390/nu10020116

GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF HAWTHORN (*CRATAEGUS ORIENTALIS*) SEEDS

Lect. Dr. Mesut GÖK[1] / Prof. Dr. İbrahim TEĞİN[2]

[1]Siirt University, Science and Technology Application and Research Center, Siirt, Türkiye; Analytical Instrumentation and GC-MS Analysis; mesutgok84@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9217-8022

[2]Siirt University, Faculty of Arts and Science, Department of Chemistry, Siirt, Türkiye; Analytical Chemistry; ibrahim.tegin@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5661-7195

Abstract

Classified under the genus Crataegus within the Rosaceae family, hawthorn is a perennial, woody plant found primarily in the temperate climate zones of the Northern Hemisphere. With a long-standing ethnobotanical history in traditional medical literature, this plant possesses a notable phytochemical profile due to the high levels of flavonoids, oligomeric proanthocyanidins, and triterpenes it contains. Modern pharmacological studies confirm its positive inotropic and chronotropic effects on the cardiovascular system; in particular, they highlight its therapeutic potential in reducing the risk of myocardial infarction, regulating blood pressure, and increasing coronary blood flow. This study aimed to determine the fatty acid composition of the lipophilic fraction of seeds separated from hawthorn fruits by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The fruits were collected from Görendoruk village, Eruh district, Siirt Province (37°40′36″ N, 42°16′37″ E). The seeds were separated from the pulp, washed with distilled water, oven-dried at 70 °C for 24 h and ground. Approximately 5.0 g of the powder was extracted with hexane (total volume 50 mL) in a water bath at 70 °C for 1 h. Fatty acyl glycerides in the extract were converted to fatty acid methyl esters (FAMEs) by base-catalyzed transesterification with 1 M KOH in methanol. After filtration through a 0.22 µm PVDF filter, the sample was analyzed on a Trace 1310 GC-ISQ MS system equipped with a Thermo TG-5MS column (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm). Compounds were tentatively identified by comparison with the NIST and Wiley mass spectral libraries. Nine compounds were detected. The dominant constituents were 9,12-octadecadienoic acid methyl ester (51.25%) and 9-octadecenoic acid methyl ester (32.83%), followed by hexadecanoic acid methyl ester (9.56%), octadecanoic acid methyl ester (3.23%) and eicosanoic acid methyl ester (1.19%). Unsaturated fatty acids accounted for approximately 85% of the total peak area and saturated fatty acids for approximately 14%. The results indicate that hawthorn seeds have a fatty acid profile rich in linoleic and oleic acids and may be a potential natural lipid source.

Keywords: *Crataegus orientalis*, hawthorn, GC-MS, fatty acid methyl esters, linoleic acid

INTRODUCTION

Hawthorns (*Crataegus* spp.) belong to the Rosaceae family and have long been used as food and in traditional medicine in Europe, North America and China, particularly for cardiovascular complaints (Edwards et al., 2012; Nabavi et al., 2015). The fresh fruits of some species, including *Crataegus orientalis*, are edible (Venskutonis, 2018). Phytochemical research on the genus has focused mainly on flavonoids and other phenolic compounds (Edwards et al., 2012), whereas the lipophilic fraction of the seeds has received comparatively little attention.

The fatty acid profile is the main determinant of the nutritional value and stability of a vegetable oil. Replacing saturated fats with unsaturated fats, particularly polyunsaturated ones, lowers low-density lipoprotein cholesterol and is associated with a lower incidence of cardiovascular disease (Sacks et al., 2017). In a hamster model, hawthorn seed oil reduced plasma cholesterol (Kwek et al., 2022), which makes the composition of this oil worth documenting. For Turkish hawthorn taxa, seed fatty acids have been determined by gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID) in samples from Western Anatolia (Özderin et al., 2016), but information on *C. orientalis* seeds from Siirt Province, in south-eastern Anatolia, is limited.

The aim of this study was therefore to characterize, by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), the fatty acid composition of the lipophilic fraction of *C. orientalis* seeds collected in Siirt and to evaluate the results in the light of the available literature.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

1.1. The genus *Crataegus* and *C. orientalis*

Several *Crataegus* taxa grow naturally in Türkiye, among them *C. orientalis* (subsp. *orientalis* and subsp. *szovitsii*), *C. monogyna*, *C. azarolus*, *C. pentagyna* and *C. tanacetifolia* (Özderin et al., 2016). The main bioactive constituents described in the genus are flavonoids such as hyperoside and vitexin and their glycosylated derivatives (Edwards et al., 2012), and the pharmacological properties of hawthorn have been widely reviewed (Nabavi et al., 2015; Venskutonis, 2018). Data on the seeds are more limited: in seven taxa from Western Anatolia, seed moisture ranged from 14.49% to 36.33% during ripening (Özderin et al., 2016).

1.2. Fatty acid composition of hawthorn seed lipids

Özderin et al. (2016) determined ten fatty acids by GC-FID in the seeds of seven hawthorn taxa from Western Anatolia, including *C. orientalis*; the highest values among the samples were 64.23% for linoleic acid, 39.36% for oleic acid and 8.16% for palmitic acid. A commercial hawthorn seed oil analyzed by Kwek et al. (2022) contained 50.84% linoleic, 24.90% oleic, 10.86% palmitic, 3.45% stearic and 4.77% α-linolenic acid, corresponding to 14.31% saturated, 24.90% monounsaturated and 55.61% polyunsaturated fatty acids, together with 205.2 mg/100 g of phytosterols, of which β-sitosterol was the largest (105.5 mg/100 g). Such profiles are of nutritional interest because the balance between n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids is considered an important determinant of the health effects of dietary fats (Simopoulos, 2002).

1.3. GC-MS analysis of fatty acids

Fatty acids are poorly volatile and therefore usually converted to fatty acid methyl esters (FAMEs) before gas chromatography. Base-catalyzed transesterification with methanolic potassium hydroxide is a rapid and mild procedure for acylglycerols, but it does not methylate free fatty acids (Christie, 1993). Under electron-ionization conditions, FAMEs can be identified by comparing their mass spectra with libraries such as NIST and Wiley.

2. METHODS

2.1. Plant material and sample preparation

Crataegus orientalis fruits were collected from Görendoruk village, Eruh district, Siirt Province, Türkiye (37°40′36″ N, 42°16′37″ E). The seeds were carefully separated from the fruit pulp and thoroughly washed with distilled water to remove adhering residues and impurities. The cleaned seeds were dried in a laboratory oven at 70 °C for 24 h and then ground into a fine powder with an IKA A 11 Basic analytical mill (IKA-Werke, Germany) to obtain a homogeneous sample suitable for extraction (Figure 1).

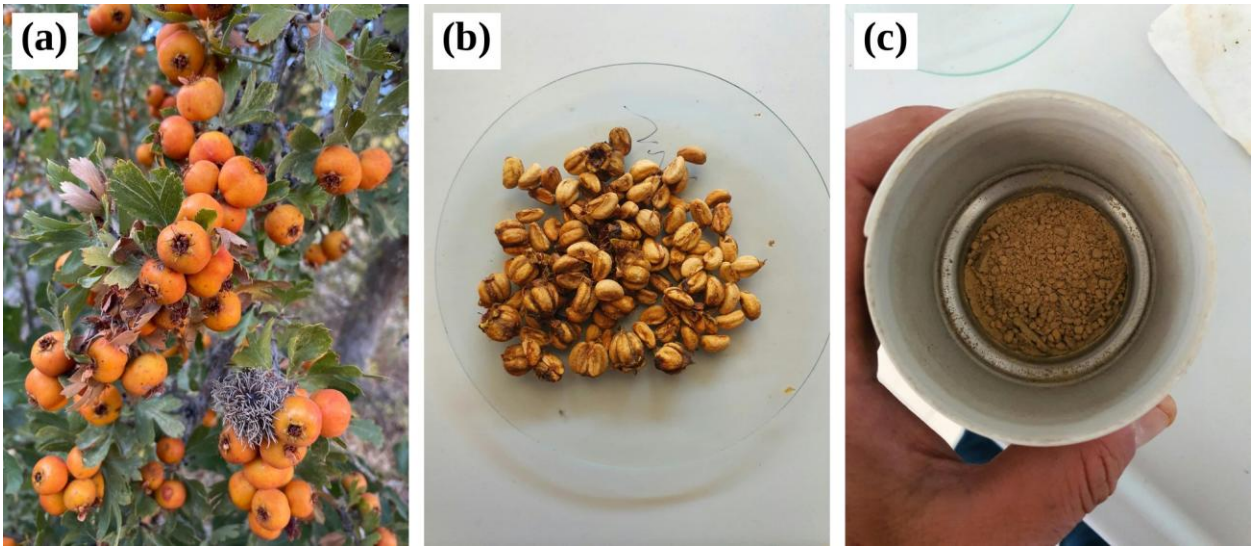


Figure 1. Sample preparation: (a) *C. orientalis* fruits, (b) seeds separated from the pulp, (c) seeds ground to a powder.

2.2. Hexane extraction and derivatization

Approximately 5.0 g of the dried and ground seed material was accurately weighed into a 50 mL Falcon centrifuge tube, and hexane was added to a total volume of 50 mL. The mixture was kept in a water bath at 70 °C for 1 h to extract the lipophilic constituents. A 5.0 mL aliquot of the hexane extract was then transferred into a screw-capped glass tube, 3.0 mL of 1 M potassium hydroxide (KOH) in methanol was added, and the mixture was vortexed vigorously to promote base-catalyzed transesterification of fatty acyl glycerides into FAMEs. After phase separation, the upper organic phase containing the FAMEs was collected, filtered through a 0.22 µm polyvinylidene fluoride (PVDF) syringe filter and transferred into a 2 mL GC-MS vial.

2.3. GC-MS analysis

Analyses were performed on an ISQ mass spectrometer coupled to a Trace 1310 gas chromatograph (Thermo Fisher Scientific, Austin, TX, USA). Separation was achieved on a Thermo TG-5MS capillary column (30 m × 0.25 mm i.d. × 0.25 µm film thickness). The oven temperature was held at 80 °C for 2 min, increased to 300 °C at 4 °C/min, then raised to 310 °C at 5 °C/min and held at 310 °C for 10 min. The ion source temperature was 250 °C, and helium was used as the carrier gas at 1.2 mL/min. The injection volume was 1.0 µL, and the mass spectra were scanned over m/z 55–550. Compounds were tentatively identified by comparison with the NIST and Wiley mass spectral libraries. Results are given as percentages of the total peak area; the proportions of saturated,

monounsaturated and polyunsaturated FAMEs were obtained by summing the relative areas of the corresponding compounds.

3. FINDINGS

The total ion chromatogram of the FAME fraction is shown in Figure 2, and the compounds identified are listed in Table 1. Nine compounds were detected: seven fatty acid methyl esters, which together accounted for 99.43% of the total peak area, and two hydrocarbons (0.35%).

Table 1. Compounds identified in the hexane extract of *Crataegus orientalis* seeds (as methyl esters) by GC-MS

No.	Compound name	Fatty acid	RT (min)	Area (%)	CAS no.
1	Docosane	Hydrocarbon	22.72	0.17	629-97-0
2	Hexadecanoic acid, methyl ester	C16:0 (palmitic)	28.21	9.56	112-39-0
3	Octadecane, 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)-	Hydrocarbon	29.97	0.18	55282-12-7
4	6-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)-	C18:1 Δ6 (petroselinic)	31.69	0.84	2777-58-4
5	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	C18:2 n-6 (linoleic)	32.14	51.25	112-63-0
6	9-Octadecenoic acid, methyl ester	C18:1 n-9 (oleic)	32.27	32.83	112-62-9
7	Octadecanoic acid, methyl ester	C18:0 (stearic)	32.86	3.23	112-61-8
8	cis-11-Eicosenoic acid, methyl ester	C20:1 n-9 (gondoic)	36.56	0.53	—
9	Eicosanoic acid, methyl ester	C20:0 (arachidic)	37.13	1.19	1120-28-1

Note. RT = retention time. Area = percentage of the total peak area. Compounds were identified by NIST/Wiley library matching. — = CAS number not provided in the library output.

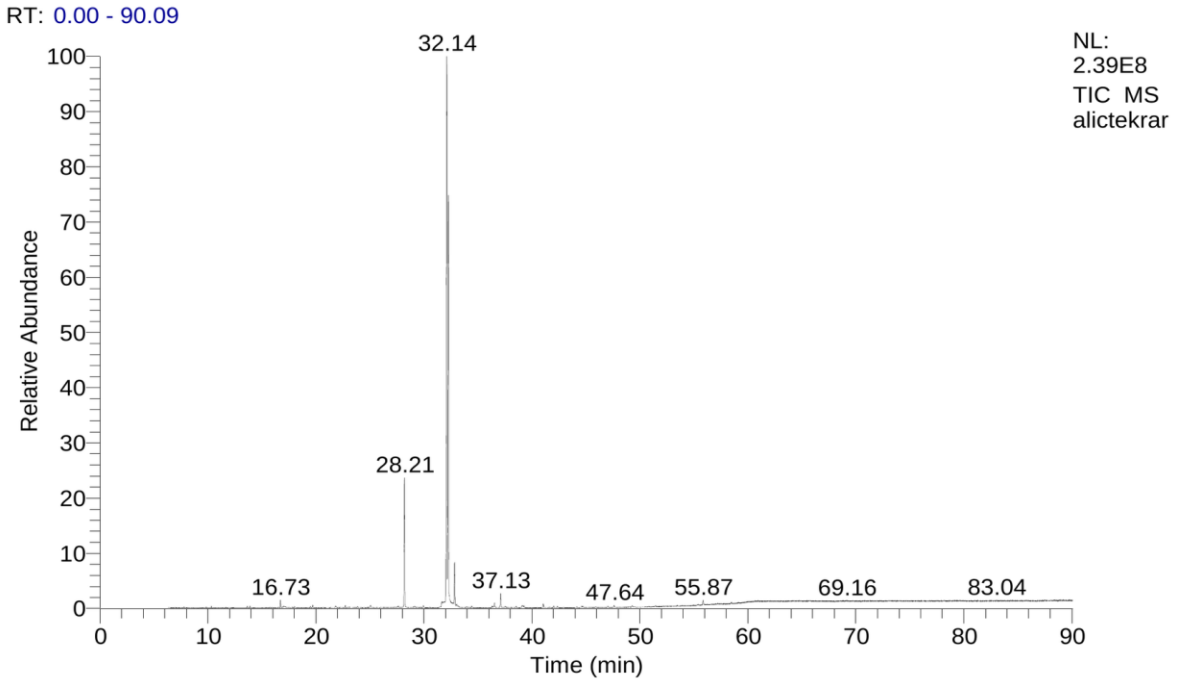


Figure 2. GC-MS total ion chromatogram (TIC) of the FAME fraction of the hexane extract of *C. orientalis* seeds.

3.1. Fatty acid profile

The chromatogram is dominated by methyl palmitate at 28.21 min and a cluster of C18 esters between 31.69 and 32.86 min (Figure 2). Methyl linoleate (9,12-octadecadienoic acid, methyl ester; 32.14 min) was the major constituent (51.25%), followed by methyl oleate (32.83%), methyl palmitate (9.56%), methyl stearate (3.23%) and methyl arachidate (1.19%). Methyl (Z)-6-octadecenoate (0.84%) and methyl cis-11-eicosenoate (0.53%) were minor monounsaturated components.

Table 2. Fatty acid classes in the seed lipids of *Crataegus orientalis* (percentage of total peak area)

Class	Compounds	Area (%)
Saturated (SFA)	C16:0, C18:0, C20:0	13.98
Monounsaturated (MUFA)	C18:1 Δ6, C18:1 n-9, C20:1 n-9	34.20
Polyunsaturated (PUFA)	C18:2 n-6	51.25
Total unsaturated (MUFA + PUFA)	—	**85.45**
Total FAMEs	—	99.43
Hydrocarbons (not fatty acids)	Docosane; 3-ethyl-5-(2-ethylbutyl)octadecane	0.35
Total detected	—	**99.78**

Note. FAME = fatty acid methyl ester. Class totals were calculated by summing the relative peak areas in Table 1.

As summarized in Table 2, unsaturated fatty acids accounted for 85.45% of the total peak area and saturated fatty acids for 13.98%, giving an unsaturated to saturated ratio of about 6.1 and a polyunsaturated to saturated ratio of about 3.7. Linoleic acid, the only polyunsaturated fatty acid detected, was 1.56 times as abundant as oleic acid. α-Linolenic acid and other fatty acids with three or more double bonds were not among the identified compounds.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

GC-MS analysis showed that the seed lipids of *C. orientalis* collected in Siirt are dominated by unsaturated fatty acids (85.45% of the total peak area), chiefly linoleic acid (51.25%) and oleic acid (32.83%), with palmitic (9.56%) and stearic acid (3.23%) as the main saturated components. The seeds may therefore be regarded as a potential natural source of a linoleic- and oleic-rich lipid fraction.

The ranking linoleic > oleic > palmitic agrees with that reported for hawthorn seeds from Western Anatolia by Özderin et al. (2016). Their highest individual values for linoleic (64.23%) and oleic acid (39.36%) are above ours, whereas their palmitic acid maximum (8.16%) is slightly below it. Because these figures are maxima across several taxa and localities and were obtained by GC-FID against a standard mixture, differences of this size may reflect taxon, geographic origin, ripening stage and analytical method, and they should not be over-interpreted. The saturated fraction (13.98%) and the linoleic acid content (51.25%) are close to those of the commercial hawthorn seed oil analyzed by Kwek et al. (2022; 14.31% and 50.84%, respectively), whereas oleic acid was higher in our sample (32.83% vs. 24.90%) and α-linolenic acid, reported at 4.77% by those authors, was not detected here. Whether this reflects differences in species or origin, or limited detection of minor components in the present analysis, cannot be decided from these data.

From a nutritional standpoint, a low saturated fraction and a polyunsaturated to saturated ratio of about 3.7 are consistent with the kind of fatty acid profile that dietary guidance favors over saturated fats (Sacks et al., 2017),

and a hawthorn seed oil of broadly similar composition lowered plasma cholesterol in hypercholesterolemic hamsters (Kwek et al., 2022). These findings do not demonstrate a health effect of the Siirt seeds, which was not tested. Moreover, because no n-3 fatty acid was detected, the oil would supply mainly n-6 polyunsaturated fatty acids, and its contribution to the n-6/n-3 balance, which Simopoulos (2002) considers important, would have to be judged within the whole diet. As with other oils rich in linoleic acid, oxidative stability should be checked before any practical use.

Several limitations should be noted. The results are relative peak-area percentages, the oil content of the seeds was not determined, and base-catalyzed transesterification does not convert free fatty acids to methyl esters (Christie, 1993), so any free fatty acids present would be under-represented. The two hydrocarbons (0.35%) are not fatty acids, and their origin (co-extracted lipophilic material or background) was not investigated.

Future work should (i) analyze samples from different localities, harvest years and ripening stages, as well as other *Crataegus* taxa of the region; (ii) characterize minor constituents such as tocopherols and phytosterols; and (iii) evaluate the oxidative stability and biological activity of the oil.

REFERENCES

Christie, W. W. (1993). Preparation of ester derivatives of fatty acids for chromatographic analysis. In W. W. Christie (Ed.), *Advances in lipid methodology – Two* (pp. 69–111). Oily Press.

Edwards, J. E., Brown, P. N., Talent, N., Dickinson, T. A., & Shipley, P. R. (2012). A review of the chemistry of the genus *Crataegus*. *Phytochemistry, 79*, 5–26. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.04.006

Kwek, E., Yan, C., Ding, H., Hao, W., He, Z., Liu, J., Ma, K. Y., Zhu, H., & Chen, Z.-Y. (2022). Effects of hawthorn seed oil on plasma cholesterol and gut microbiota. *Nutrition & Metabolism, 19*, Article 55. https://doi.org/10.1186/s12986-022-00690-4

Nabavi, S. F., Habtemariam, S., Ahmed, T., Sureda, A., Daglia, M., Sobarzo-Sánchez, E., & Nabavi, S. M. (2015). Polyphenolic composition of *Crataegus monogyna* Jacq.: From chemistry to medical applications. *Nutrients, 7*(9), 7708–7728. https://doi.org/10.3390/nu7095361

Özderin, S., Fakir, H., & Dönmez, E. (2016). Chemical properties of hawthorn (*Crataegus* L. spp.) taxa naturally distributed in Western Anatolia part of Turkey. *Šumarski list, 140*(7–8), 369–375. https://doi.org/10.31298/sl.140.7-8.5

Sacks, F. M., Lichtenstein, A. H., Wu, J. H. Y., Appel, L. J., Creager, M. A., Kris-Etherton, P. M., Miller, M., Rimm, E. B., Rudel, L. L., Robinson, J. G., Stone, N. J., & Van Horn, L. V. (2017). Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation, 136*(3), e1–e23. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510

Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy, 56*(8), 365–379. https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6

Venskutonis, P. R. (2018). Phytochemical composition and bioactivities of hawthorn (*Crataegus* spp.): Review of recent research advances. *Journal of Food Bioactives, 4*, 69–87.

FOTOPLETİSMOGRAFİ (PPG) SİNYAL ANALİZİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI KAN ŞEKERİ SEVİYESİ TAHMİNİ İÇİN YENİLİKÇİ BİR ÇALIŞMA

Taha ELHARİRİ[1] / Doç. Dr. Ahmet Reşit KAVSAOĞLU[2] / Doç. Dr. Eftal ŞEHİRLİ[3]

1 Karabük Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği | tahaalhriri@gmail.com | ORCID: 0000-0002-0755-7536

2 Karabük Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği | kavsaoglu@karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4380-9075

3 Karabük Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği | eftalsehirli@karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0003-0511-1933

Özet

Bu çalışma, akıllı telefonlar veya akıllı saatlerden elde edilen fotopletismografi (PPG) sinyallerini kullanarak kan glikoz seviyelerini ölçmek için tamamen girişimsel olmayan (non-invaziv) ve güvenli bir sistem önermektedir. Kan glikozunun izlenmesi, Tip 1 ve Tip 2 diyabet hastaları için hayati önem taşımaktadır. Sistemi geliştirmek amacıyla, araştırmacılar tarafından geliştirilen özel bir mobil uygulama aracılığıyla hem kırmızı hem de kızılötesi dalga boylarında PPG sinyalleri toplanmıştır. Toplanan sinyaller işlenmiş, darbelere (periyotlara) bölünmüş ve analiz edilerek HCTSA kütüphanesi kullanılarak periyot başına 7.730 özellik çıkarılmıştır. Kırmızı, kızılötesi ve her iki dalga boyunun birleşiminden oluşan üç veri seti oluşturulmuştur. Gömülü özellik seçimi olan ve olmayan çapraz doğrulama kullanılarak bu veri setleri üzerinde beş farklı regresyon modeli eğitilmiştir. Her bir modelin doğruluğu, periyot başına tahmin edilen sonuçların ortalaması alınarak her bir sinyal üzerinde test edilmiştir. Birleştirilmiş veri seti (RED+IR) üzerinde uygulanan Doğrusal Regresyon (Linear Regression), sırasıyla 0,92 R2 ve 6,10 mg/dL RMSE değerlerine ulaşarak en iyi performansı göstermiştir. Modelin klinik uygulanabilirliğini değerlendirmek için Clarke Hata Izgarası (Clark Error Grid) analizi ve Bland-Altman grafikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin klinik standartlara uygun güvenilir ölçümler sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Glikoz; Fotopletismografi; HCTSA; Regresyon analizi; Yapay zekâ

AN INNOVATIVE STUDY FOR BLOOD GLUCOSE LEVEL PREDICTION BASED ON PPG SIGNAL ANALYSIS AND MACHINE LEARNING

Taha ELHARIRI[1] / Assoc. Prof. Dr. Ahmet Reşit KAVSAOĞLU[2] / Assoc. Prof. Dr. Eftal ŞEHİRLİ[3]

1 Biomedical Engineering, Karabuk University | tahaalhriri@gmail.com | ORCID: 0000-0002-0755-7536

2 Biomedical Engineering, Karabuk University | kavsaoglu@karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4380-9075

3 Computer Engineering, Karabuk University | eftalsehirli@karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0003-0511-1933

Abstract

This study proposes a fully non-invasive and safe system for measuring blood glucose levels using photoplethysmography (PPG) signals obtained from mobile phones or smartwatches. Monitoring blood glucose is essential for patients with type 1 and type 2 diabetes. To develop the system, PPG signals were collected in both red and infrared wavelengths via a custom mobile app developed by the researchers. The signals were then processed, segmented into pulses, and analyzed, with 7,730 features extracted per period using the HCTSA library. Three datasets were constructed—red, infrared, and a combined dataset of both wavelengths. Five different regression models were trained on these datasets, using cross-validation with and without embedded feature selection. The accuracy of each model was tested on each signal by averaging the estimated results per period. Linear regression on the combined dataset (RED+IR) yielded the best performance, achieving R2 and RMSE values of 0.92 and 6.10, respectively. Clarke Error Grid analysis and Bland-Altman plots were then employed to assess the model's clinical applicability.

Keywords: Blood glucose; Photoplethysmography; HCTSA; Regression analysis; Machine learning

1. INTRODUCTION

Diabetes management relies on measuring blood glucose levels (BGL) at regular intervals. Traditional self-monitoring commonly involves capillary blood samples, prompting continued interest in more accessible and less invasive monitoring methods. Mobile health applications can facilitate repeated measurements; however, alternative methods must be evaluated for accuracy and agreement against a reference method (Debon, Coleone, Bellei, & De Marchi, 2019; Tang, Chang, Chen, & Liu, 2020).

Photoplethysmography (PPG) is an optical method that measures changes in blood volume within the microvascular bed. Compact red and infrared light emitters and a photodetector can record signals without drawing blood. PPG is an established method in physiological monitoring; prior studies have examined its use with machine learning to estimate glucose and other biomedical variables (Allen, 2007; Monte-Moreno, 2011; Susana & Ramli, 2021).

Previous studies have examined diverse acquisition and modeling approaches, including single-wavelength PPG devices, signals acquired from smartphones, and neural network methods (Hina & Saadeh, 2020; Hossain et al., 2019; Zhang et al., 2020). Glucose estimation by regression from smartphone PPG signals has also been directly investigated (Islam, Ahmed, Hassanuzzaman, Bin Amir, & Rahman, 2021). These studies illustrate different designs, while differences in sensors, preprocessing, datasets, and validation methods limit direct comparison of reported performance.

This study examines a smartphone-based approach that records red and infrared PPG and pairs the signals with reference glucose meter values. It compares red, infrared, and combined-wavelength datasets; extracts features from each pulse cycle using the highly comparative time-series analysis (hctsa) framework; and evaluates five regression algorithms with and without embedded feature selection. Predictions are aggregated across signal cycles. The combined-wavelength linear regression model was selected for agreement analyses.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Participants and ethics

The study included 20 volunteers aged 17–54 years (10 women and 10 men). According to the report, one participant had diabetes; no other conditions were reported for the remaining participants. Ethical approval was obtained from the Karabuk University Ethics Committee (2022/908), and informed consent was obtained from all participants. The small sample and the limited number of participants with diabetes should be considered when interpreting model performance.

2.2 PPG signal recording and reference glucose measurements

PPG was recorded using the heart-rate sensor of a Samsung Galaxy S10. The sensor contains red and infrared light-emitting diodes and a photodiode. A custom Android application developed by the researchers recorded 30-second signals at a sampling frequency of 100 Hz for each wavelength, yielding approximately 3,000 samples per channel per recording. One reference BGL measurement obtained with an eBsensor home glucose meter was paired with each recording. A clinical evaluation of this meter was published by Chen et al. (2007). The dataset contained 38 paired recordings.

2.3 Signal preprocessing and segmentation

Several filtering approaches were evaluated to reduce unwanted signal variability while preserving pulse peaks, including moving average, Butterworth, Chebyshev, elliptic, median, finite impulse response (FIR), and wavelet-based filters. A fourth-order Chebyshev Type II filter with a 100 Hz sampling frequency and a 20 Hz cutoff frequency was selected for the analysis. A previous study examined filter type and order for short PPG

signals (Liang, Elgendi, Chen, & Ward, 2018). The filtered signal was divided into individual pulse cycles using a peak-detection method. After segmentation and quality filtering, 1,009 cycles were included in the analysis.

2.4 Feature extraction and selection

Using the hctsa framework, 7,730 time-series features were computed for each pulse cycle from statistical, correlation-based, information-theoretic, nonlinear, and frequency-domain analyses (Fulcher & Jones, 2017). Invalid, noncomputable, or infinite values were removed; the remaining values were scaled to the 0–1 range. Embedded feature selection ranked features according to their absolute model-derived weights. The mean weight multiplied by 1.5 was used as a dynamic threshold, and features above this threshold were retained. Models were evaluated both with and without feature selection.

2.5 Regression models and evaluation

Three input configurations were evaluated: red PPG alone, infrared PPG alone, and a combined red and infrared dataset. The five regression algorithms were linear regression, support vector regression (SVR), Ridge regression, Lasso regression, and Elastic Net. The data were split into training and test sets at a 60%/40% ratio according to the BGL distribution; ten-fold cross-validation was applied within the training set. Predictions from the ten cross-validation models were averaged for each test period and then aggregated across periods for each signal. Performance was assessed using the coefficient of determination (R^2), root mean square error (RMSE), and training time. The combined-wavelength model was also evaluated using the Clarke Error Grid (Clarke, Cox, Gonder-Frederick, Carter, & Pohl, 1987) and Bland–Altman analysis (Doğan, 2018).

3. RESULTS

Following preprocessing, paired PPG–glucose recordings from 20 participants yielded 1,009 pulse cycles. Five regression algorithms were evaluated for red, infrared, and combined-wavelength inputs, both with and without feature selection. Table 1 summarizes the linear regression results. The combined input with feature selection achieved $R^2 = 0.92$ and RMSE = 6.10 mg/dL.

Table 1. Linear regression performance across PPG configurations; FS denotes feature selection.

Dataset/configuration	R^2	RMSE (mg/dL)
Red PPG + FS	0.89	6.46
Infrared PPG + FS	0.81	8.47
Red + infrared (without FS)	0.83	10.36
Red + infrared + FS	0.92	6.10

For the combined input, linear regression yielded $R^2 = 0.83$ and RMSE = 10.36 mg/dL without feature selection, compared with $R^2 = 0.92$ and RMSE = 6.10 mg/dL with feature selection. With feature selection, the red-only and infrared-only inputs achieved $R^2 = 0.89$/RMSE = 6.46 mg/dL and $R^2 = 0.81$/RMSE = 8.47 mg/dL, respectively.

3.1 Regression performance and agreement analyses

Agreement of the combined-wavelength linear regression model was assessed using the Clarke Error Grid and Bland–Altman plot. Figure 1. and Figure 2. show, respectively, the Clarke Error Grid and Bland–Altman plot generated from the RED+IR test data. The analysis report states that most observations fell in zones A or B and

that the differences clustered around zero. Because zone counts and numerical limits of agreement were not reported, the plots support only a qualitative assessment.

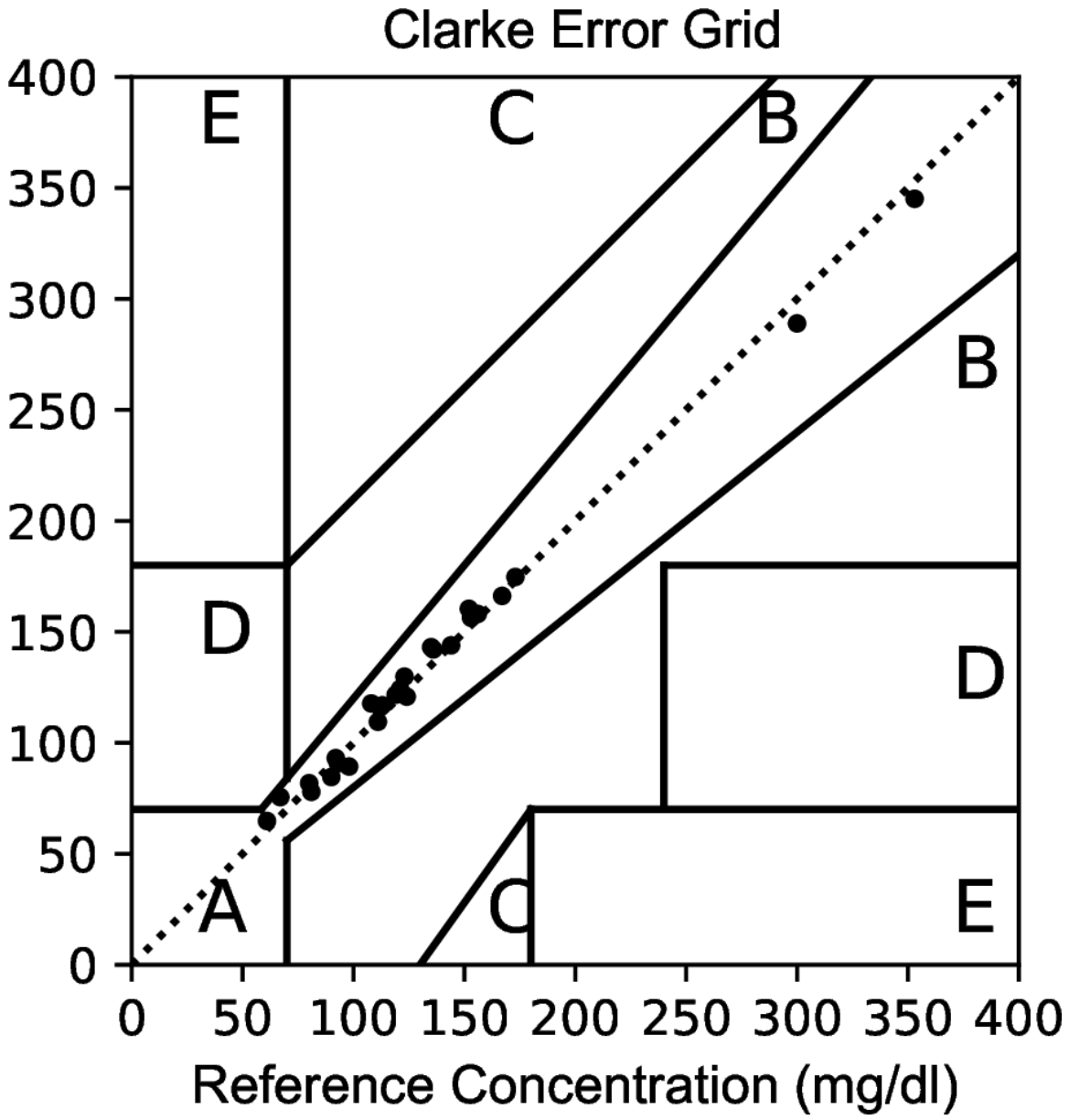


Figure 1. Clarke Error Grid for the combined RED+IR PPG linear regression model (test data; reference glucose on the x-axis and predicted glucose on the y-axis).

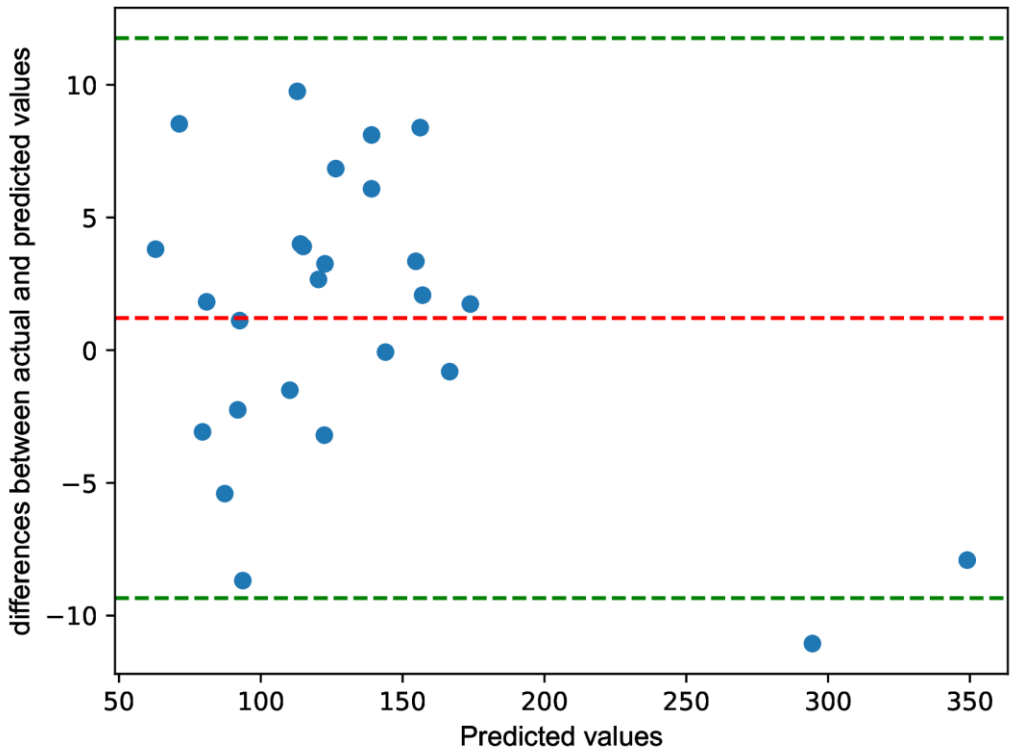


Figure 2. Bland–Altman plot for the combined RED+IR PPG linear regression model (test data).

4. DISCUSSION, CONCLUSION, AND RECOMMENDATIONS

Linear regression with combined red and infrared inputs yielded a higher R^2 and lower RMSE than either single-wavelength input. This pattern is consistent with the optical channels providing complementary information, although the present data do not establish the physiological basis for this difference. Previous studies have investigated PPG-based glucose estimation using single-wavelength sensors, smartphone signal processing, regression, and neural networks (Hina & Saadeh, 2020; Hossain et al., 2019; Islam et al., 2021; Monte-Moreno, 2011; Zhang et al., 2020). Differences in sensors, participants, and validation designs limit direct comparison of reported performance.

Feature extraction and selection are key stages of the pipeline. The hctsa framework generates a broad set of time-series descriptors from each pulse cycle (Fulcher & Jones, 2017). For linear regression with combined inputs, feature selection improved the reported R^2 and RMSE compared with the model using all features. Reporting the number of retained features and end-to-end processing times would clarify the computational impact of feature selection.

The participant group was small: 20 people were included, and only one was reported to have diabetes. The 1,009 pulse cycles came from 38 paired recordings; thus, they do not represent 1,009 independent participants. The 60%/40% split was described as being performed at the data level, but a participant-level split was not specified. If recordings from the same person were included in both training and test sets, the test metrics could overestimate performance on a new person. Reference values were obtained using a home glucose meter rather than a laboratory method, which also limits clinical interpretation.

The Clarke Error Grid and Bland–Altman analyses assess prediction agreement from different perspectives. The reported analysis states that most observations fell in zones A or B and that the differences clustered around zero; however, zone counts and numerical limits of agreement were not provided. Therefore, the plots support only a qualitative assessment and do not establish clinical validation or compliance with a device standard.

Future studies should recruit a larger and more representative participant group, define the reference measurement protocol clearly, and validate the model using participants not included in model training. Participant, recording, cycle, and retained-feature counts at each stage should be reported, together with R^2, RMSE, training time, and agreement statistics for all models. Independent testing across different phone models and glucose ranges is needed before evaluating clinical use.

This study presents a smartphone-based pipeline for estimating blood glucose from red and infrared PPG signals. Linear regression with feature selection on the combined dataset achieved $R^2 = 0.92$ and RMSE = 6.10 mg/dL. This result supports further investigation of PPG as a non-invasive estimation approach. However, the small participant group and the lack of clearly documented participant-level validation do not establish that the method is ready for clinical use. Larger studies with independent validation and complete agreement statistics are needed.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by Karabük University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project Number: KBÜBAP-24-YL-084.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest.

REFERENCES

Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement, 28*(3), R1–R39. https://doi.org/10.1088/0967-3334/28/3/R01

Chen, C.-C., Tai, D.-Y., Ho, P., Lai, Y.-K., Lin, J.-J., Mao, S. J. T., Lin, C.-C., Hsieh, Y.-C., Chiang, H.-C., & Dai, K.-S. (2007). Clinical evaluation of the eBsensor hand-held blood glucose monitoring system. *Clinica Chimica Acta, 377*(1–2), 170–173. https://doi.org/10.1016/j.cca.2006.09.023

Clarke, W. L., Cox, D., Gonder-Frederick, L. A., Carter, W., & Pohl, S. L. (1987). Evaluating clinical accuracy of systems for self-monitoring of blood glucose. *Diabetes Care, 10*(5), 622–628. https://doi.org/10.2337/diacare.10.5.622

Debon, R., Coleone, J. D., Bellei, E. A., & De Marchi, A. C. B. (2019). Mobile health applications for chronic diseases: A systematic review of features for lifestyle improvement. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews, 13*(4), 2507–2512. https://doi.org/10.1016/j.dsx.2019.07.016

Doğan, N. Ö. (2018). Bland-Altman analysis: A paradigm to understand correlation and agreement. *Turkish Journal of Emergency Medicine, 18*(4), 139–141. https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.09.001

Fulcher, B. D., & Jones, N. S. (2017). hctsa: A computational framework for automated time-series phenotyping using massive feature extraction. *Cell Systems, 5*(5), 527–531.e3. https://doi.org/10.1016/j.cels.2017.10.001

Hina, A., & Saadeh, W. (2020). A noninvasive glucose monitoring SoC based on single wavelength photoplethysmography. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, 14*(3), 504–515. https://doi.org/10.1109/TBCAS.2020.2979514

Hossain, S., Debnath, B., Biswas, S., Al-Hossain, M. J., Anika, A., & Navid, S. K. Z. (2019). Estimation of blood glucose from PPG signal using convolutional neural network. In *2019 IEEE International Conference on Biomedical Engineering, Computer and Information Technology for Health* (pp. 53–58). Dhaka, Bangladesh: IEEE. https://doi.org/10.1109/BECITHCON48839.2019.9063187

Islam, T. T., Ahmed, M. S., Hassanuzzaman, M., Bin Amir, S. A., & Rahman, T. (2021). Blood glucose level regression for smartphone PPG signals using machine learning. *Applied Sciences, 11*(2), 618. https://doi.org/10.3390/app11020618

Liang, Y., Elgendi, M., Chen, Z., & Ward, R. (2018). An optimal filter for short photoplethysmogram signals. *Scientific Data, 5*, 180076. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.76

Monte-Moreno, E. (2011). Non-invasive estimate of blood glucose and blood pressure from a photoplethysmograph by means of machine learning techniques. *Artificial Intelligence in Medicine, 53*(2), 127–138. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2011.05.001

Susana, E., & Ramli, K. (2021). Review of non-invasive blood glucose level estimation based on photoplethysmography and artificial intelligent technology. In *2021 17th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering* (pp. 158–163). IEEE. https://doi.org/10.1109/QIR54354.2021.9716164

Tang, L., Chang, S. J., Chen, C. J., & Liu, J. T. (2020). Non-invasive blood glucose monitoring technology: A review. *Sensors, 20*(23), 6925. https://doi.org/10.3390/s20236925

Zhang, G., Mei, Z., Zhang, Y., Ma, X., Lo, B., Chen, D., & Zhang, Y. (2020). A noninvasive blood glucose monitoring system based on smartphone PPG signal processing and machine learning. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 16*(11), 7209–7218. https://doi.org/10.1109/TII.2020.2975222

SOĞUK ÇEKİM ORANI VE FİLAMENT ÇAPININ ÇELİK LASTİK KORDU FİLAMENTLERİNİN EĞİLME YORULMASINA ETKİSİ: 0,25HT VE 0,20HT KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Prof.Dr., Hayrettin AHLATCI

Karabük Üniversitesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği, hahlatci@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6766-4974

Özet

Bu çalışmada, otomobil lastiklerinde takviye elemanı olarak kullanılan yüksek karbonlu çelik kord filamentlerinin eğilme yorulması davranışı, Tablo 1'de verilen 0,25HT ve 0,20HT kaliteleri esas alınarak karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiştir. Her iki filamentin ortalama kimyasal bileşimi aynı olup yaklaşık %0.83 C, %0.53 Mn ve %0.22 Si içermektedir; temel farklılık filament çapı ve soğuk çekim deformasyonudur. 0,25HT filamentinin çekim öncesi çapı 1.35 mm ve çekim deformasyonu %3.37 iken, 0.20HT filamentinde bu değerler sırasıyla 1.26 mm ve %3.68'dir. İncelenen özgün çalışmada filamentler oda sıcaklığında, tam tersinir çevrim koşulunda ($R = -1$) özel tasarlanmış saf eğme yorulma düzeneğinde test edilmiş; değişken elastik birim şekil değiştirme seviyelerinde kırılmaya veya 10^6 çevrime ulaşıncaya kadar yüklenmiştir. 10^6 çevrimi aşan numuneler bu çalışma kapsamında sonsuz ömürlü kabul edilmiştir. Kaynak makalede bildirilen genel eğilim, çekim deformasyonu arttıkça sertliğin ve yorulma deformasyon sınırının yükselmesi, daha ince kesitli filamentlerin aynı deformasyon seviyesinde daha uzun yorulma ömrü göstermesidir. Mikroyapı gözlemleri, soğuk çekim doğrultusunda uzamış lifsi perlitik yapı ile uyumludur. Kırık yüzeylerinde yorulma ilerleme bölgesini temsil eden görece düz alan ve son hızlı kırılmaya karşılık gelen eğik alan ayırt edilmiştir. Bu bildiri, yalnızca 0.25HT ve 0.20HT kalitelerine odaklanarak çap azaltımı ve artan çekim deformasyonunun yorulma performansıyla ilişkisini özetlemektedir. Kaynakta grafikler üzerinden sunulan değerler dışında sayısal yorulma sınırları türetilmemiş; değerlendirme, raporlanan karşılaştırmalı eğilimlerle sınırlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik kord filamenti, Saf eğme yorulması, Soğuk çekim, Filament çapı, Yüksek karbonlu çelik,

THE EFFECT OF COLD-DRAWING RATIO AND FILAMENT DIAMETER ON THE BENDING FATIGUE OF STEEL TIRE CORD FILAMENTS: A COMPARISON OF 0.25HT AND 0.20HT GRADES

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI1

1 Karabük University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, hahlatci@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6766-4974

Abstract

In this study, the bending fatigue behavior of high-carbon steel cord filaments—used as reinforcement elements in automotive tires—is evaluated and compared based on the 0.25HT and 0.20HT grades presented in Table 1. Both filaments share the same average chemical composition, containing approximately 0.83% C, 0.53% Mn, and 0.22% Si; the primary differences lie in their filament diameters and the degree of cold-drawing deformation. For the 0.25HT filament, the pre-drawing diameter is 1.35 mm with a drawing deformation of 3.37%, whereas for the 0.20HT filament, these values are 1.26 mm and 3.68%, respectively. In the original study examined, the filaments were tested at room temperature under fully reversed cyclic conditions ($R = -1$) using a specially designed pure-bending fatigue apparatus. They were subjected to loading at varying elastic strain levels until either fracture occurred or 10^6 cycles were reached. Samples that exceeded 10^6 cycles were considered to have an "infinite life" within the scope of this study. The general trend reported in the source article is that both hardness and the fatigue deformation limit increase with greater drawing deformation, and that filaments with smaller cross-sections exhibit a longer fatigue life at the same level of deformation. Microstructural observations reveal a fibrous pearlitic structure elongated in the direction of cold drawing. On the fracture surfaces, a relatively flat region—representing the fatigue crack propagation zone—can be distinguished from an inclined region corresponding to the final, rapid fracture. This summary focuses exclusively on the 0.25HT and 0.20HT grades, outlining the relationship between diameter reduction, increased drawing deformation, and fatigue performance. No numerical fatigue limits were derived beyond the values presented in the source's graphs; the assessment is limited to the comparative trends reported.

Keywords: Steel cord filament, Pure bending fatigue, Cold drawing, Filament diameter, High-carbon steel.

GİRİŞ

Çelik kord filamentleri, lastik içerisinde takviye görevi üstlenen ve kullanım sırasında tekrarlı gerilme/şekil değiştirmeye maruz kalan ince kesitli yüksek karbonlu çelik tellerdir. Yorulma çatlaklarının başlaması ve ilerlemesi, filament kopmasına ve dolayısıyla kord performansının azalmasına neden olabilir. Bu nedenle filament çapı, soğuk çekim koşulları, mikroyapı ve mekanik özellikler yorulma davranışını birlikte etkileyen başlıca değişkenlerdir [1–4].

Soğuk çekim, kesit alanını azaltırken perlitik yapıyı çekim doğrultusunda uzatır ve sertliği artırır. Bununla birlikte, yüksek dayanımın lastik kordlarında daha ince filamentlerin kullanılmasına imkân vermesi; ağırlık, malzeme tüketimi ve yuvarlanma direnci açısından önem taşır. Bu bildirinin amacı, yalnızca 0,25HT ve 0,20HT filamentlerini ele alarak kimyasal bileşim, çekim deformasyonu, deney yöntemi ve bildirilen yorulma eğilimlerini incelemektir.

1. MALZEME VE DENEY YÖNTEMİ

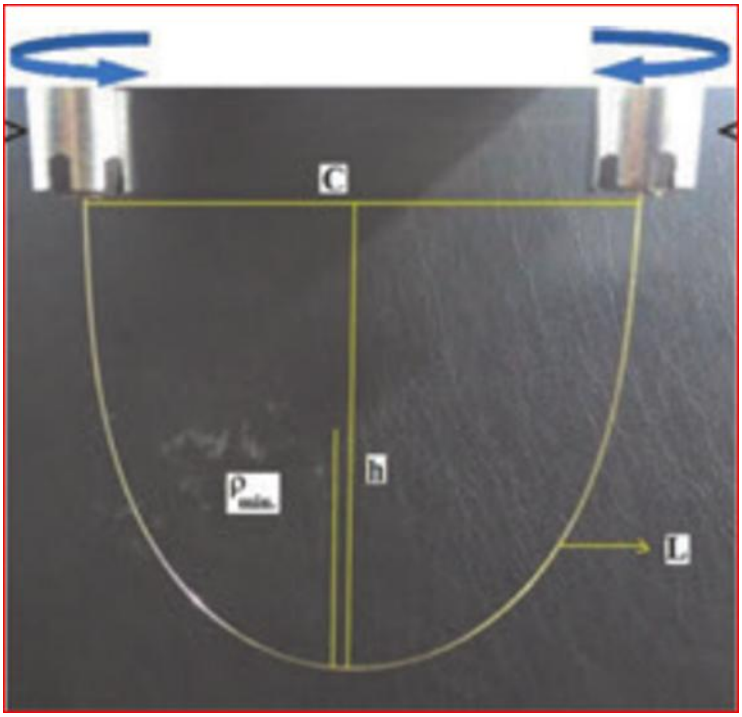
Çalışmada kullanılan 0.25HT ve 0.20HT çelik kord filamentleri Bekaert İzmit Çelik Kord Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Her iki kalite için bildirilen ortalama kimyasal bileşim (Tablo 1) aynıdır. Kalite kodundaki sayılar nihai filament çapını (mm), "HT" ise kalite sınıfını ifade etmektedir.

Tablo 1. Aşınma test sonuçları.

Kalite	**C (ağ. %)**	**Mn (ağ. %)**	**Si (ağ. %)**	**P (ağ. %)**	**S (ağ. %)**	**Çekim öncesi çap (mm)**	**Çekim deformasyonu (%)**
0.25HT	0,83	0,53	0,22	0,020	0,015	1,35	3,37
0.20HT	0,83	0,53	0,22	0,020	0,015	1,26	3,68

1.1. Saf Eğme Yorulma Deneyi

Yorulma deneyleri oda sıcaklığında ve ortam havasında, $R = \varepsilon_{min}/\varepsilon_{max} = -1$ tam tersinir deformasyon koşulunda yürütülmüştür. Filamentler, plastik deformasyondan kaçınmak amacıyla elastik bölgede tekrarlı eğilmeye tabi tutulmuştur. Numune uzunluğu L ve minimum eğilme yarıçapı ρ_{min}, sıkıştırma uçları arasındaki C mesafesine göre sırasıyla 2.19C ve 0.417C olarak tanımlanmıştır. Uygulanan alternatif elastik birim şekil değiştirme aralığı %1.07–%0.39'dur. Deneyler filament kırılana veya 10^6 çevrime ulaşana kadar sürdürülmüş; 10^6 çevrimi geçen numuneler sonsuz ömürlü kabul edilmiştir.



Şekil 1. Saf eğme yorulma deneyinde filamentin döner tutucular arasına yerleştirilmesi ve numune geometrisinin şematik gösterimi.

1.2. Mikroyapı ve Sertlik İncelemesi

Metalografik inceleme için filamentler bakalit içerisine, boyuna kesitleri çekim doğrultusunu gösterecek şekilde yerleştirilmiştir. Numuneler 1000 ve 3000 grit zımpara ile taşlanmış, elmas aşındırıcı ile parlatılmış ve %4 nital ile dağlanmıştır. Mikroyapılar SEM ile incelenmiş; parlatılmış yüzeylerde HV3 ölçeğinde beş tekrarlı mikrosertlik ölçümü yapılmıştır. Kırık yüzeyleri de çatlak ilerleme ve son kırılma bölgelerini değerlendirmek üzere SEM ile incelenmiştir.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, çekim deformasyonundaki artışla sertliğin yükseldiği (Tablo 1) ve yorulma deformasyon sınırının arttığı gözlenmiştir. 0.20HT kalite, 0.25HT'ye göre daha küçük nihai çapa ve daha yüksek çekim deformasyonuna sahiptir. Bu iki değişken birlikte değiştiği için, gözlenen fark yalnızca çapın veya yalnızca çekim deformasyonunun bağımsız etkisi olarak yorumlanmamalıdır.

Tablo 1. Yapı analiz sonuçları.

Karşılaştırma ölçütü	**0.25HT**	**0.20HT**	**Karşılaştırmalı yorum**
Nihai filament çapı (mm)	0.25	0.20	0,20HT daha ince kesitlidir.
Çekim öncesi çap (mm)	1.35	1.26	Kaynak Tablo 1'de verilen değerler.
Çekim deformasyonu (%)	3.37	3.68	0,20HT için deformasyon daha yüksektir.
Kimyasal bileşim	Aynı	Aynı	C, Mn, Si, P ve S değerleri eşittir.
Sertlik eğilimi (HV3)	775	809	Sertlik çekim deformasyonuyla artmıştır.

2.1. Mikroyapısal Değerlendirme

Mikroyapı gözlemlerinde soğuk çekim doğrultusunda uzamış, lifsi bir yapı tanımlanmıştır. Bu görünüm, yüksek karbonlu perlitik çelikte ferrit ve sementit lamellerinin çekimle uzaması ve incelmesiyle ilişkilidir. Sementit hacimce daha düşük oranda bulunsa da perlitik yapının güçlenmesinde önemli rol oynar; bu nedenle lamel morfolojisi ve dağılımı mekanik özellikler açısından önemlidir.

2.2. Yorulma Ömrü ve Deformasyon Sınırı

S–N eğrilerinde belirli bir alternatif deformasyon seviyesinde çevrim sayısı arttıkça yorulma hasarının ilerlediği (Tablo 2) görülmektedir. Burada daha ince kesitli ve daha yüksek çekim deformasyonlu filament, 0,25HT'ye kıyasla daha yüksek yorulma ömrü ve yorulma deformasyon sınırı sunmaktadır. Yorulma sınırı, 10^6 çevrim koşuluna ulaşan numuneler için uygulanan elastik birim şekil değiştirme düzeyi üzerinden tanımlanmıştır.

Tablo 2. Yorulma test sonuçları.

Gözlem	**0.25HT**	**0.20HT**
Yorulma deformasyon sınırı (%)	0.387	0.475
Filament kesiti	Daha ince kesitli filamentin yorulma ömrü daha yüksektir.	Çap etkisi, çekim deformasyonundan bağımsız ele alınamaz.
Kırık yüzeyi	Düz ilerleme bölgesi ve eğik hızlı kırılma bölgesi.	Yorulma çatlağı yüzeyden merkeze ilerleyip son bölgede hızlı kırılmayla tamamlanır.

2.3. Kırılma Mekanizması

Kırık yüzeyi incelemeleri, yorulma kırılmasının iki belirgin bölgeye ayrıldığını göstermektedir. Çekim eksenine yaklaşık dik ve görece düz olan bölge, çatlağın yorulma etkisiyle ilerlediği alan olarak değerlendirilmiştir. Eğik yönlenmiş bölge ise kalan kesitin hızlı kırılmasıyla ilişkilendirilmiştir. Çatlağın yüzeyden başlayarak numune

merkezine doğru ilerlediği ve son hızlı kırılma bölgesinin eğik bir yüzeyle sonlandığı bildirilmiştir. Ayrıca deformasyon arttıkça düz yorulma ilerleme bölgesinin genişlediği belirtilmiştir. Bu morfoloji, filamentin yalnızca çekme dayanımıyla değil, çevrimsel eğilme altındaki çatlak başlatma ve ilerleme davranışıyla da değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 0,25HT ve 0,20HT çelik kord filamentlerinin özellikleri karşılaştırılmıştır.

- Her iki kalite aynı ortalama kimyasal bileşime sahiptir; temel farklılık nihai çap ve çekim deformasyonudur. 0.20HT filamentinin çapı 0,20 mm ve çekim deformasyonu %3,68; 0,25HT filamentinin çapı 0,25 mm ve çekim deformasyonu %3,37'dir.
- Çekim deformasyonunun artmasıyla sertlik ve yorulma deformasyon sınırının yükseldiği gözlenmiştir.
- Daha ince filamentin daha yüksek yorulma ömrü sunması, kord tasarımında kesit azalımının ve dayanımın birlikte ele alınmasının önemini göstermektedir.
- Kırık yüzeylerindeki düz ilerleme alanı ile eğik hızlı kırılma alanı, yorulma çatlağı ilerlemesi ve son kırılma aşamalarını ayırt etmeye yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Koymatcik, H., Ahlatci, H. (2018). Effect of drawing strain on fatigue behavior of steel tire cord filaments. Materials Testing, 60(12), 1171–1174. https://doi.org/10.3139/120.111267.

[2] Langford, G. (1977). Deformation of pearlite. Metallurgical Transactions A, 8(6), 861–875. https://doi.org/10.1007/BF02661567.

[3] Langford, G. (1970). A study of the deformation of patented steel wire. Metallurgical Transactions A, 1(2), 465–477. https://doi.org/10.1007/BF02811557.

[4] Sunwoo, H., Fine, M. E., Meshii, M., Stone, D. H. (1982). Cyclic deformation of pearlitic eutectoid rail steel. Metallurgical Transactions A, 13, 2035–2046. https://doi.org/10.1007/BF02645949.

HOMOJENLEŞTİRME VE TERMOMEKANİK İŞLEMLERİNİN AL5083 ALAŞIMININ AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Prof.Dr., Hayrettin AHLATCI1

1Karabük Üniversitesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği, hahlatci@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6766-4974

Özet

Bu çalışmada, 5083 Al alüminyum alaşımının homojenleştirme ve termo-mekanik işlem sonrasında kuru ve korozif ortamdaki aşınma davranışı değerlendirilmiştir. Aşınma deneyleri karşılıklı doğrusal hareketli düzende, 20 N normal yük, 0.034 m/s kayma hızı ve 400 m toplam kayma mesafesi koşullarında yürütülmüş; ölçümler 100 m aralıklarla alınmıştır. Aşındırıcı eleman olarak 55 HRC sertliğinde ve 6 mm çapında AISI 52100 çelik bilye kullanılmıştır. Korozif deney ortamı %3.5 NaCl çözeltisidir. Deney sonuçları, korozif ortamda özgül aşınma katsayısının kuru ortama göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Aşınma katsayıları grafikten yaklaşık okunduğunda, kuru ortamda homojenleştirme ve termo-mekanik işlem koşulları için sırasıyla yaklaşık 17 ve 32 $\times 10^{-7}$ g/(N·m) değerleri elde edilmektedir. Korozif ortamda aynı koşullar için değerler yaklaşık 85 ve 69 $\times 10^{-7}$ g/(N·m) düzeyindedir. Bu değerler grafik üzerinden yapılan yaklaşık okumalar olup kesin ölçüm değerleri olarak değerlendirilmemelidir. Homojenleştirme ve termo-mekanik işlemleri sertliği artırmasına rağmen aşınma direncinde her koşulda iyileşme sağlamamıştır. Kuru ortamda aşınmış yüzeylerde plastik akış, derin oluklar ve yerel kopmalar gözlenmiştir. Korozif ortamda ise mekanik aşındırmaya ek olarak klorür içeren çözeltinin yüzeydeki koruyucu tabakayı bozması ve yerel korozyonu desteklemesi, toplam malzeme kaybını artırmaktadır. Bu nedenle aşınma performansının yalnızca sertlik veya sürtünme katsayısı üzerinden değerlendirilmemesi, özgül aşınma katsayısı ve yüzey hasarıyla birlikte ele alınması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Al5083, aşınma, korozif aşınma, homojenleştirme ve termo-mekanik işlem, NaCl.

THE EFFECT OF HOMOGENIZATION AND THERMOMECHANICAL PROCESSING ON THE WEAR BEHAVIOR OF AL5083 ALLOY

Prof. Dr. Hayrettin AHLATCI1

1 Karabük University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, hahlatci@karabuk.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-6766-4974

Abstract

In this study, the wear behavior of the Al5083 aluminum alloy in both dry and corrosive environments was evaluated following homogenization and thermomechanical processing. Wear tests were conducted using a reciprocating linear motion setup under a normal load of 20 N, a sliding speed of 0.034 m/s, and a total sliding distance of 400 m; measurements were recorded at 100 m intervals. An AISI 52100 steel ball with a hardness of 55 HRC and a diameter of 6 mm was used as the counter-body. A 3.5% NaCl solution served as the corrosive test environment. The results indicate that the specific wear coefficient is higher in the corrosive environment compared to the dry environment. Based on approximate readings from the graphs, the specific wear coefficients for the homogenized and thermomechanical-processed conditions are approximately 17 and 32 × 10^{-7} g/(N·m) in the dry environment, respectively. In the corrosive environment, the corresponding values are approximately 85 and 69 × 10^{-7} g/(N·m). These figures are approximate values derived from the graphs and should not be considered as precise measurements. Although homogenization and thermomechanical processing increase hardness, they do not necessarily result in improved wear resistance under all conditions. In a dry environment, worn surfaces exhibit plastic flow, deep grooves, and localized material detachment. In a corrosive environment, in addition to mechanical wear, the chloride-containing solution disrupts the protective surface layer and promotes localized corrosion, thereby increasing the total material loss. Consequently, wear performance should not be evaluated solely based on hardness or the coefficient of friction; rather, it must be assessed by considering the specific wear coefficient alongside the extent of surface damage.

Keywords: Al5083, wear, corrosive wear, homogenization and thermo-mechanical processing, NaCl.

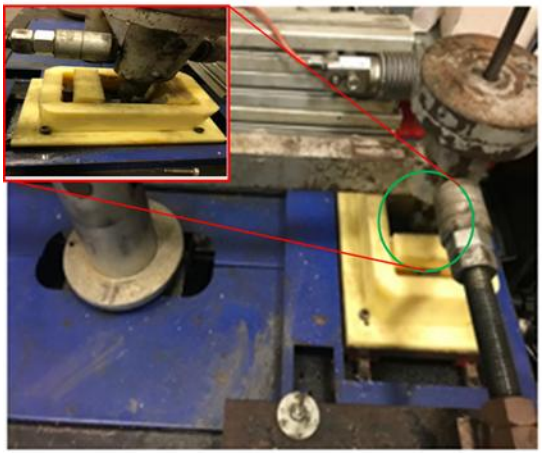
GİRİŞ

Al5083 alaşımı, denizcilik ve taşıt uygulamalarında kullanılan Al-Mg alaşımlarındandır. Gerçek çalışma koşullarında aşınma, çevresel korozyonla birlikte ilerleyebilir; böylece malzeme kaybı yalnızca mekanik sürtünmeden değil, oksit filminin bozulması ve yerel korozyon süreçlerinden de etkilenir [1,2]. Önceki çalışmalar, 5083 alaşımının serbest korozyon koşullarındaki aşınma davranışının yük, yüzey durumu ve korozif ortamla ilişkili olduğunu göstermektedir [2]. Bu çalışmada Al5083 alaşımının aşınma davranışına homojenleştirme ve ve termo-mekanik yaşlandırma ısıl işlemine etkisi değerlendirilmiştir.

1. MALZEME VE DENEY YÖNTEMİ

Çalışmada 5083 Al numunelerine homojenleştirme ve termo-mekanik yaşlandırma işlemleri uygulanmıştır. Homojenleştirme işlemi, 500 °C'de 24 saat homojenleştirmeyi içsrir. Termo-mekanik yaşlandırma işleminde çözeltiye alma sonrasında kalınlık 6 mm'den 2.18 mm'ye dört soğuk haddeleme pasosunda toplam %100 deformasyonla düşürülmüş, ardından 530 °C'de 2 saat çözeltiye alma ve 150 °C'de yaşlandırma uygulanmıştır. Termo-mekanik yaşlandırma işlemi için tepe sertlik süresi 24 saattir.

Karşılıklı doğrusal hareketli aşınma deneyleri kuru ortamda ve %3.5 NaCl çözeltisinde gerçekleştirilmiştir. Deney parametreleri sabit 20 N yük, 0.034 m/s kayma hızı, 400 m toplam kayma mesafesi ve 100 m ölçüm aralığıdır. Aşındırıcı uç olarak 55 HRC sertliğinde, 6 mm çapında AISI 52100 çelik bilye kullanılmıştır. Çalışmada özgül aşınma katsayısı birimi g/(N·m) olarak verilmiştir.



Şekil 1. İleri-geri aşınma test cihazı.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

%3Mg, % 0.42Mn, %0.31Fe, %0.32Si, %0.27Cu içeren 5083 Al alaşımlarının kuru ortam ve %3.5 NaCl ortamındaki özgül aşınma katsayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışmanıza ilişkin bulguları bu kısma yazınız. Eğer çalışmanızda tablo ve şekil kullanacaksanız aşağıda verilen örneklere göre düzenleyiniz.

Tablo 1. Aşınma test sonuçları.

İşlem	**Homojenleştirilmiş**	**Termomekanik Yaşlandırılmış**
Kuru ortam özgül aşınma katsayısı g/(N·m) (10^{-7})	17	32
%3.5 NaCl ortamında özgül aşınma katsayısı (g/(N·m)) (10^{-7})	85	69

İncelenen A15083 alaşımlarının, kuru ve korozif ortamlarda gerçekleştirilen aşınma testleri sonrasındaki özgül aşınma katsayıları, kuru ortamdakilerden daha yüksektir. Bu durum, uygulanan termo-mekanik yaşlandırma sonucunda tane sınırları boyunca yeniden kristalleşmiş tanelerden oluşması ve yine tane sınırları boyunca dislokasyon yoğunluğunun artması ile açıklanabilir [3]. Bunun yanı sıra, Al-Mg alaşımlarında bulunan ve aşırı sertliği ile kırılganlığı nedeniyle mekanik özellikleri olumsuz etkileyen Mg17Al12 fazı, tehlikeli bir bileşik olarak kabul edilir [4]. Üçüncü bir alaşım elementinin (Pb, Ti, Cr, nadir toprak elementleri vb.) eklenmesi, Mg17Al12 fazının mekanik özellikler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için kullanılan en etkili stratejilerden biridir [4]. Korozif aşınma testleri sırasında %3,5'lik NaCl çözeltisinde oluşan korozyon ürünleri, aşınma kaybında ilave bir artışa yol açmıştır.

Uygulanan ısıl işlemleri sertliği artırmasına rağmen aşınma direncini iyileştirmemiştir. Kuru ortamda bu koşullara ait aşınmış yüzeylerde yoğun plastik akış, derin oluklar ve yerel kopma hasarları gözlenmiştir. Bu hasarlar, malzeme yüzeyinde tekrarlanan temasın ve deformasyonun etkisini göstermektedir. Korozif ortamda ise aşındırıcı temasın yanı sıra klorür iyonlarının koruyucu oksit tabakasını bozması ve çukurcuklanma oluşturması, birleşik aşınma-korozyon mekanizmasını meydana getirir [5-7].

Çalışmada sürtünme katsayısının korozif ortamda kuru ortama göre daha düşük olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte düşük sürtünme katsayısı daha düşük malzeme kaybı anlamına gelmemektedir: özgül aşınma katsayısı grafiğinde korozif ortam değerleri daha yüksektir. Bu nedenle aşınma davranışı yalnızca sürtünme katsayısı (Tablo 2) ile değil, malzeme kaybı ve aşınmış yüzey morfolojisiyle birlikte değerlendirilmelidir.

Tablo 2. Sürtünme katsayısı sonuçları

İşlem	**Homojenleştirilmiş**	**Termomekanik Yaşlandırılmış**
Kuru ortam sürtünme katsayısı	0.12	0.17
%3,5 NaCl ortamında sürtünme katsayısı	0.14	0.13

4. SONUÇLAR

1. Çalışmada 5083 Al alaşımının korozif ortamdaki özgül aşınma katsayıları kuru ortamdakilerden daha yüksek bulunmuştur.

2. Kuru ortam aşınma değerleri homojenleştirilmiş ve termomekanik olarak yaşlandırılmış numuneler için sırasıyla yaklaşık 17 ve 32 $\times 10^{-7}$ g/(N·m); korozif ortam değerleri ise yaklaşık 85 ve 69 $\times 10^{-7}$ g/(N·m) düzeyindedir.

3. Termomekanik işlemin sertliği artırabilmesine rağmen aşınma direncini iyileştirmediği gözlenmiştir. Bu duruma, kuru ortamda derin oluklar, plastik akış ve yerel kopma gibi hasarlar yol açabilir. Korozif aşınma sonuçları, mekanik aşındırma ile korozyonun birleşik etkisiyle açıklanabilir; bu nedenle sürtünme katsayısının azalması tek başına aşınma kaybının azaldığını göstermemektedir.

KAYNAKLAR

[1] G. Meyer-Rodenbeck, T. Hurd, and A. Ball, "On the abrasive-corrosive wear of aluminium alloys," Wear, 154(2), 305–317, 1992. doi:10.1016/0043-1648(92)90161-Z.

[2] C. N. Panagopoulos and E. P. Georgiou, "Wear behaviour of 5083 wrought aluminium alloy under free corrosion conditions," Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces, 1(3), 161–164, 2007. doi:10.1179/175158408X276259.

[3] Medine Kilinc, "Effect Of Thermomechanic Heat Treatment On Mechanical Properties Of 5083 Quality Alloy," M. Sc. Thesis, Karabuk University, Institute of Graduate Programs, 2021.

[4] S. C. Kurnaz, H. Sevik, S. Açıkgöz, and A. Özel, "Influence of titanium and chromium addition on the microstructure and mechanical properties of squeeze cast Mg–6Al alloy," Journal of Alloys and Compounds, vol. 509, no. 6, pp. 3190–3196, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.jallcom.2010.12.055.

[5] M. M. Khrushchev and M. A. Babichev, Resistance to Abrasive Wear and the Hardness of Metals. U.S. Atomic Energy Commission, Technical Information Service, 1953.

[6] N. J. Henry Holroyd and G. M. Scamans, "Environmental Degradation of Marine Aluminum Alloys—Past, Present, and Future," Corrosion, 72(2), 136–143, 2015. doi:10.5006/1927.

[7] G. Yi, B. Sun, J. D. Poplawsky, Y. Zhu, and M. L. Free, "Investigation of pre-existing particles in Al 5083 alloys," Journal of Alloys and Compounds, 740, 461–469, 2018. doi:10.1016/j.jallcom.2017.12.329.

SİSMOLOJİK VERİLER IŞIĞINDA TÜRKİYE'NİN GÜNCEL DEPREMSELLİĞİ VE DEPREM TEHLİKESİNE BAKIŞ

Prof. Dr. Onur TAN [1] / Dr. Öğr. Üyesi Özlem KARAGÖZ[2]

[1] İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeofizik Müh. Böl., İstanbul, onur.tan@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5395-8349

[2] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fak., Jeofizik Müh. Böl., Çanakkale, ozlemkaragoz@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5275-2197

Özet

Türkiye, farklı tektonik levhaların etkileşiminde gelişen karmaşık deformasyon süreçleri nedeniyle dünyanın sismik açıdan en aktif bölgelerinden birinde yer almaktadır. Bölgenin tektonik yapısı, doğrultu atımlı faylanma, kıtasal çarpışma, dalma-batma ve kabuksal genişleme süreçlerinin birlikte etkili olduğu çok sayıda aktif fay sistemiyle karakterize edilmektedir. Bu sistemler üzerinde meydana gelen orta ve büyük ölçekli depremler, kabuktaki gerilme birikimi ve aktarımının yanı sıra faylar arasındaki etkileşimlerin anlaşılması açısından önemli bilgiler sağlamaktadır.

Son yıllarda meydana gelen yıkıcı depremler, fay kırılmalarının karmaşık geometriler boyunca ilerleyebildiğini, gerilme değişimlerinin komşu fay sistemlerini etkileyebildiğini ve büyük depremlerin geniş alanlarda kabuksal deformasyona neden olabildiğini ortaya koymuştur. Deprem odaklarının yüksek çözünürlüklü yöntemlerle yeniden konumlandırılması, artçı deprem dağılımlarının incelenmesi ve odak mekanizması çözümleri, aktif fayların geometrilerinin ve sismotektonik özelliklerinin belirlenmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, deprem kaynak özellikleri, kırılma yayılımı ve yerel zemin koşullarının birlikte değerlendirilmesi, yer hareketlerinin ve olası yapısal hasarların açıklanmasında kritik öneme sahiptir.

Türkiye'nin güncel depremselliğinin nicel olarak değerlendirilmesinde, farklı büyüklük ölçeklerinin ortak bir moment büyüklüğü ölçeğine dönüştürüldüğü homojen deprem katalogları temel veri kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu kapsamda sismolojik tabanlı detaylı istatistiksel analizlerle geliştirilen ortogonal regresyon ilişkileri kullanılarak Türkiye geneli ve bölgesel ölçekte farklı homojenleştirilmiş deprem katalogları oluşturulmuştur. Deprem tehlike analizlerinin temel girdisi olan Gutenberg–Richter frekans–büyüklük ilişkisinden elde edilen b-değeri belirlenmesinde ve deprem tekrarlama periyodu analizinde bu tip katalogların kullanılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Sismik Tehlike, Türkiye

AN OVERVIEW OF CURRENT SEISMICITY AND SEISMIC HAZARD OF TÜRKİYE IN THE LIGHT OF SEISMOLOGICAL DATA

Prof. Dr. Onur TAN [1] / Asst. Prof . Dr. Özlem KARAGÖZ[2]

[1] İstanbul University - Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Geophysical Eng. Dept., İstanbul, onur.tan@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5395-8349

[2] Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Geophysical Eng. Dept, Çanakkale, ozlemkaragoz@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5275-2197

Abstract

Türkiye is located in one of the most seismically active regions on Earth due to complex deformation processes resulting from the interaction of different tectonic plates. The region's tectonic structure is characterized by numerous active fault systems where strike-slip faulting, continental collision, subduction, and crustal extension occur simultaneously. Moderate and large earthquakes occurring along these fault systems provide important information for understanding stress accumulation and transfer within the crust, as well as interactions among faults.

Devastating earthquakes in recent years have shown that fault ruptures can propagate along complex geometries, stress changes can affect neighboring fault systems, and large earthquakes can cause crustal deformation over extensive areas. The relocation of earthquake hypocenters using high-resolution methods, investigation of aftershock distributions, and focal mechanism solutions make significant contributions to determining the geometries and seismotectonic characteristics of active faults. Furthermore, the joint evaluation of earthquake source characteristics, rupture propagation, and local soil conditions is critically important for explaining ground motions and potential structural damage.

Homogeneous earthquake catalogs, which convert different magnitude scales to a common moment magnitude scale, are fundamental data sources for quantitatively evaluating current seismicity in Türkiye. In this context, different homogenized earthquake catalogs have been developed at national and regional scales across Türkiye using orthogonal regression relationships established through detailed seismologically based statistical analyses. Such catalogs should be used to determine the b-value derived from the Gutenberg–Richter frequency–magnitude relationship and earthquake recurrence period analyses, which is a fundamental input for seismic hazard analyses.

Keywords: Earthquake, Seismic Hazard, Türkiye

ERİTİLMİŞ FİLAMENT ÜRETİMİ İLE ÜRETİLEN 316L PASLANMAZ ÇELİĞİN TERMOGRAVİMETRİ KONTROLLÜ ISIL İŞLEMİ

Metalurji ve Malzeme Mühendisi, Fırat ÇETİNKAYA [1]/ Doçent, Mustafa Güven GÖK [2]

[1]Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği cetinkayafirat548@gmail.com, 0009-0004-7580-860X

[2]Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, mggok@gantep.edu.tr, 0000-0002-5959-0549

Özet

Bu çalışma, eş merkezli (konsantrik) dolgu stratejisi kullanılarak, eriyik filament biriktirme (FFF) yöntemiyle üretilen 316L paslanmaz çeliğin termogravimetri destekli ısıl işlem sürecini, yoğunlaştırma aşamalarını ve mikroyapısal özelliklerini incelemektedir. Hammadde olarak ticari BASF Ultrafuse 316L metal-polimer filamenti kullanılmıştır. Temel termal geçişleri ve bağlayıcı bozunma bölgelerini belirlemek amacıyla 600 °C'ye kadar termogravimetrik ve diferansiyel termal analizler gerçekleştirilmiştir. Termogravimetrik (TG) eğrisi, yaklaşık 220-230 °C'ye kadar sınırlı bir kütle değişimi göstermiş; ardından bağlayıcıdan kaynaklanan belirgin bir kütle kaybı yaşanmış ve 600 °C'de toplam kütle kaybı yaklaşık %10-11 seviyesine ulaşmıştır. Termal analiz sonuçları ve ön fırın denemeleri temel alınarak, kademeli bir ısıl bağlayıcı uzaklaştırma (debinding) süreci geliştirilmiştir. İlk aşamada hava ortamında 310 °C'ye kadar ön bağlayıcı uzaklaştırma işlemi yapılmış, ardından Ar–%2H2 atmosferi altında kontrollü bir ısıl çevrim uygulanmıştır; bu çevrimin 310-590 °C aralığı, bağlayıcı uzaklaştırma sürecini tamamlayıcı bir aşama işlevi görmüştür. Nihai yoğunlaştırma işlemi ise 1360 °C sıcaklıkta 150 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Arşimet prensibine göre yapılan ölçümlerde, sinterlenmiş numunelerin bağıl yoğunluğunun %92,32 olduğu tespit edilmiştir. Optik mikroskopi incelemeleri, sürekli bir sinterlenmiş metalik matrisin yanı sıra, ekstrüzyon tabanlı üretim yönteminden kaynaklanan, uzamış ve düzensiz biçimli kalıntı gözeneklerin varlığını ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, termogravimetrik analizin, metal FFF yöntemiyle üretilen 316L parçalar için ısıl işlem programının tasarlanmasında faydalı bir temel oluşturduğunu göstermekte ve sinterleme sonrasında dahi, takım yoluyla ilişkili kalıntı gözenekliliğin varlığını sürdürdüğüne dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: 316L paslanmaz çelik; Erimiş Filament İmalatı; Malzeme Ekstrüzyonu

THERMOGRAVIMETRY-GUIDED THERMAL PROCESSING OF 316L STAINLESS STEEL PRODUCED BY FUSED FILAMENT FABRICATION

Metalurgical and Materials Engineer, Fırat ÇETİNKAYA [1]/ Associate Professor, Mustafa Güven GÖK [2]

[1]Gaziantep University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Materials Science and Engineering, cetinkayafirat548@gmail.com, 0009-0004-7580-860X

[2]Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, mggok@gantep.edu.tr, 0000-0002-5959-0549

Abstract

This study investigates thermogravimetry-guided thermal processing, densification, and microstructural characteristics of 316L stainless steel produced by fused filament fabrication (FFF) using a concentric infill strategy. Commercial BASF Ultrafuse 316L metal-polymer filament was used as the feedstock. Thermogravimetric and differential thermal analyzes were performed up to 600 °C to identify the main thermal transitions and binder-decomposition regions. The TG curve showed limited mass variation up to approximately 220-230 °C, followed by pronounced binder-related mass loss, resulting in a total mass loss of approximately 10-11% at 600 °C. Based on the thermal-analysis results and preliminary furnace trials, a staged thermal debinding route was developed. Preliminary debinding was performed up to 310 °C in air, followed by a controlled-atmosphere thermal cycle under Ar–2%H2, in which the 310-590 °C interval served as a complementary binder-removal stage. Final densification was carried out at 1360 °C for 150 min. The sintered specimens exhibited a relative density of 92.32% based on Archimedes measurements. Optical microscopy revealed a continuous sintered metallic matrix together with residual elongated and irregular pores associated with the extrusion-based processing route. The results demonstrate that thermogravimetric analysis provides a useful basis for designing the thermal-processing schedule of metal-FFF 316L and highlight the persistence of toolpath-related residual porosity after sintering.

Keywords: 316L stainless steel; Fused Filament Fabrication; Material Extrusion

INTRODUCTION

Additive manufacturing of metallic components is commonly associated with energy-intensive processes such as laser powder bed fusion and directed energy deposition. Material extrusion (MEX), including metal fused filament fabrication (metal-FFF), provides an alternative route in which metal powders are incorporated into a polymeric binder system and processed in filament form using extrusion-based equipment. The as-printed green component subsequently undergoes binder removal and sintering to obtain a predominantly metallic structure. This process architecture reduces the complexity of the printing stage and enables the use of comparatively accessible extrusion equipment, although the final properties remain highly dependent on both printing and post-processing conditions (Thompson et al., 2019). Thompson et al. demonstrated the feasibility of producing 316L stainless steel by FFF followed by debinding and sintering, achieving densities above 95% under optimized processing conditions. Sadaf et al. similarly obtained approximately 91-93% relative density through thermal debinding and high-temperature sintering of a highly filled 316L feedstock.

Unlike fusion-based metal additive manufacturing, densification in metal-FFF occurs primarily during the post-printing thermal treatment. Consequently, debinding and sintering are not secondary operations but critical stages of the manufacturing process. Binder removal must generate sufficient transport paths for gaseous degradation products while maintaining the geometric integrity of the powder compact. Improper thermal schedules can promote distortion, cracking, blistering or structural collapse. The subsequent sintering stage determines particle bonding, pore evolution, grain development and final density. Wagner et al. showed that the microstructure of filament-extruded 316L is highly sensitive to sintering temperature, atmosphere and cooling conditions. High-temperature sintering near 1350 °C under a reducing atmosphere produced substantial densification and properties approaching those of conventional bulk material (Wagner et al., 2022). Recent investigations of Ultrafuse 316L have likewise shown that printing and post-processing parameters can substantially modify porosity and, consequently, the resulting material properties (Drazan et al., 2025).

Thermal analysis is particularly useful when designing the debinding stage because the temperature ranges associated with binder transitions and decomposition can be identified before full-size specimens are processed. Thermogravimetric analysis provides the temperature-dependent mass-loss behavior, while its derivative enables the temperature regions of maximum decomposition rate to be resolved more clearly. Sadaf et al. employed thermogravimetric analysis to establish a thermal debinding window for a highly filled 316L feedstock, whereas Jansa et al. used simultaneous thermal analysis to characterize the thermal behavior of commercial Ultrafuse 316L. These studies illustrate that thermogravimetric information can provide a rational basis for defining heating rates and thermal holds rather than selecting a debinding schedule solely by trial and error (Jansa et al., 2023a).

Residual porosity remains another important feature of extrusion-based metallic components. Porosity can originate from incomplete contact between adjacent extruded roads, interlayer boundaries and incomplete densification during sintering. Damon et al. showed that the pore architecture of FFF-produced 316L can retain a clear relationship with the extrusion path and build configuration, including elongated and directionally distributed pore structures (Damon et al., 2019a). Although numerous studies have examined the fabrication, densification, and mechanical performance of metal-FFF 316L, thermogravimetry-guided thermal processing strategies aimed at controlling binder removal and subsequent densification have received comparatively limited attention. This is particularly relevant because the thermal decomposition behavior of the binder system directly influences the selection of heating rates and holding steps during debinding and can ultimately affect the integrity and residual porosity of the sintered component. Martignoni et al.(Martignoni et al., 2024) investigated different toolpath configurations using commercial Ultrafuse 316L and reported that concentric infill produced comparatively high porosity due to insufficient coverage and persistent gaps between adjacent deposition paths. These defects remained relevant after debinding and sintering, demonstrating that subsequent thermal processing does not necessarily eliminate printing-induced voids completely.

Accordingly, the present study focuses on 316L stainless-steel specimens manufactured using a single concentric-infill configuration. The objective was to develop a staged thermal-processing route in which TG/DTA data were used to identify critical binder-transition and decomposition regions, and to evaluate the resulting densification and microstructural characteristics after sintering under a controlled atmosphere. Particular attention was given to the relationship between the thermal-processing route, bulk relative density, and residual pore morphology in the sintered material.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

Metal Fused Filament Fabrication (metal-FFF) a prominent variant of Material Extrusion (MEX) additive manufacturing combines the processing accessibility of extrusion-based 3D printing with the structural performance of powder metallurgy. Unlike energy-intensive fusion processes such as laser powder bed fusion, metal-FFF decouples the initial geometric shaping of the component from its final metallic densification. This process relies on a multi-component feedstock comprised of fine metallic powder particles embedded within a sacrificial polymeric binder matrix. Consequently, the resulting microstructure and overall physical integrity are governed by the interplay between green-body shaping, the thermal degradation kinetics of the organic vehicle, and solid-state sintering phenomena.

1.1. Thermal Kinetics and Binder Decomposition Dynamics

The transition from a polymer-bound green body to a fully metallic component requires the systematic removal of the organic vehicle via thermal debinding. The binder architecture typically consists of a primary backbone polymer, secondary wax components, and processing additives designed to impart pseudoplastic flow behavior during extrusion. Thermal degradation proceeds through localized volatilization, chain scission, and thermal cracking of these polymeric constituents across distinct temperature regimes.

Thermogravimetric Analysis (TGA) and Differential Thermal Analysis (DTA) provide the fundamental thermodynamic and kinetic baseline required to design optimized debinding schedules. Identifying temperature intervals associated with peak binder decomposition rates serves as a primary guide for setting sensitive heating windows. Applying excessively rapid heating rates within these high-decomposition zones can cause an accumulation of internal gas overpressure within the evolving porous compact. If local internal pressures exceed the strength of the partially debound polymer matrix, structural defects such as blistering, micro-cracking, distortion, or catastrophic structural collapse occur. Tailoring multi-stage heating rates based on thermogravimetric transitions ensures that the volatile generation rate remains below the mass transport capability of the pore network, preserving component geometry prior to high-temperature densification.

1.2. Solid-State Sintering and Pore Architecture Evolution

Following binder elimination, densification of the brown component occurs during high-temperature sintering, driven primarily by the reduction of total surface free energy. Densification of 316L stainless steel operates via solid-state mass transport mechanisms, including surface diffusion, grain boundary diffusion, and lattice volume diffusion. Sintering kinetics and final relative density are governed by grain growth dynamics, mass transport rates, and thermally activated diffusion processes. Conducting high-temperature sintering under a controlled reducing atmosphere (such as argon–hydrogen mixtures) promotes the reduction of stable surface oxides, accelerates interparticle atomic bonding, and facilitates the closure of isolated micropores.

1.3. Interplay Between Toolpath Kinetics and Residual Porosity

In material extrusion processes, densification kinetics are significantly constrained by the spatial arrangement of the feedstock roads laid down during printing. Unlike the relatively isotropic compaction achieved in traditional

powder metallurgy or powder bed fusion, metal-FFF inherently introduces anisotropic macroscopic voids dictated by nozzle geometry, path overlap, and infill strategies (e.g., concentric deposition patterns).

The total porosity of a sintered metal-FFF component consists of two distinct contributions: fine, spherical micropores resulting from incomplete solid-state sintering diffusion within the powder compact, and larger, elongated, irregular macro-voids retained at the boundaries between adjacent deposition paths. While high-temperature sintering can effectively reduce internal microporosity, toolpath-induced voids often resist complete closure during thermal treatment. Consequently, understanding both the thermodynamic boundaries of binder removal and the kinetic limitations of sintering is essential for controlling bulk relative density and managing the morphologic persistence of toolpath-related defects in extrusion-based metallic parts.

2. METHOD

2.1. Feedstock and specimen fabrication

Commercial BASF Ultrafuse 316L metal-polymer filament with a nominal diameter of 1.75 mm was used as the feedstock. The specimens were fabricated using a 3D4E 4GenPro2R extrusion-based printer equipped with a 0.60 mm steel nozzle. A concentric infill strategy was employed for all specimens considered in the present study. The printing orientation and specimen geometry were kept constant; therefore, build orientation was not treated as an experimental variable. The printing parameters were established through preliminary manufacturing trials to obtain geometrically stable green specimens suitable for subsequent thermal processing. The nozzle and build-platform temperatures were maintained at 240 and 95 °C, respectively. A layer height of 0.15 mm, line width of 0.60 mm and infill line spacing of 0.60 mm were employed. Printing speed was 30 mm/s, while the initial-layer speed was reduced to 15 mm/s. The cooling fan was disabled, and no peripheral walls or top/bottom skin layers were used. These settings were selected because excessive overlap between neighboring deposited roads caused blister-like defects during subsequent thermal processing in preliminary trials.

2.2. Thermal analysis and preliminary debinding Thermal behavior of the green material was examined using a NETZSCH STA 449 F1 simultaneous thermal analyzer. The specimen was heated from approximately room temperature to 600 °C, and TG and DTA responses were recorded (see Figure 1). The results were used to identify the principal binder-removal regions and to design the low-temperature thermal-processing schedule.

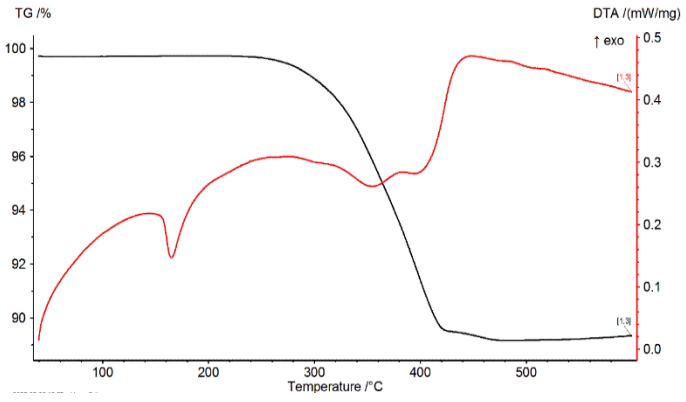


Figure 1. TG and DTA curves of the as-printed (green) BASF Ultrafuse 316L specimen during heating from room temperature to 600 °C.

Based on the thermal-analysis response and preliminary furnace trials, an initial thermal debinding stage was performed in an MSE M_1300_12 furnace under an open-air atmosphere. Heating rates were intentionally

reduced in temperature intervals associated with thermal transitions and the onset of binder decomposition. The program terminated at 310 °C and had a total programmed duration of 502 min. The resulting brown specimens exhibited an average mass loss of 7.5 ± 0.7% while maintaining sufficient integrity for transfer to the controlled-atmosphere sintering furnace. Further extension of the preliminary debinding stage resulted in a marked loss of green-body integrity during preliminary trials.

2.3. Sintering

Following preliminary thermal debinding, the brown specimens were transferred to an MSE T_1600_450_74 controlled-atmosphere tube furnace. The thermal cycle was conducted under Ar–2%H2 at a nominal gas flow rate of approximately 4 L/h. The region between approximately 310 and 590 °C was designed as a continuation of controlled binder removal because it overlapped with the main decomposition region identified from the TG/DTA analysis. Above this range, the heating schedule was progressively increased before final densification at 1360 °C for 150 min. Controlled cooling was subsequently applied.

The selected peak temperature is consistent with previous studies on filament-extruded 316L. Thompson et al. reported greater than 95% density after sintering at 1360 °C, whereas Wagner et al. demonstrated that high sintering temperatures near 1350 °C strongly promote densification of filament-extruded 316L (Wagner et al., 2022). The specimens were cooled from 1360 to 1000 °C at approximately 6 °C/min and subsequently from 1000 to 190 °C at approximately 9 °C/min. These are the exact parameters reported in the experimental record.

2.4. Density and microstructural characterization

The density of the sintered specimens was determined by the Archimedes method using a Radwag AS 220.R2 analytical balance equipped with a density measurement kit. Distilled water at approximately 25 °C was used as the immersion medium. Relative density was calculated using 7.99 g/cm³ as the theoretical density of 316L stainless steel. The measured value was reported as mean ± standard deviation.

For preliminary metallographic examination, the sintered specimens were cold mounted, ground using SiC papers from 320 to 2000 grit and polished using a 3 µm diamond suspension. Electrolytic etching was performed in a 10% oxalic acid solution at 6 V for approximately 30 s. Optical observations were carried out using a Nikon Eclipse LV150NL microscope.

3. RESULTS

3.1. Thermal behavior and development of the debinding route

Figure 1 presents the TG and DTA responses obtained from the green material. The TG curve remained relatively stable up to approximately 220–230 °C, after which a pronounced decrease in mass was observed. At 600 °C, approximately 89–90% of the initial mass remained, corresponding to a total mass loss of approximately 10–11%. This value is consistent with the high metallic loading expected for commercial 316L filaments and with previous reports describing Ultrafuse 316L as a highly metal-filled feedstock. Jansa et al. similarly reported approximately 90 wt.% metallic content for Ultrafuse 316L based on thermal characterization (Jansa et al., 2023b). The principal mass-loss rate reached its maximum at approximately 395–405 °C, while a smaller secondary event occurred at approximately 450–470 °C. These results indicate that rapid heating through the approximately 300–470 °C region would coincide with the most intense generation of volatile decomposition products. The DTA curve also exhibited an endothermic event at approximately 150–170 °C without a corresponding substantial mass change. This feature is consistent with a physical transition or melting event within the multicomponent binder system. However, assignment to a specific polymer constituent is not justified from the present data alone.

This behavior was used to establish the staged debinding approach. Relatively low heating rates were applied near the identified transition and decomposition regions. In particular, rates of 0.50 °C/min between 157 and 175 °C

and 0.45 °C/min between 220 and 310 °C were selected. The intention was to restrict the instantaneous generation of gaseous products and provide sufficient time for their transport through the developing pore network. Preliminary trials supported this approach: excessively rapid binder removal was associated with cracking and blister formation, whereas excessive preliminary removal reduced the mechanical integrity of the brown part.

The preliminary air-debinding stage resulted in an average mass loss of 7.5 ± 0.7%. Although this value was lower than the total mass loss observed during TG analysis up to 600 °C, the specimens retained sufficient mechanical integrity for handling and transfer to the subsequent furnace cycle. Preliminary trials showed that extending the first debinding stage further caused a pronounced loss of specimen integrity. The low-temperature portion of the subsequent Ar–2%H2 cycle, particularly the 310–590 °C interval, was therefore designed to continue residual binder removal prior to high-temperature densification.

3.2. Densification and preliminary microstructure

After sintering at 1360 °C for 150 min, the FFF-316L specimens reached an average density of 7.38 ± 0.099 g/cm3. Relative to the adopted theoretical density of 7.99 g/cm3, this corresponds to a relative density of approximately 92.32%. Santamaria et al. (Santamaria et al., 2022) obtained near-fully dense 316L stainless steel by sinter-based extrusion additive manufacturing, reporting a residual porosity of only 1.27 vol.%. More recently, Pellegrini et al. (Pellegrini et al., 2025) reported a relative density of 96.2% for Ultrafuse 316L specimens after catalytic debinding followed by sintering at 1380 °C for 3 h. Wang et al. (Wang et al., 2023) further demonstrated that the sintering temperature plays a critical role in controlling pore evolution, phase formation, and the final microstructure of extrusion-based 316L stainless steel. These results indicate that the relative density obtained in the present study (92.32%) is within the range achievable by sinter-based material extrusion, although further optimization of the thermal-processing route may improve densification. Approximately 7.7% residual volume remains relative to the adopted theoretical density, although this value should not be equated directly with image-based open porosity. The Archimedes result represents bulk density, whereas the morphology, connectivity and accessibility of individual pores require complementary microstructural or three-dimensional characterization.

As seen in Figure 2 (a) and (b), the optical examination revealed a continuous sintered metallic matrix containing residual pores with irregular and locally elongated morphologies. The larger dark regions were consistent with voids retained between adjacent deposition paths. Fine dark features were also present throughout the etched surface; however, some of these features may originate from localized pitting produced during electrolytic etching. Therefore, the etched optical micrographs were used for qualitative microstructural assessment rather than quantitative porosity determination.

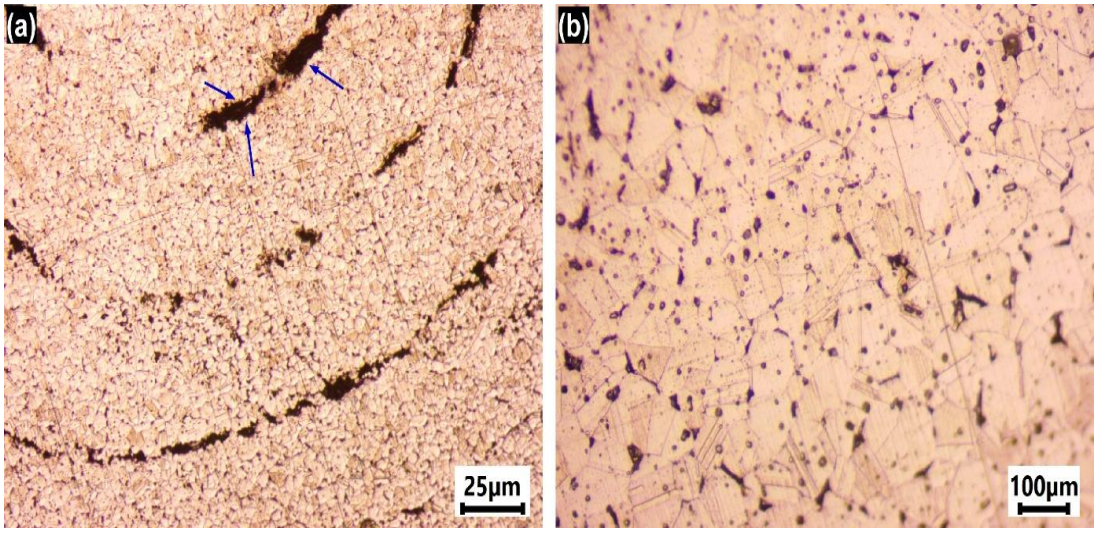


Figure 2. Optical micrographs of the sintered FFF 316L specimen produced using a concentric infill strategy at two different magnifications: (a) elongated and irregular residual pores and (b) the general etched microstructure.

The persistence of residual porosity is compatible with the bulk density measurement and with previous observations for metal-FFF 316L. Damon et al. (Damon et al., 2019b) reported that extrusion-based pore structures may remain linked to deposited roads and layer architecture even after sintering. Such defects can be particularly important for subsequent environmental exposure if they intersect the external surface or form interconnected pathways.

4. CONCLUSION, DISCUSSION, AND RECOMMENDATIONS

A thermogravimetry-assisted thermal-processing route was developed for 316L stainless-steel specimens produced by fused filament fabrication using a concentric infill strategy. The TG curve showed limited mass variation up to approximately 220-230 °C, followed by pronounced binder-related mass loss, with an overall mass loss of approximately 10-11% at 600 °C. The thermal-analysis observations were used to design a staged debinding schedule with reduced heating rates in critical temperature intervals. The preliminary air-debinding stage preserved specimen integrity, while the low-temperature portion of the subsequent Ar-2%H_2 cycle was designed to continue residual binder removal before densification. Sintering at 1360 °C for 150 min produced macroscopically intact specimens with a relative density of 92.32%. Optical microscopy revealed a continuous sintered matrix containing residual irregular and elongated voids, whose morphology was consistent with the toolpath-related porosity previously reported for concentric metal-FFF structures.

REFERENCES

Damon, J., Dietrich, S., Gorantla, S., Popp, U., Okolo, B., & Schulze, V. (2019). Process porosity and mechanical performance of fused filament fabricated 316L stainless steel. *Rapid Prototyping Journal*, *25*(7), 1319–1327. https://doi.org/10.1108/RPJ-01-2019-0002

Drazan, T., Joska, Z., Kluczyński, J., Płatek, P., Dobrocky, D., & Krchova, M. (2025). Analysis of the effect of changing printing parameters on the properties of additively manufactured Ultrafuse 316L steel samples. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, *25*(4), 204. https://doi.org/10.1007/s43452-025-01257-9

Jansa, J., Volodarskaja, A., Hlinka, J., Zárybnická, L., Polzer, S., Kraus, M., Hajnyš, J., Schwarz, D., & Pagáč, M. (2023). Corrosion and material properties of 316L stainless steel produced by material extrusion technology. *Journal of Manufacturing Processes*, *88*, 232–245. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.01.035

Martignoni, L., Vegro, A., Candidori, S., Shaikh, M. Q., Atre, S. V., Graziosi, S., & Casati, R. (2024). Prototyping and characterisation of 316L stainless steel parts and lattice structures printed via metal fused filament fabrication. *Rapid Prototyping Journal*, *30*(11), 123–141. https://doi.org/10.1108/RPJ-06-2023-0194

Pellegrini, A., Guerra, M. G., & Lavecchia, F. (2025). Impact of post treatment processes on the performance of 316L stainless steel parts manufactured through metal material extrusion additive manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *141*(9–10), 5359–5371. https://doi.org/10.1007/s00170-025-17007-3

Santamaria, R., Salasi, M., Bakhtiari, S., Leadbeater, G., Iannuzzi, M., & Quadir, M. Z. (2022). Microstructure and mechanical behaviour of 316L stainless steel produced using sinter-based extrusion additive manufacturing. *Journal of Materials Science*, *57*(21), 9646–9662. https://doi.org/10.1007/s10853-021-06828-8

Thompson, Y., Gonzalez-Gutierrez, J., Kukla, C., & Felfer, P. (2019). Fused filament fabrication, debinding and sintering as a low cost additive manufacturing method of 316L stainless steel. *Additive Manufacturing*, *30*, 100861. https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.100861

Wagner, M. A., Engel, J., Hadian, A., Clemens, F., Rodriguez-Arbaizar, M., Carreño-Morelli, E., Wheeler, J. M., & Spolenak, R. (2022). Filament extrusion-based additive manufacturing of 316L stainless steel: Effects of sintering conditions on the microstructure and mechanical properties. *Additive Manufacturing*, *59*, 103147. https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103147

Wang, F., You, S., Jiang, D., Yuan, X., Fu, R., & Ning, F. (2023). Microstructure evolution, phase formation, corrosion, and mechanical properties of stainless steel fabricated by extrusion-based sintering-assisted additive manufacturing. *Additive Manufacturing*, *75*, 103746. https://doi.org/10.1016/j.addma.2023.103746

ERİTİLMİŞ FİLAMENT ÜRETİM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN 316L PASLANMAZ ÇELİĞİN KISA SÜRELİ SICAK KOROZYON DAVRANIŞI

Metalurji ve Malzeme Mühendisi, Fırat ÇETİNKAYA [1]/ Doçent, Mustafa Güven GÖK [2]

[1]Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği cetinkayafirat548@gmail.com, 0009-0004-7580-860X

[2]Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, mggok@gantep.edu.tr, 0000-0002-5959-0549

Özet

Erimiş filament imalatı (FFF), yüksek oranda metal içeren metal-polimer ham maddelerden paslanmaz çelik bileşenler üretmek için uygun maliyetli bir malzeme ekstrüzyon yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Ancak, bu sürece özgü olan bağlayıcı giderme ve sinterleme aşamaları, genellikle nihai malzemenin çevresel performansını etkileyebilecek kalıntı gözenekler ve üretimden kaynaklanan süreksizlikler bırakır. FFF ile üretilen 316L paslanmaz çeliğin mekanik özellikleri ve oda sıcaklığındaki korozyon davranışı giderek daha fazla araştırılmış olsa da, yüksek sıcaklıktaki agresif erimiş tuz ortamlarına verdiği tepki nispeten daha az incelenmiştir. Bu durum, özellikle paslanmaz çelikler üzerindeki kromca zengin koruyucu oksit tabakalarını bozabilen, düşük erime noktalı ve kimyasal açıdan aktif fazlar oluşturabilen sülfat-vanadat birikintileri için büyük önem taşır. Bu çalışmada, FFF yöntemiyle üretilen 316L paslanmaz çeliğin 850 °C sıcaklıkta, Na2SO4-V2O5 birikintisi altındaki kısa süreli sıcak korozyon davranışı incelenmiştir. Korozyon tepkisi; gravimetrik ölçümlerin yanı sıra yüzey ve kesit SEM/EDS karakterizasyonları ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sülfat-vanadat maruziyeti altında kademeli bir bozulma yaşandığını; buna demirce zengin korozyon ürünlerinin oluşumunun eşlik ettiğini ve yüzeyle bağlantılı üretim kusurlarının, agresif türlerin malzemenin içine taşınmasına katkıda bulunabileceğini göstermiştir. Bulgular, sinterleme temelli FFF 316L paslanmaz çeliğin yüksek sıcaklık korozyon performansı değerlendirilirken, kalıntı gözenek yapısının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: 316L paslanmaz çelik; Erimiş Filament İmalatı; Sıcak Korozyon

SHORT-TERM HOT CORROSION BEHAVIOR OF FUSED FILAMENT FABRICATED 316L STAINLESS STEEL

Metalurgical and Materials Engineer, Fırat ÇETİNKAYA [1]/ Associate Professor, Mustafa Güven GÖK [2]

[1]Gaziantep University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Materials Science and Engineering, cetinkayafirat548@gmail.com, 0009-0004-7580-860X

[2]Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, mggok@gantep.edu.tr, 0000-0002-5959-0549

Abstract

Fused filament fabrication (FFF) has emerged as a cost-effective material extrusion route for producing stainless-steel components from highly filled metal-polymer feedstocks. However, the debinding and sintering stages inherent to this process generally leave residual pores and deposition-related discontinuities that may influence the environmental performance of the final material. Although the mechanical properties and room-temperature corrosion behavior of FFF-produced 316L stainless steel have been increasingly investigated, its response to aggressive high-temperature molten-salt environments remains comparatively less explored. This issue is particularly relevant for sulfate-vanadate deposits, which can form low-melting, chemically active phases capable of destabilizing Cr-rich protective oxides on stainless steels. In the present study, the short-term hot-corrosion behavior of FFF-produced 316L stainless steel was investigated under a Na_2SO_4-V_2O_5 deposit at 850 °C. The corrosion response was evaluated through gravimetric measurements together with surface and cross-sectional SEM/EDS characterization. The results showed progressive degradation under sulfate-vanadate exposure, accompanied by the formation of Fe-rich corrosion products and evidence that surface-connected manufacturing defects may contribute to the transport of aggressive species into the material. The findings emphasize that residual pore architecture should be considered when assessing the high-temperature corrosion performance of sinter-based FFF 316L stainless steel.

Keywords: 316L stainless steel; Fused Filament Fabrication; Hot Corrosion

INTRODUCTION

Austenitic 316L stainless steel is extensively used in chemical processing, energy systems, marine equipment, and other applications requiring a combination of corrosion resistance, formability, and mechanical stability. Its corrosion resistance is largely associated with the formation of a Cr-rich passive or oxide layer. At elevated temperatures, however, the stability of this protective surface layer can be severely affected by deposits containing sodium, sulfur, and vanadium. Molten sulfate–vanadate environments are particularly aggressive because vanadium-containing species can interact with protective oxides and promote continued oxidation and corrosion of the underlying alloy. Gonzalez-Rodriguez et al. demonstrated the strong corrosive activity of Na_2SO_4-V_2O_5 molten salts toward Fe- and Ni-based heat-resistant alloys, while earlier studies by Otero et al. established the aggressive character of eutectic Na_2SO_4-V_2O_5 mixtures at elevated temperatures (Gonzalez-Rodriguez et al., 2006).

The severity of sulfate–vanadate hot corrosion is related to the formation of low-melting reaction products and to the ability of the molten deposit to destabilize otherwise protective oxide scales. Mixtures containing approximately 60 wt.% V_2O_5 and 40 wt.% Na_2SO_4 have been widely used as aggressive laboratory deposits because this composition forms a low-melting environment at temperatures far below the typical operating temperature of hot-section metallic components (Otero et al., 1991). The aggressive effect of sulfate–vanadate deposits on AISI 316L stainless steel has also been demonstrated under high-temperature conditions. Nachimuthu et al. (Nachimuthu et al., 2024) reported pronounced hot-corrosion-induced mass gain and the formation of Fe- and Cr-containing oxide products on AISI 316L exposed to a molten Na_2SO_4-V_2O_5 environment at 900 °C.

In parallel, metal material extrusion and fused filament fabrication have emerged as comparatively accessible routes for producing metallic components from highly filled polymer–metal feedstocks. Commercial systems such as Ultrafuse 316L enable conventional extrusion-based printing followed by debinding and sintering. Despite their processing advantages, sinter-based FFF materials generally retain a higher and more complex pore population than conventionally wrought 316L. Porosity in such parts may arise from incomplete contact between adjacent deposition roads, layer interfaces, and incomplete densification during sintering. ansa et al. reported considerable residual porosity in material-extruded Ultrafuse 316L and evaluated its corrosion resistance together with the microstructural characteristics of the sintered material (Jansa et al., 2023). Other investigations of material-extruded 316L in chloride environments have similarly associated unstable corrosion performance with residual macroscopic porosity and microstructural heterogeneity (Kasha et al., 2023).

The morphology and connectivity of FFF-induced pores may become even more significant during molten-salt exposure. However, this possibility has not been sufficiently investigated. Unlike aqueous corrosion, a molten deposit can contact surface-connected voids and potentially extend the effective reaction interface below the nominal external surface. Previous studies on sinter-based 316L have shown that elongated manufacturing pores may persist after sintering and remain associated with deposition architecture. Damon et al. identified processing-related porosity as a major microstructural feature of FFF-produced 316L, while later investigations have confirmed the importance of such defects to the corrosion behavior of material-extruded stainless steel (Kasha et al., 2023). Stress-corrosion studies on sinter-based material-extruded 316L have also examined the relationship between the sintered microstructure and stress-corrosion-cracking initiation and propagation behavior (Santamaria et al., 2023).

Although the aqueous and chloride corrosion behavior of material-extruded 316L has received increasing attention, comparatively little information is available on its response to aggressive sulfate–vanadate deposits at high temperature. The interaction between manufacturing-induced pore architecture and molten-salt attack is therefore particularly relevant for evaluating the possible use of sinter-based FFF components in thermally demanding environments.

Accordingly, the present study investigates the short-term hot-corrosion response of a single FFF-produced 316L configuration exposed to a 40 wt.% Na2SO4–60 wt.% V2O5 deposit at 850 °C. Changes in specimen mass were evaluated after different duration time. A salt-free oxidation condition was also used to distinguish the contribution of the sulfate–vanadate deposit from ordinary high-temperature oxidation.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

Metal Fused Filament Fabrication (metal-FFF) a form of material extrusion additive manufacturing—enables the production of complex metallic components by processing highly filled metal-polymer feedstocks. While this technology offers significant processing flexibility and cost-effectiveness compared to traditional manufacturing, the necessary debinding and sintering stages frequently leave behind a complex network of residual pores and interlayer discontinuities. Consequently, the environmental degradation behavior of these components is fundamentally dictated by the interplay between material microstructure, high-temperature corrosion kinetics, and the morphology of processing-induced defects.

1. High-Temperature Corrosion and Molten-Salt Mechanisms

The high-temperature environmental performance of austenitic stainless steels relies primarily on the continuous presence of a protective, chromium-rich oxide scale that acts as a barrier against inward oxidant diffusion. In aggressive thermal environments containing sodium and vanadium species, however, this protective mechanism can be severely compromised. Molten sulfate-vanadate deposits, such as eutectic mixtures of sodium sulfate and vanadium pentoxide, are particularly destructive because they melt at temperatures well below typical industrial operating conditions.

Upon melting, these corrosive salts form a highly active liquid electrolyte layer that contacts the metallic substrate, fluxing protective oxide scales and preventing the reformation of a stable passive film. The resulting corrosive attack accelerates ionic transport and leads to rapid degradation, characterized by the formation of complex, iron-rich reaction products and extensive surface scale modification. Unlike conventional high-temperature oxidation in air, molten-salt environments sustain a continuous chemical interaction that drives active oxidation and progressive mass gain over time.

2. Influence of Manufacturing-Induced Defects on Environmental Resistance

In conventionally wrought or fully dense metallic materials, high-temperature corrosion is largely governed by surface chemistry and uniform scale growth. In contrast, sinter-based additive manufacturing introduces distinct microstructural heterogeneities, notably residual porosity and inter-road boundaries. The total porosity in material-extruded components consists of both isolated internal micropores and larger, interconnected macro-voids formed by incomplete contact between adjacent deposition paths during the printing process.

When exposed to aggressive environments, the presence of surface-connected manufacturing defects introduces a critical vulnerability. Unlike aqueous solutions, molten salts can readily penetrate surface-intersecting voids and capillary-like discontinuities through capillary action. This penetration extends the effective reaction interface deep into the subsurface regions, allowing corrosive species to bypass the external surface and attack internal metallic boundaries. Consequently, evaluating the high-temperature corrosion performance of sinter-based FFF 316L stainless steel requires considering not only the intrinsic chemical reactivity of the alloy, but also the physical contribution of toolpath-related residual porosity acting as preferential transport channels for molten-salt ingress.

2. METHOD

2.1. Specimen fabrication and thermal processing

Commercial BASF Ultrafuse 316L metal–polymer filament with a nominal diameter of 1.75 mm was used as the feedstock. The specimens were manufactured by fused filament fabrication using a 0.60 mm steel nozzle. An alternating 0°/90° Lines deposition strategy with 100% nominal infill was employed. Only the configuration designated LN in the broader experimental program was considered in the present study. In this configuration, the deposition architecture and specimen orientation were kept constant throughout the investigation; therefore, build orientation was not treated as an experimental variable in this paper. The broader project defines LN and LP as identical 0°/90° Lines architectures oriented differently relative to the build axis, so the present work deliberately restricts the analysis to LN.

Following printing, the green specimens underwent staged thermal debinding and controlled-atmosphere sintering. Final densification was carried out under Ar-2%H2 at 1360 °C with a peak holding time of 150 min. For the hot-corrosion experiments, cubic specimens with final dimensions of approximately 15x15x15 mm3 were used.

2.2. Preparation of the hot-corrosion deposit

Before deposition of the corrosive mixture, the exposed specimen surfaces were ground using SiC abrasive papers from 320 to 1000 grit to obtain comparable initial surface conditions. The hot-corrosion mixture consisted of 40 wt.% Na2SO4 and 60 wt.% V2O5. The constituent powders were weighed using an analytical balance and dry mixed for 2 h using a rotary mixing procedure. A salt loading of 5 mg/cm2 was applied to the prepared surface. A metal washer with an internal diameter of 10.2 mm was used to delimit the deposition area and improve the reproducibility of salt application. The weighed powder was placed within the flat washer and the flat washer was subsequently removed, leaving the deposit on the specimen surface.

The selected 40 wt.% Na_2SO_4–60 wt.% V_2O_5 composition represents a strongly reactive sulfate–vanadate deposit and is close to eutectic compositions frequently employed in laboratory hot-corrosion studies. Otero et al. investigated the corrosion behavior of metallic alloys in a 60 wt.% V_2O_5–40 wt.% Na_2SO_4 eutectic environment, while Sidhu et al. used the same nominal sulfate–vanadate ratio to investigate hot corrosion at 900 °C (Otero et al., 1992).

2.3. Hot-corrosion tests

Hot-corrosion experiments were conducted in a Nabertherm/Thermoveno-type laboratory furnace under an open-air atmosphere at 850 °C. or the present study, two exposure periods, 1 and 9 h, were selected to represent the initial and extended stages of short-term hot-corrosion exposure. A separate LN specimen and alumina crucible were used for each exposure condition to avoid cumulative thermal-history effects. Following exposure, the net mass change of each specimen was determined gravimetrically. The experimental records provide the resulting percentage changes. In addition, a salt-free oxidation test was conducted at 850 °C for 9 h using an LN specimen to distinguish the contribution of the sulfate–vanadate deposit from conventional high-temperature oxidation.

2.4. SEM and EDS characterization

Following the 9 h hot-corrosion exposure, the specimen surface was examined using a JEOL 6390LV scanning electron microscope equipped with an energy-dispersive X-ray spectroscopy system. Surface morphology and local elemental composition were evaluated to identify chemical and morphological changes associated with the molten-salt exposure.

For cross-sectional examination, the exposed specimens were cold mounted, ground using SiC papers from 320 to 2000 grit, and finally polished using a 3 µm diamond suspension. The polished cross sections were examined

by SEM to identify the corrosion-product/metal interface and manufacturing-related defects extending from the external surface into the specimen.

3. RESULTS

3.1. Gravimetric hot-corrosion response

Figure 1 presents the net percentage mass change of the LN specimens after 1 and 9 h exposure to the 40 wt.% Na_2SO_4-60 wt.% V_2O_5 deposit at 850 °C. The specimens exhibited a positive mass change under both conditions. After 1 h, the measured mass gain was approximately 0.08%, whereas the 9 h exposure resulted in a mass gain of approximately 0.26%.

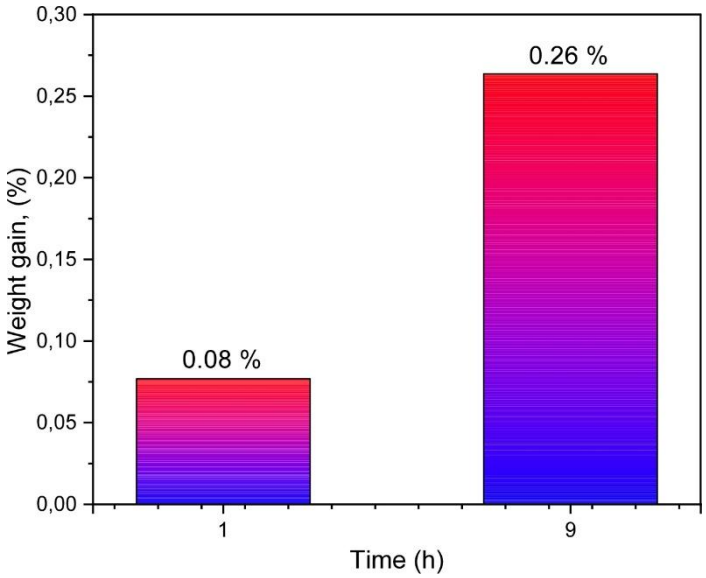


Figure 1. Percentage mass gain of FFF-produced LN 316L specimens after 1 and 9 h exposure to 40 wt.% Na_2SO_4-60 wt.% V_2O_5 at 850 °C.

The increase between 1 and 9 h indicates a greater net accumulation of reaction products with prolonged exposure. The positive gravimetric response is consistent with oxidation of the metallic substrate and incorporation of oxygen and deposit-derived species into reaction products. However, the percentage mass gain should not be interpreted directly as metal loss or corrosion penetration depth. In molten-salt environments, the measured mass change represents the combined effect of oxide formation, chemical incorporation of deposit species, retention or loss of reaction products, possible scale dissolution, and local spallation. Gravimetric analysis therefore provides an integral measure of degradation but cannot independently identify the controlling mechanism.

The aggressive behavior of sulfate–vanadate environments is well established. Otero et al. demonstrated that molten 40 wt.% Na2SO4-60 wt.% V2O5 interacts strongly with high-temperature alloys and that the corrosion process is affected by reactions occurring at the alloy–electrolyte interface (Pardo et al., 1992).

3.2. Comparison with salt-free oxidation

To separate the contribution of the corrosive deposit from conventional high-temperature oxidation, the 9 h hot-corrosion condition was compared with a salt-free oxidation test conducted at the same temperature.

After 9 h in air without the sulfate–vanadate deposit, the FFF-produced specimen exhibited a mass gain of approximately 0.141%. In contrast, the LN specimen exposed to the Na2SO4–V2O5 deposit exhibited a mass gain of approximately 0.26% after the same exposure duration. The higher mass gain observed in the presence of the sulfate–vanadate deposit indicates that the deposited salt mixture introduced an additional degradation contribution beyond oxidation in air alone.

This observation is consistent with the known behavior of V2O5-rich sulfate melts. Such environments remain molten at temperatures below the present test temperature and can interact continuously with oxide scales. Earlier studies of 40 wt.% Na2SO4-60 wt.% V2O5 mixtures showed substantial interaction with Fe, Cr, and Ni containing high-temperature alloys and demonstrated the importance of the molten phase in controlling the corrosion process.

3.3. Surface morphology and elemental characteristics after 9 h

As seen in Figure 2, the surface morphology of the LN specimen after 9 h exposure showed substantial development of crystalline corrosion products. The surface was covered by products exhibiting plate-like, rod-like, and needle-like corrosion products.

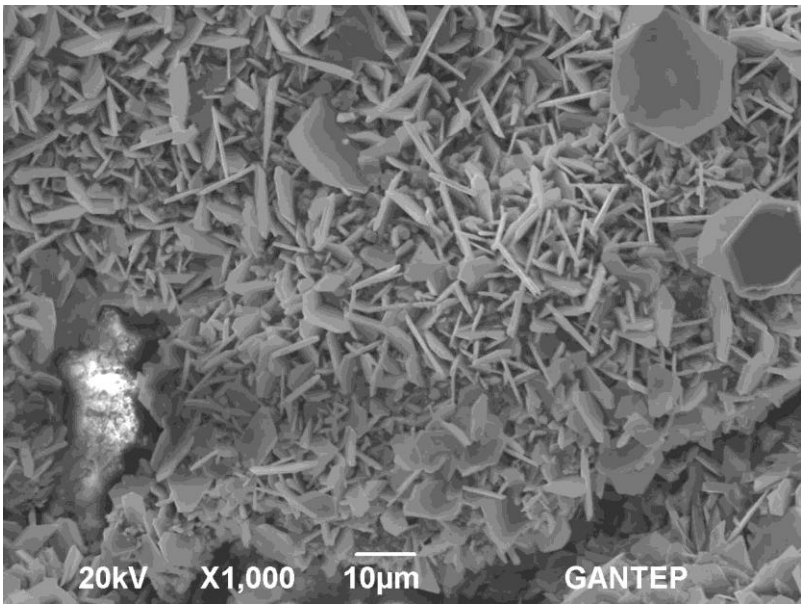


Figure 2. SEM surface morphology and corresponding EDS analysis of the FFF-produced LN 316L specimen after 9 h exposure to 40 wt.% Na_2SO_4–60 wt.% V_2O_5 at 850 °C.

Local EDS analysis of the reacted surface indicated approximately 75.34 wt.% Fe, 7.56 wt.% Cr, and 9.48 wt.% O, together with smaller amounts of Mn, Ni, V, Na, and S.

At the analyzed location, the high Fe concentration and comparatively lower Cr content are consistent with the presence of an Fe-rich reacted region. This observation is consistent with substantial modification of the original alloy surface during molten-salt exposure.

The presence of Na, S, and V is also important because these elements originate from the applied corrosion environment rather than being major constituents of 316L stainless steel. Their detection is consistent with the presence of species originating from the Na2SO4–V2O5 deposit within the analyzed reacted region.

3.4. Manufacturing-related defects and possible penetration paths

The corrosion behavior of the LN specimen must also be considered in relation to the microstructural characteristics produced by the FFF and sintering route. The measured relative density of the LN material was approximately 91.45%, confirming that complete densification was not achieved.

Residual pores in metal-FFF components are not necessarily distributed as isolated spherical voids. Previous studies have shown that extrusion-based manufacturing can produce elongated defects associated with adjacent deposition roads and layer interfaces. Their morphology and orientation are therefore directly related to the manufacturing architecture.

Cross-sectional SEM examination after hot-corrosion exposure revealed surface-connected manufacturing defects and interlayer discontinuities extending from the external surface toward the interior of the LN specimen.

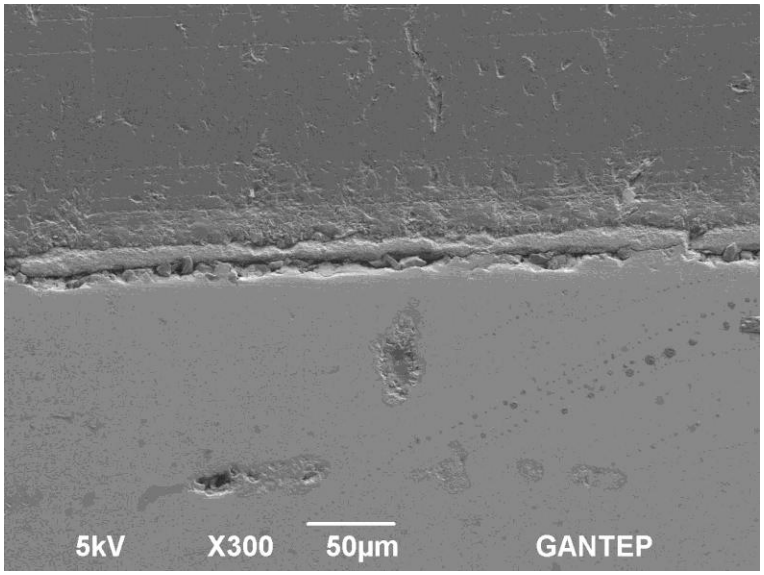


Figure 3. Cross-sectional SEM image of the FFF-produced LN 316L specimen after hot-corrosion exposure, showing surface-connected manufacturing defects and potential inward transport paths.

These defects may act as preferential transport paths for molten corrosion species. At 850 °C, the sulfate-vanadate deposit is present as a highly reactive molten environment. If surface-connected voids intersect the exposed surface, molten species may contact subsurface metallic regions that would not otherwise be directly accessible from the nominal external surface.

4. CONCLUSION, DISCUSSION, AND RECOMMENDATIONS

The short-term hot-corrosion behavior of fused filament fabricated 316L stainless steel was investigated under a 40 wt.% Na2SO4–60 wt.% V2O5 deposit at 850 °C. Based on the obtained results, the following conclusions can be drawn.

- The LN specimens exhibited positive net mass changes after both investigated exposure periods, increasing from approximately 0.08% after 1 h to 0.26% after 9 h. The increase indicates continued formation and retention of reaction products during sulfate–vanadate exposure.
- A salt-free oxidation condition produced a lower mass gain of approximately 0.141% after 9 h, demonstrating that the Na2SO4–V2O5 deposit introduced an additional contribution to the degradation response beyond conventional oxidation in air.
- SEM examination of the 9 h specimen revealed extensive plate, rod, and needle-like corrosion products. Local EDS analysis showed an Fe-rich reacted surface containing Cr and O together with Na, S, and V associated with the deposited corrosion environment.
- Cross-sectional observations revealed surface-connected manufacturing defects and interlayer discontinuities. These features may provide additional interaction paths between the molten corrosive environment and subsurface metallic regions, although their three-dimensional connectivity was not quantified.

REFERENCES

Gonzalez-Rodriguez, J. G., Haro, S., Martinez-Villafañe, A., Salinas-Bravo, V. M., & Porcayo-Calderon, J. (2006). Corrosion performance of heat resistant alloys in Na2SO4–V2O5 molten salts. *Materials Science and Engineering: A*, *435–436*, 258–265. https://doi.org/10.1016/j.msea.2006.06.138

Jansa, J., Volodarskaja, A., Hlinka, J., Zárybnická, L., Polzer, S., Kraus, M., Hajnyš, J., Schwarz, D., & Pagáč, M. (2023). Corrosion and material properties of 316L stainless steel produced by material extrusion technology. *Journal of Manufacturing Processes*, *88*, 232–245. https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.01.035

Kasha, A., Srinivasan, K. V., Obadimu, S. O., & Kourousis, K. I. (2023). Immersion corrosion of material extrusion steel 316 L: Influence of immersion time and surface roughness. *Materials Today Communications*, *35*, 106394. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.106394

Nachimuthu, P. K., Gosipathala, S., Arasappan, R. K., & Nallathambi, S. S. (2024). High temperature corrosion performance of Inconel 625 hard overlays deposited on stainless steel substrate. *Materials and Corrosion*, *75*(7), 875–890. https://doi.org/10.1002/maco.202314032

Otero, E., Pardo, A., Hernáez, J., & Pérez, F. J. (1991). The hot corrosion of in-657 superalloy in Na2SO4-V2O5 melt eutectic. *Corrosion Science*, *32*(7), 677–683. https://doi.org/10.1016/0010-938X(91)90082-Z

Otero, E., Pardo, A., Hernáez, J., & Pérez, F. J. (1992). The corrosion of some superalloys (at 1000 K) in molten eutectic mixture 60% V2O5-40% Na2SO4. The influence of the oxygen and carbon residues. *Corrosion Science*, *33*(11), 1747–1757. https://doi.org/10.1016/0010-938X(92)90006-O

Pardo, A., Otero, E., Hernaez, J., & Perez, F. J. (1992). Influence of the environment on the microstructure of IN-657 alloy exposed to the action of a molten mixture of 60% V2O5-40% Na2SO4. *Materials Characterization*, *29*(1), 1–6. https://doi.org/10.1016/1044-5803(92)90089-Z

Santamaria, R., Wang, K., Salasi, M., Iannuzzi, M., Mendoza, M. Y., & Quadir, M. Z. (2023). Stress Corrosion Cracking of 316L Stainless Steel Additively Manufactured with Sinter-Based Material Extrusion. *Materials*, *16*(11), 4006. https://doi.org/10.3390/ma16114006

UZUN YAPILARDA DAĞITILMIŞ REZONATÖRLER KULLANARAK PASIF TITREŞIM AZALTIMI

Öğr. Gör. Dr., Şifa Gül DEMİRYÜREK[1]

1Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Teorisi ve Dinamiği (Titreşim ve Akustik), sgdemiryurek@aksaray.edu.tr, 0000-0002-9888-0581

Özet

Uzun ve ince yapılar düşük frekanslı titreşimlere karşı hassastır; rüzgâr türbini kulelerinde aerodinamik ve rotor kaynaklı uyarımlar özellikle dikkate alınması gereken dinamik etkilerdir. Yapısal doğal frekanslar ile çalışma sırasında ortaya çıkan uyarım frekanslarının çakışması, rezonansa ve aşırı dinamik tepkiye neden olarak yapının hizmet ömrünü ve yapısal kararlılığını olumsuz etkileyebilir. Bu çalışmada, 100 m yüksekliğindeki çelik bir rüzgâr türbini kulesinde pasif titreşim azaltımı amacıyla doğal frekans ayarlı dağıtılmış bir rezonatör sistemi incelenmiş ve özellikle rezonatörlerin fiziksel parametrelerinin birlikte etkisine odaklanılmıştır. Kule, üst kısımdaki yapıya ait kütlenin noktasal-toplu halde kütle olarak dikkate alındığı Euler-Bernoulli kiriş tabanlı sonlu eleman formülasyonu ile modellenmiştir. Kule boyunca yerel olarak bağlanan rezonatörler ise kütle-yay-damper sistemleri olarak modellenmiş ve dağıtılmış biçimde yerleştirilmiştir. Bu kule-rezonatör sisteminin dinamik davranışını incelemek için MATLAB tabanlı frekans analizi gerçekleştirilmiştir. Parametrik çalışmada iki farklı rezonatör kütle oranı, iki farklı rezonatör dağılımı ve tek sabit sönüm oranı dikkate alınmış; rezonatörlerin doğal frekansları kulenin temel doğal frekans değerine eşit olacak şekilde ayarlanmıştır. Frekans tepki fonksiyonu, kütle oranının ve rezonatör yerleşim yoğunluğunun kulenin titreşim davranışı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, rüzgâr türbini kuleleri gibi ince ve uzun yapıların hedeflenen düşük frekans bölgesindeki dinamik tepkisi, dağıtılmış rezonatörlerin yapı ile etkileşimi sonucunda değişmektedir. Titreşim azaltımının büyüklüğü, bu çalışmaya göre, rezonatör sayısına ve toplam kütle oranına bağlı olarak değişmektedir. Sonuçlar, eşdeğer doğal frekans ayarı altında rezonatör yoğunluğu, kütle oranı ve sönümün birlikte etkisinin modal etkileşimin ve rezonans azaltımının düzeyini de araştırmayı önermektedir.

Anahtar Kelimeler: rüzgâr türbini kulesi, düşük frekanslı titreşim, dağıtılmış rezonatörler, kütle oranı, sönüm oranı

PASSIVE VIBRATION MITIGATION OF SLENDER STRUCTURES USING RESONATORS

Öğr. Gör. Dr., Şifa Gül DEMİRYÜREK[1]

1Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Makine Teorisi ve Dinamiği (Titreşim ve Akustik), sgdemiryurek@aksaray.edu.tr, 0000-0002-9888-0581

Abstract

Slender, tall structures are susceptible to low-frequency vibrations; in wind turbine towers, aerodynamic and rotor-related excitations require attention. The interaction between structural natural frequencies and operational excitation frequencies may result in resonance and excessive dynamic response, which potentially reduces the lifetime of the structure and structural stability. This study investigates an eigenfrequency-tuned distributed resonator strategy for passive vibration mitigation in a 100 m steel wind turbine tower, with a particular emphasis on the coupled effects of the physical properties of the resonator. The tower is represented using an Euler-Bernoulli beam-based finite element formulation with a lumped nacelle mass, while the locally attached resonators are modelled as mass-spring-damper systems distributed along the tower height. A MATLAB-based frequency-domain analysis is performed to evaluate the dynamic response of the coupled tower-resonator system. The parametric investigation considers various mass ratios (μ=0.05 and 0.1), two resonator distributions (nR=30 and 60), and a fixed damping ratio (ζ=0), with the resonators tuned to the tower's fundamental bending frequency level. The frequency response function is employed to assess the impact of the mass ratio, damping level and the density of the resonator placement on the tower's vibration response. The results show that the dynamic response of slender, tall structures such as wind turbine towers in the targeted low-frequency region is modified by the interaction of distributed resonators. The magnitude of the attenuation depends on the number of resonators. This study shows that under exact eigenfrequency tuning, the combined influence of the combined influence of resonator density the extent of modal interaction and resonance attenuation.

Keywords: wind turbine tower, low-frequency vibration, distributed resonators, mass ratio, damping ratio

1. INTRODUCTION

The continuous increase in wind turbine size and rated power has led to the development of taller and more slender support structures, making the dynamic behaviour of wind turbine towers an increasingly important design consideration (*Machado and Dutkiewicz, 2024*). Wind turbine towers are subjected to continuously varying aerodynamic, rotor-induced, gravitational, and operational loads, while their relatively low stiffness and inherent structural damping make them particularly sensitive to low-frequency excitation (Figure 1-a). Resonance may occur when the structural natural frequencies approach the operational excitation frequencies, particularly the rotor rotational frequency and blade-passing frequency. Such dynamic amplification can increase tower displacement, foundation loading, fatigue demand, and structural degradation over long-term operation. Therefore, the dynamic design of the wind turbine tower is closely associated with the relationship between the tower's fundamental frequency and the operational frequency range of the turbine. Conventional design strategies commonly seek to locate the fundamental tower frequency between characteristic operational excitation regions; however, increasing tower height and structural flexibility makes this frequency-management problem progressively more demanding (*Lu, et al., 2023; Demiryurek, 2026*). Recent studies have shown that tower-blade interaction, environmental loading, and changes in operating conditions can generate additional low-frequency excitation mechanisms, reinforcing the need for passive vibration mitigation strategies that can operate without continuous external energy input.

Passive vibration control has received considerable attention in wind turbine structural dynamics. Tuned mass dampers (TMDs), multiple tuned mass dampers (MTMDs), tuned liquid dampers, particle dampers, and inerter-based systems have been investigated to reduce the resonant responses under operational conditions, wind waves and seismic excitations. Recent studies show that well-designed TMDs and MTMDs can reduce tower displacement and base-movement responses, while TMD-inerter systems can provide improved low-frequency control with relatively small physical mass. Nevertheless, the effectiveness of conventional tuned absorbers remains strongly dependent on their tuning frequency, damping characteristics, installation location, and the dynamic condition of the host structure. Changes in structural stiffness, operating state, environmental excitation, and multi-modal behaviour may cause detuning and consequently reduce the effectiveness of a narrowly tuned absorber. Recent investigations into offshore wind turbines have consequently focused on multiple absorbers, semi-active devices, inerter-based systems and absorber configurations integrated with the tower itself to overcome the limitations associated with conventional single-point control.

An alternative passive-control technique is offered by locally resonant mechanical metamaterials and distributed resonator systems (Figure 1-b). Unlike conventional vibration absorbers that are generally considered as individual attachments, locally resonant architectures introduce multiple resonant substructures whose dynamic interaction with the primary structure can modify its frequency response in a targeted low-frequency region (*Van Belle, et al., 2024; Zhao, et al., 2024*). The underlying concept has attracted significant interest because local resonance can occur at frequencies considerably lower than those associated with conventional Bragg-type mechanisms, allowing vibration attenuation to be achieved without requiring structural dimensions comparable to the excitation wavelength (*Mu, et al., 2026; Lei, et al., 2024*). Recent studies have extended this concept toward wind turbine applications through locally resonant metamaterials, Multiphysics resonators, graded resonator configurations, and data-driven inverse design of resonator geometries. These developments indicate a broader shift from conventional material-property modification toward structural architectures in which the dynamic response is intentionally engineered through local resonant interactions.

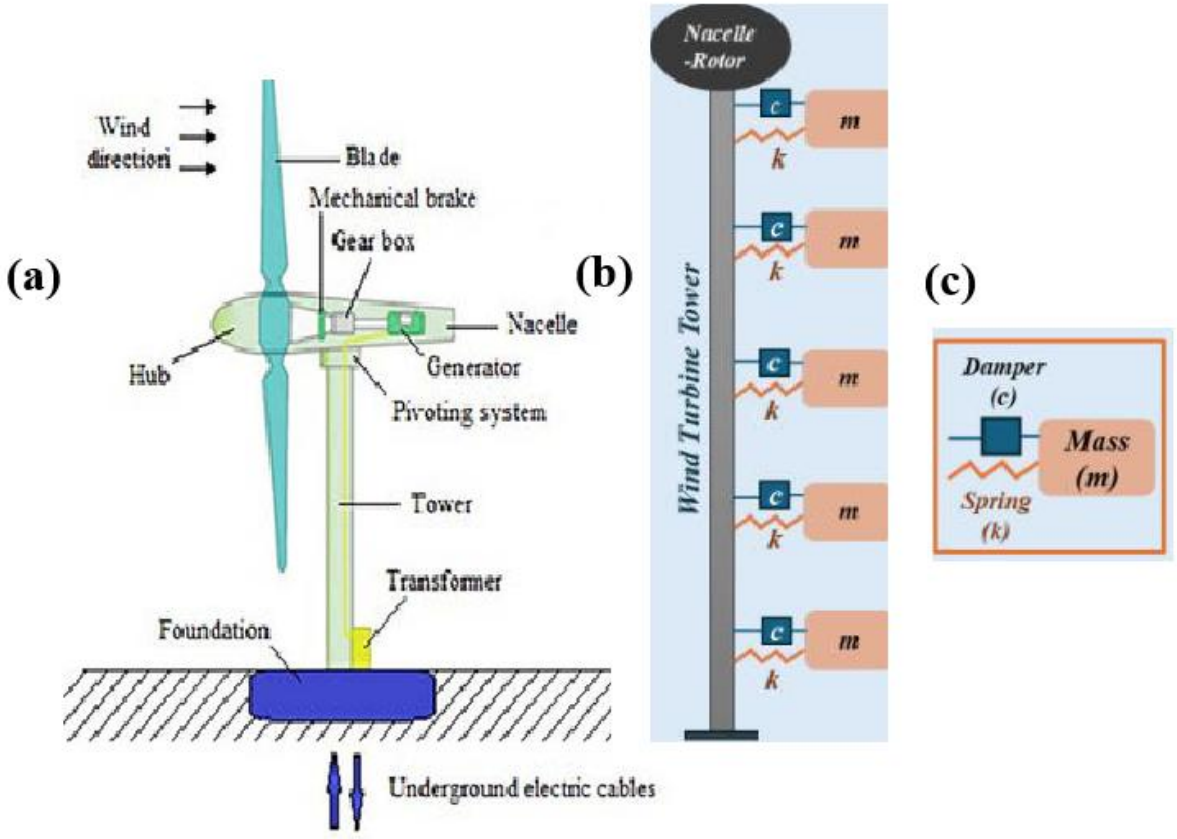


Figure 1: Wind turbine sections and resonator implementations: (a) wind turbine, (b) resonance placement, (c) single resonator model

Although these studies establish the feasibility of distributed resonators for wind turbine tower mitigation, an important research opportunity remains in examining the vibration response of a geometrically distinct slender tower under a deliberately eigenfrequency-tuned resonator configuration. Larger and taller turbine towers with broader parameters have been studied previously (*Demiryurek, 2025; Demiryurek, 2025*). In this research, a 100 m steel turbine tower with an outer diameter of 4 m and a wall thickness of 0.03 m is considered, thereby modifying the global structural stiffness and fundamental dynamic characteristics of the host system. More importantly, the resonators are specifically modulated to the level of the tower resonance frequency. This configuration (Figure 1-b and c) allows the study to focus specifically on the dynamic consequences of eigenfrequency-based tuning rather than on the more general question of whether tuning is advantageous.

Accordingly, the present study investigates the coupled influence of resonator mass ratio and the resonator population under exact fundamental-frequency tuning. Two resonator mass ratios (μ=0.05 and 0.1) are considered together with 30 and 60 distributed resonators. A MATLAB-based dynamic modelling framework is employed to determine the eigenfrequency of the steel tower, establish the corresponding resonator properties, and evaluate the harmonic response of the coupled structure. A frequency response function (FRF) is used to quantify the resulting changes in resonant behaviour and vibration amplitude across the investigated configurations. Therefore, the present study concentrates on the fundamental physical mechanism of eigenfrequency-guided passive vibration mitigation and on how physical properties of the resonators would participate.

The main contribution of this study is the establishment of an eigenfrequency-centred design framework in which modal characteristics of the primary structure directly determine the resonator tuning condition. By systematically

comparing the effects of the resonator number and mass ratio, the study aims to clarify the extent to which distributed resonant attachments can modify the low-frequency response of the slender steel tower and to identify the parameter combinations associated with the most favourable vibration attenuation. This study contributes to the broader development of metamaterial-inspired vibration-control concepts for wind energy structures.

2. METHODOLOGY

Within the context of locally resonant structures, eigenfrequency modelling provides an important basis for the design of passive resonant vibration mitigation systems. The fundamental eigenfrequency of a slender tower represents a direct measure of its global bending stiffness and dynamic flexibility and can therefore be used not only as an output of structural analysis but also as a design reference for passive vibration control. When the natural frequency of an attached resonator is selected in relation to the fundamental eigenfrequency of the host structure, strong local dynamic interaction can be established in the targeted frequency region. The resulting response depends on frequency matching, the resonator mass ratio, damping ratio and spatial distribution along the primary structure.

2.1.Finite Element Modelling of the Wind Turbine Tower

The tower is modelled as a hollow circular beam using the Euler-Bernoulli beam theory, which provides an appropriate framework for investigating the global bending behaviour of slender structures. The material properties of steel are defined by Young's modulus, E = 210 GPa, and density, ρ = 7850 kg/m^3. The tower is discretised into finite beam elements, and the corresponding element-level mass and stiffness matrices are assembled to obtain the global mass and stiffness matrices of the structural system. The tower base is assumed to be clamped to the surface, and the nacelle-rotor equipment is assembled as a lumped mass at the tower top.

The natural frequencies and mode shapes of the tower are determined by solving the generalised eigenvalue problem as given in Equation 1.

$$(\mathbf{K}_T - \omega_i^2 \mathbf{M}_T)\boldsymbol{\phi}_i = \mathbf{0} \qquad \text{Equation (1)}$$

where $\mathbf{K}_T$ and $\mathbf{M}_T$ denote the global stiffness and mass matrices of the tower; ω_i is the i-th natural angular frequency, and $\boldsymbol{\varphi}_i$ represents the corresponding mode shape. The fundamental natural frequency is calculated using $f_r = \omega_1/2\pi$. The frequency is used as a reference for determining the resonator properties in the subsequent stages of the analysis. The eigenfrequency calculation (*Liu, et al., 2000*) is performed for the turbine tower without attached resonators to establish the tuning condition relative to the primary structure's fundamental bending frequency.

Each resonator is represented by a lumped mass connected to the primary structure through a linear spring. In order to investigate the influence of the resonators' mass participation and the spatial distribution, two mass ratios (μ=0.05 and 0.1) and two resonator populations (n_R=30 and 60) are considered. The present study adopts matching eigenfrequencies in the natural frequency of each resonator that coincide with the natural frequency of the turbine tower (f_r=f_1).

The resonators are incorporated into the finite element representation of the tower at their prescribed attachment locations. Their masses and stiffnesses are included in the coupled system formulation. This approach enables the effect of resonator mass ratio and resonator population to be evaluated under a common eigenfrequency tuning condition.

2.2. Frequency Response Analysis

The dynamic behaviour of the coupled tower-resonator system is investigated through MATLAB-based frequency-domain analysis. The equation of motion representing the assembled system is represented through Equation 2.

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) = \mathbf{F}(t) \qquad \text{Equation (2)}$$

where **M** and **K** are the global mass and stiffness matrices of the coupled system. Also, **F**(t) represents the applied harmonic excitation force. The frequency response functions (FRFs) are evaluated over the decided frequency range to determine the impact of the attached resonators on the dynamic response of the wind turbine tower.

The response of each resonator configuration is compared with that of the baseline tower without resonators. The same excitation conditions, response location and frequency range are maintained throughout the comparisons to ensure that differences in the calculated FRFs are attributable to the resonator configurations, rather than changes in the analysis conditions.

3. RESULTS

According to the analysis, Figures 2 and 3 provide representations of the frequency response characteristics of the steel wind turbine tower equipped with distributed resonators under undamped conditions. Two resonator mass ratios and two resonator populations are considered, with the resonators tuned to the fundamental natural frequency.

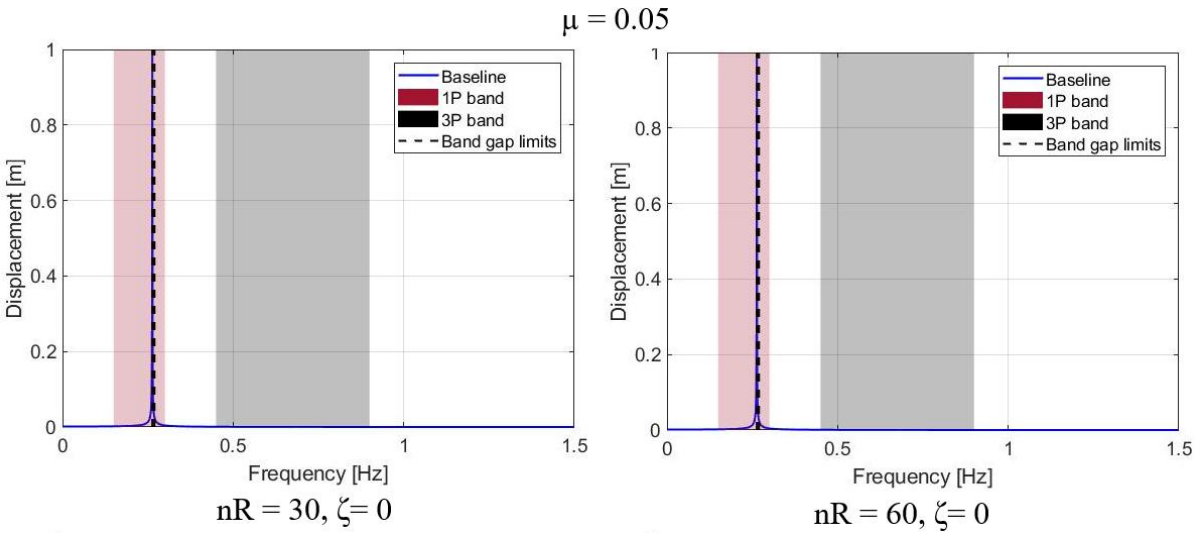


Figure 2: FRF evaluation of a multiple-resonator-attached tower at a mass ratio of 0.05: (a) impact of 30 resonators, (b) impact of 60 resonators

The results indicate that the dynamic interaction between the tower and the resonators is concentrated within a narrow frequency region around the targeted fundamental frequency. Increasing the resonator mass ratio from 0.05 to 0.10 appears to modify the response in this region, whereas increasing the number of resonators from 30 to 60 produces no clearly distinguishable change in the plotted response as seen individually in both Figure 2 and Figure 3. This suggests that, under the investigated conditions, increasing the resonator population alone does not necessarily lead to a substantial improvement in vibration mitigation.

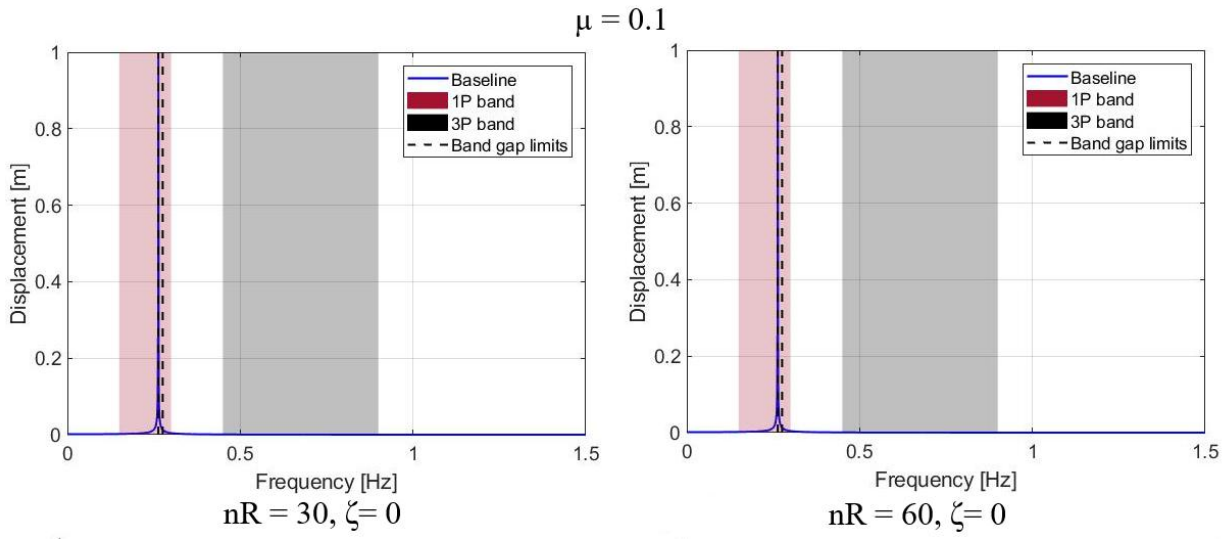


Figure 3: FRF evaluation of a multiple-resonator-attached tower at a mass ratio of 0.1: (a) impact of 30 resonators, (b) impact of 60 resonators

The results also show that the response remains concentrated around the tuned frequency rather than exhibiting a broad attenuation region across the analysed frequency range. Therefore, the observed behaviour is more appropriately interpreted as localised resonant interaction than as broadband vibration suppression. The presented configurations correspond exclusively to the undamped case; the influence of damping on peak attenuation and response stability cannot be established from these figures alone.

CONCLUSION

This study investigated the frequency response of a 100 m steel wind turbine tower equipped with eigenfrequency-tuned distributed resonators. The effects of resonator mass ratio and resonator population were examined under undamped conditions.

The principal findings are as follows:

- The interaction between the tower and the resonators is concentrated around the targeted fundamental frequency,
- Increasing the resonator mass ratio modifies the response in the tuned frequency region,
- Increasing the number of resonators does not produce a dramatic change as plotted in the results; this might be related to the low number of resonators,
- The observed behaviour is localised around the tuned frequency; therefore, the resonators are useful in this region. However, the figures do not demonstrate broadband attenuation or establish the existence of a band gap. This is suggested to be studied using a large population of resonators and variously tuned resonators.

Overall, the results highlight the importance of the resonator mass ratio and spatial distribution in the design of passive vibration mitigation systems for slender structures. However, the present figures do not establish which configuration provides the greatest attenuation. Quantitative comparison of peak amplitudes and the corresponding percentage reductions would be required to determine the relative performance of the configurations conclusively.

REFERENCES

1. Machado, M. R., & Dutkiewicz, M. (2024). Wind turbine vibration management: An integrated analysis of existing solutions, products, and open-source developments. Energy Reports, 11, 3756–3791. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.03.014
2. Lu, Z., Zhao, S., Ma, C., & Dai, K. (2023). Experimental and analytical study on the performance of wind turbine tower attached with particle tuned mass damper. Engineering Structures, 294, Article 116784. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116784
3. Demiryürek, Ş. G. (2026). Performance of periodically distributed resonators for vibration mitigation in wind turbine towers. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. Advance online publication. https://doi.org/10.65206/pajes.1916970
4. Van Belle, L., Deckers, E., & Cicirello, A. (2024). Investigating and exploiting the impact of variability in resonator parameters on the vibration attenuation in locally resonant metamaterials. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 382(2279), Article 20230364. https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0364
5. Zhao, B., Thomsen, H. R., Pu, X., Fang, S., Lai, Z., Van Damme, B., Bergamini, A., Chatzi, E., & Colombi, A. (2024). A nonlinear damped metamaterial: Wideband attenuation with nonlinear bandgap and modal dissipation. Mechanical Systems and Signal Processing, 208, Article 111079. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2023.111079
6. Mu, F., Xu, Z.-D., & Zhang, M. (2026). Locally resonant elastic metamaterials for low frequency vibration isolation and mitigation: A review of theoretical modeling, tuning mechanisms, and civil engineering applications. Journal of Building Engineering, 123, Article 115885. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710226007060
7. Lei, Z., Liu, G., Yang, Q., Law, S. S., Li, Y., & Cui, T. (2024). Experimental investigation on vibration suppression of a new prestressed TMD for wind turbine towers. Thin-Walled Structures, 202, Article 112080. https://doi.org/10.1016/j.tws.2024.112080
8. Demiryürek, Ş. G. (2025). Analytical and MATLAB-based modal and harmonic response modelling of wind turbine towers considering various Euler–Bernoulli beam configurations. In 4th International Korkut Ata Scientific Research Conference (Vol. 2, pp. 582–594).
9. Demiryürek, Ş. G. (2025). An evaluation of material selection and resonance characteristics in wind turbine towers: Toward metamaterial integrations. In 7th BİLSEL International Gordion Scientific Researches Congress (pp. 53–58).
10. Liu, Z., Zhang, X., Mao, Y., Zhu, Y. Y., Yang, Z., Chan, C. T., & Sheng, P. (2000). Locally resonant sonic materials. Science, 289(5485), 1734–1736. https://doi.org/10.1126/science.289.5485.1734

DEVELOPING A USER-CENTRED VALUE PROPOSITION IN WINDSURF TECHNOLOGY: AN EXPLORATORY STUDY OF A REAL-TIME GUIDANCE SYSTEM

Tevfik Kayra AKTAR

American Collegiate Institute, Izmir, Turkey

Independent Researcher | 98aktar@gmail.com | ORCID: 0009-0001-6086-0892

Summary

Aligning the value propositions of emerging sports technologies with user needs is critical to early-stage product development decisions. This study examines the relationship between the functions of a proposed real-time routing system and users 'existing decision-making difficulties and expectations. The theoretical framework draws on Endsley's situational awareness approach model, which addresses the perception and interpretation of environmental elements and the anticipation of potential developments. An exploratory, cross-sectional online survey was conducted using convenience sampling. Of the 27 responses collected, one record that did not meet the participation criteria was excluded, and data from 26 participants were analyzed descriptively.

Twelve participants reported difficulties deciding on the direction of travel or the time of return. Within this group, seven participants reported difficulty noticing wind direction or changes in wind conditions, four participants reported challenges in predicting the outcomes of their decisions, and four participants reported difficulty practicing movements. Among the 12 participants who prioritized route-finding, eight identified understanding the direction the direction of travel in relation to wind conditions as the primary support need. Of the 14 participants who prioritized performance, five reported no clear information needs. Twenty-three participants considered the proposed product functions compatible with their needs, and 20 expressed willingness to test the system in a pilot setting. Key concerns included potential distraction, reliance on the system, and inaccurate or delayed routing. Although the small sample size limits generalizability of the findings, the study provides an exploratory basis for linking an early-stage business concept to user needs and for prioritizing subsequent product development and validation studies.

Anahtar Kelimeler: Windsurfing, situational awareness, user needs, real-time guidance, value proposition.

1. INTRODUCTION

Windsurfing is a dynamic sport in which users must gather information under continually changing environmental conditions, interpret this information, and translate it into movement decisions within a short period. Users must simultaneously assess multiple factors, including wind direction and intensity, board direction, target position, current cruising angle and potential changes in wind conditions. This process enables novice users to reach their destination, return to their starting point, and determine an appropriate return time. For experienced users, it is also relevant to maintaining speed and improving route performance.

Windsurfing equipment and digital support solutions represent an area oin which technology-based products may be developed. However, technical feasibility of a product does not necessarily indicate that it will create value for users. Evaluating an early-stage product concept therefore requires identifying the user problem it seeks to address, determining who experiences this problem, and assessing the extent to which the proposed functions align with existing needs.

The product concept examined in this study is windsurfing system designed to provide users with real-time, comprehensible guidance by integrating wind,, location, and movement data. The system is intended to assist novice users in determining their direction of travel, estimating return time, and returning to their starting point, while supporting route and speed decisions among performance-oriented users.The product remains in the development phase and no usage data are currently available to demonstrate whether the system improves decision accuracy, reduces learning time, or enhance sport performance.

This study aims to provide exploratory evidence for the development of a user-centered value proposition by examining the information-related and decision-making difficulties experienced by windsurfing users during cruising, the support resources they use, their needs across different usage purposes, and their expectations and concerns regarding the proposed system.

2. Literature and Theoretical Framework

2.1. Situational Awareness and Decision Making

The study is grounded in Endsley's (1995) situational awareness approach. Situational awareness involves perceiving relevant elements within a dynamic environment, interpreting them in relation to current situation, and anticipating how that situation may develop in the near future. These processes interact according to an individual's goals and changes in the environment (Endsley, 2015).

In windsurfing, recognizing wind direction or changes in wind conditions can be associated with perception. Establishing the relationship among wind conditions, board direction, and the target location, as well as anticipating the consequences of continuing or changing direction, can be associated with prediction. Because knowing the appropriate action does not ensure that the movement can be executed correctly, information-processing and decision making difficulties are considered separately from difficulties related to physical movement execution.

2.2. Technology-Assisted Feedback in Windsurfing

Windsurfing and sailing technologies are used to provide real-time feedback and to measure speed, position and route characteristics. Tarnas et al. (2023) examined the contribution of smartphone-delivered voice feedback to tactical decision making among 13 competitive windsurfing athletes. Although some functions were considered useful, particularly by less experienced athletes; however, the study did not demonstrate that the duration of initial training was reduced or that all decision-support functions were equally useful.

Goto et al. (2025) evaluated an educational system designed to support the remote learning and re-experience of windsurfing movements through two cases. Together these two studies address technology-supported learning in

different contexts. The current research examines the value proposition of a proposed system at an early stage by focusing on users' reported decision-making difficulties and needs reported by users, rather than testing its technical effects.

2.3. Task–Technology Fit and Expected User Value

According to the Task–Technology Fit approach, the value of technology depends on the alignment between its functions and the tasks users seek to accomplish (Goodhue & Thompson, 1995). Presenting a large volume of data does not independently create value; rather, the information must address the requirements of a specific task. Returning to the initial point, selecting a feasible direction based on wind conditions and identifying the causes of speed loss distinct tasks.

The Technology Acceptance Model treats perceived usefulness as the belief that a system will improve task or performance (Davis, 1989). Because participants did not use the product, actual usability could not be assessed in this study. Instead, the study examined expectations regarding the product's capacity to clarify which information should be considered, reduce uncertainty, and support evaluation through a pilot application.

3. Framework for Exploratory Research

Rather than testing a causal hypothesis model, the study adopts an exploratory framework to examine users' current decision-making experiences, the support tools they use, the priority needs, expectations regarding the proposed product, and the conditions influencing adoption within the user context.

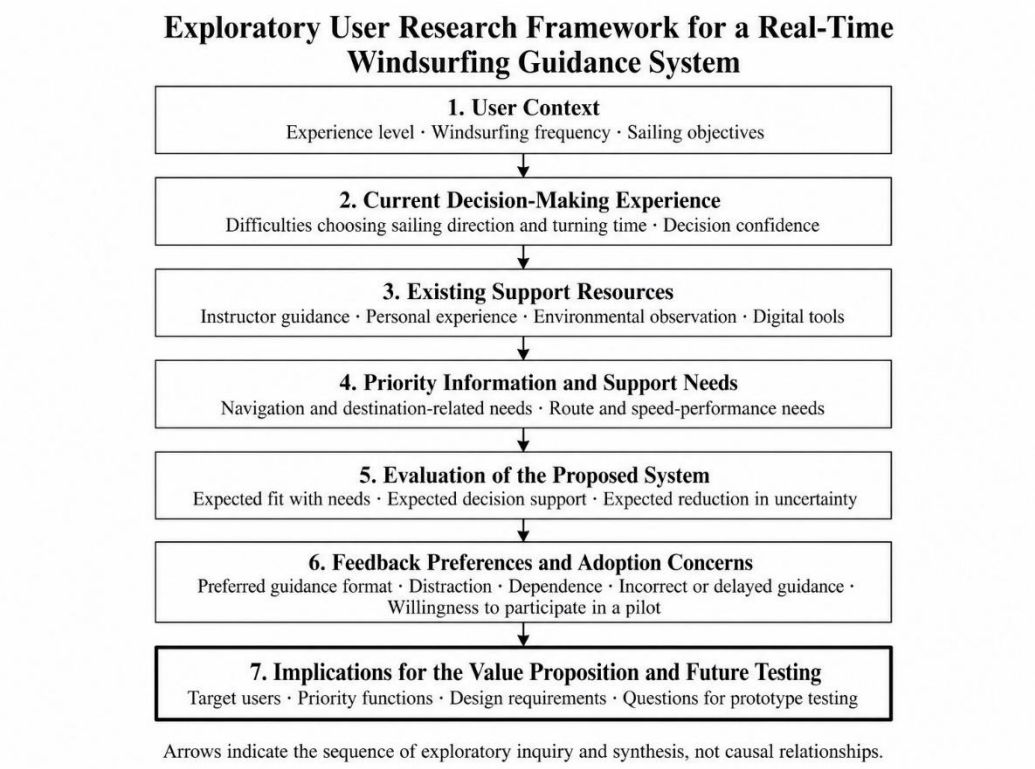


Figure 1. An Exploratory User Research Framework for a Real-Time Windsurfing Guidance System

3.1. Research Questions

The research questions are presented below.

RQ 1. What challenges do windsurfing users encounter when deciding on their travel direction and return time?

RQ 2. How can these reported challenges be associated with the perception, comprehension and prediction processes of situational awareness?

RQ 3. What personal, social and technological support resources do users draw upon when making cruising decisions?

RQ 4. How do the information needs associated with prioritizing direction-finding and reaching a destination differ from those related to route and speed performance?

RQ 5. How do users assess the alignment between the proposed product functions, their needs and the anticipated decision support?

RQ 6. What forms of feedback do users prefer, and what concerns do they express regarding system use?

RQ 7. How can the system's user-centered value proposition be structured to address the identified needs and reservations?

4. Method

4.1. Research Design

The study employed an exploratory, cross-sectional, user-centered online survey design. Participants' current experiences were assessed before the product description, whereas expectations and reservations regarding the product concept were measured in the final section of the form. As participants did not use the the product, the findings were not interpreted as evidence of technical effectiveness or actual usage behavior.

4.2. Sampling

The target population comprised adult windsurfing users aged 18 years or older who had participated in windsurfing within the previous 12 months. Participants were recruited through the researcher's student and athletic networks using convenience sampling, as the eligibility criteria could be readily applied. One of the 27 responses collected, one was excluded because the respondent had not participated in windsurfing within the past 12 months. The final sample comprised 26 participants.

4.3. Data Collection Tool and Form Sections

Data were collected using an online questionnaire developed in Google Forms. The questionnaire consists of six sections: voluntary participation and eligibility, participant characteristics and windsurfing experience, current decision-making, support resources and usage priorities, purpose-specific information needs and evaluation of the product concept. The questionnaire included multiple-choice, multiple-response, 0-10 point, five point rating and open-ended questions.

The items were not derived from a single previously validated psychometric scale. Instead, Endsley’s situational awareness framework informed question development and interpretation. Product evaluation items were analyzed as separate indicators; no total scale score, reliability analysis, or factor analysis was conducted.

4.4. Variables

Table 1 presents the variables examined in this study, along with their indicators, and measurement formats.

Tablo 1. Study Variables, Indicators, and Measurement Formats

Variable group	Indicators	Measurement
User context	Age, gender, region, experience, frequency of use	Categorical
Decision experience	Directional/turning difficulties and decision confidence	Categorical; 0-10
Situational awareness difficulties	Problems of perception, understanding and prediction	Multiple responses
Available supports	Instructor, experience, environmental observation, social and digital tools	Multiple responses
Purpose of use	Navigation/destination or route/speed performance	Binary choice
Priority need	Purpose-specific information and support requirements	Categorical
Expected user value	Requirement alignment, decision support, uncertainty reduction	Three separate rating items
Design and adoption	Feedback preference, reservations, and pilot interest	Categorical
Open-ended expectations	Problems, shortcomings, and design suggestions	Qualitative response

4.5. Data Analysis

Quantitative data were summarized using IBM SPSS Statistics by reporting frequencies, percentages and means. For multiple-response questions, each response option was coded as 1=selected and 0=not selected. Participants

who did not view a question because of form orientation were coded as incomplete, and percentages were calculated based on the subgroup that viewed the relevant question. Given the small sample size and absence of a standardized scale, factor analysis or regression analysis were not conducted. Open-ended responses were examined in relation to each question and classified using descriptive content codes based derived from their explicit meanings. The coding unit was an individual participant response to a question. When a response addressed multiple topics, it was assigned multiple codes. Statements lacking specific events or proposals were excluded, and blank responses were not coded as indicating an absence of need. Findings report the unique number of participants represented within each theme. The analysis of these brief responses served as a supplementary exploratory content analysis that elaborated on the survey findings; interceder agreement was not assessed.

4.6. Volunteering and Privacy

Participation was voluntary, and eligibility questions were included in the online form. Participants were assigned numerical identifiers, and open-ended responses were reported directly only when they contained no identifying information. The possibility that the researcher had served as a trainer for some participants was considered a limitation because it may have introduced social desirability bias in participation and responses.

5. Findings

5.1. Participant Profile

Participants predominantly practiced windsurfing in Çandarlı (n=11) and Alaçatı (n=9). Other reported locations included Ayvalık, Çeşme, Foça, Seferihisar and Urla; one participant indicated only Turkey. Regarding prior experience, 11 participants reported receiving individual lessons, one reported participating in group lesson, four reported performance or race training with a coach, nine reported independent windsurfing experience, and one reported competition experience.

Tablo 2. Participant Characteristics (N=26)

Characteristic	Category	n	%
Age	18-24	22	84,6
	35-44	4	15,4
Gender	Male	17	65,4
	Female	8	30,8
	Self-described differently	1	3,8
Self-reported experience level	Beginner	7	26,9
	Intermediate	8	30,8
	Advanced	10	38,5
	Unable to assess	1	3,8
Days spent windsurfing in the past 12 months	1-5 days	7	26,9
	6-15 days	6	23,2
	16-30 days	5	19,2
	31 days or more	7	26,9
	Cannot recall	1	3,8

5.2. Decision Difficulty and Situational Awareness

Within the preceding 12 months, 12 participants (46.2%) reported difficulty determining their direction of travel or return time. In contrast, 10 participants (38.5%) indicated that they had never encountered such a situation, whereas four participants (15.4%) did not recall experiencing.

Tablo 3. Reported Reasons for Decision-Making Difficulties (n=12)

Reason	n	%
Difficulty identifiying wind direction or changes in the wind	7	58,3
Difficulty anticipating the consequences of continuing on the current course or initiating a turn	4	33,3
Difficulty executing the required movement despite knowing what to do	4	33,3
Anxiety or unease	3	25,0
Difficulty understanding the relationship between the wind conditions, board direction, and destination	2	16,7
Difficulty hearing or understanding the instructor's guidance	2	16,7
Difficulty identifying the boards's direction or direction of the destination	-	-

Note. Percentages are based on the 12 participants who reported decision-making difficulties. Multiple responses were permitted; therefore, percentages may total more than 100%.

Among the 12 participants who reported decision-making difficulties, the mean confidence score for decisions made during the recalled event was 4.67. This score reflects participants' subjective confidence at the time of the incident rather than the accuracy of their decisions.

Open-ended event narratives highlighted situations involving difficulty understanding wind direction, predicting changes in wind conditions, deciding to turn back, executing a turning maneuver, and adjusting the exit angle. Responses lacking sufficient detail, such as "I had a hard time," were not used as evidence for any specific problem category.

5.3. Available Support Resources

Table 4 presents the resources participants used to support their windsurfing-related decisions. Prior knowledge and personal experience were the most frequently reported resources (50.0%), followed by observations of wind and other environmental cues (30.8%).

Tablo 4. Existing Support Resources

Source of support	n	%
Previous information and personal experience	13	50,0
Observing the wind and environmental signs	8	30,8
Instructor/coach orientation	7	26,9
The orientation of people who windsurf together	7	26,9
Smart watch or GPS	7	26,9
Phone application	2	7,7

Note. Participants may select more than one option.

5.4. Purposes of Use and Priority Needs

Twelve participants (46.2%) identified understanding the direction of travel and reaching the destination or starting point as their primary purpose, whereas 14 participants (53.8%) prioritized improving route and speed performance. As shown in Table 5, understanding feasible sailing directions in relation to the wind was the leading need within the navigation group (66,7%).

Tablo 5. Priority Support Needs by Primary Windsurfing Objective

Navigation group: priority support need	n	% (n=12)
Understanding feasible sailing directions relative to the wind	8	66,8
Identifying a route back to the starting point	1	8,3
Deciding when to turn	1	8,3
Assessing whether the selected direction leads toward the destination	1	8,3
No specific support need	1	8,3
Performance group: priority information need	n	% (n=14)
No specific information need	5	35,8
Understanding the effects of equipment and personal characteristics on performance	3	21,4
Selecting a direction that maintains or increases speed	2	14,3
Understanding the effects of turning time on route and speed	2	14,3
Adjusting the sailing angle in response to changes in the wind	1	7,1
Understanding the reasons for speed loss	1	7,1

Note. Each participant selected one priority need within their respective objective group. Percentages were calculated separately for each group and may not sum to the total because of rounding.

5.5. The Expected Value of the Product Idea

Participants evaluated the proposed system after reading a description of its intended functions. These findings reflect expectations of the product idea described, rather than measured performance or usefulness after actual use.

Tablo 6. Participants' Evaluations of the Expected Value of the Proposed System (N=26)

Product evaluation statement	Positive n	Positive %
The proposed functions align with my needs.	23	88,5
I expect the system to help me identify the information I need to consider.	25	96,2
I expect the system to reduce uncertainty in my decision-making.	25	96,2

Note: The positive response is the sum of the categories "I agree"and "I strongly disagree".

5.6. Feedback Preference, Concerns, and Interest in Pilot Participation

Participants were asked about their preferred guidance format, primary concerns regarding the proposed system, and willingness to participate in a pilot. Table 7 summarizes their guidance preferences and concerns.

Tablo 7. Preferred Feedback Formats and Main Concerns About Using the Proposed System (N=26)

Preferred support format	n	%
Stating what needs to be done in an concise and direct manner	11	42,4
Selecting between support options according to users' needs	8	30,8
Presenting data while leaving the decision to the user	3	11,5
Not requiring such support	3	11,5
Explaining the rationale for the proposed action	1	3,8
Most significant usage concern	n	%
Distraction caused by looking at the screen	7	26,9
Becoming dependent on the system	6	23,2
Incorrect or delayed routing	5	19,3
Resistance to water, shocks, and tipping	3	11,5
No specific concerns	3	11,5
Purchase or usage cost	1	3,8
Insufficient additional benefits compared with current methods.	1	3,8

Under favorable conditions, 20 participants (76,9 %) expressed a positive willingness to test the system in a pilot application. In contrast, four participants (15,4 %) reported a negative attitude while two (7,7 %) indicated that they lacked sufficient information to make a decision.

5.7. Exploratory Content Analysis of Open-Ended Responses

Eight participants responded to question Q9. Although seven responses described a specific difficulty, the response "I had a hard time" was excluded from detailed coding because it did not provide a concrete example. Difficulties related to detecting, interpreting and predicting wind direction or changes in wind direction were identified in three responses. Turn or maneuver angle was mentioned in three responses; while turn-related decision-making or implementation was reported in two responses. Drifting and falling in an undesirable direction were reported as outcomes in the two responses; however, these outcomes were not evaluated as verified safety risks or measures of errors in judgment.

One participant stated, "I couldn't turn because I couldn't tell which direction the wind was coming from" (Respondent10). Respondent 22 reported being unable to predict an increase in wind speed and crashing because of sudden gusts. Respondent 18 stated, on the other hand,"I was undecided about whether to return or not." These statements suggest that difficulties in recognizing and interpreting environmental information, as well as in

decision-making and action implementation, can coexist within the same situation. The spelling in the quotations has been preserved to reflect the participants' original statements.

Five of the nine responses to question Q15_B consisted of “no”. Two participants indicated the need for older equipment or more advanced materials. One participant reported that their existing vehicles were inadequate under all weather conditions and could not achieve the desired speed and balance. Another participant stated that their needs had been met and that they had upgraded their equipment in line with their development. These responses suggest that limitations in the available tools cannot be attributed solely to lack of knowledge. However, brief ”no" responses do not provide sufficient evidence that all needs have been met.

Four of the five responses to question Q15_A consisted of “no ”, whereas one response was“ yes”. Because these statements did not contain explanations, neither the nature of the problem nor the reasons why the available tools were considered insufficient could be determined. Accordingly, these responses were not directly coded as indicating a need.

Fourteen participants responded the question Q20 question; nine responses included concrete suggestions, whereas five were limited to “yes/no”. Three participants emphasized the importance of clear, concise, or non-distracting guidance, and two referred to differentiation based on user skill level. Two responses mentioned location, maps, or a compass, while two referred to wind and environmental conditions. One response indicated that the system should be easy to understand, and another highlighted the prevention of delays. One participant expected the system to display downpour zones in advance; however, this expectation was set aside because it may require predictive functionality beyond the display of current measurements.

Respondent 9 stated, "It shouldn't distract me; it should have short, clear, and concise instructions." Respondent 8 noted that warnings issued when recommendations are not followed could reduce users’ willingness to use the system. In contrast, Respondent 6, indicated that, although the system may be useful for beginner-and intermediate- level athletes, advanced athletes would require more refined information. These expectations suggest that subsequent prototype testing should examine how information is presented and whether its meets users’ specific purposes, rather than focusing primarily on the number of available functions.

6. Discussion

The findings suggest that a uniform user value proposition cannot be assumed for the proposed system. Although the direction-finding and reaching-a-destination group demonstrated a clear need to understand the appropriate navigation direction in relation to wind conditions, needs within performance group were more heterogeneous, and some participants reported no substantial need for additional information. This pattern suggests that different function sets and levels of feedback may be required for beginner and performance users.

Among the participants who experienced decision-making difficulties, the most frequently reported problem was an inability to identify wind direction or changes in wind conditions. Difficulty predicting the consequences of continuing or turning back also emerged as a significant need. These findings indicate that the perception and prediction components of situational awareness could be reflected in system design. However, the fact that four participants reported difficulty performing the movement suggests that not all problems can be addressed by providing additional information.

Half of the participants relied on personal knowledge and experience when making decisions; they also used resources such as trainers, other users, environmental observation, and GPS. The proposed system would therefore not operate in absence of existing support but would be assessed in relation to established personal, social and technological resources. Its value proposition should extend beyond data presentation by clarifying how it supports decisions more effectively or reduces ambiguity compared with existing solutions.

Although evaluations of the product concept were favorable, the principle concerns related to distraction, dependence on the system, and inaccurate or delayed routing. The preference for brief and direct feedback indicates that displaying the maximum possible amount of data may not necessarily create user value. Allowing users to select the level of guidance may support adaptation to varying levels of experience and differing goals.

The high level of interest in pilot testing suggests initial receptiveness to participation in a controlled prototype study. However, this level of interest does not provide evidence of purchase demand, willingness to pay, or commercial viability. The next stage should comparatively assess the product's decision accuracy, attention load, usability, reliability and contribution to independent skill development.

6.1. User-Centered Value Proposition

The value proposition, aligned with the need for direction finding, can be expressed as follows: “For windsurfing users who are uncertain about which direction to take or when to turn under changing wind conditions, the system aims to reduce the uncertainty in navigational decision-making by converting wind, location and movement information into brief and comprehensible guidance.” This statement does not represent a verified effect claim; rather, it is a user-value assumption that requires testing through a prototype.

A separate value proposition may be needed for performance-oriented users. The presence of users in this group who do not report substantial information needs, together with the prominence of equipment-related limitations, indicates that the performance mode should be examined through more-in-depth user interviews and task observations before development begins.

7. Conclusion and Recommendations

This study connected the concept of an early-stage real-time windsurfing guidance system with users' existing experiences. The findings indicated that understanding the appropriate navigation direction relative to the wind is a priority need among navigation-focused users, whereas the needs of performance-oriented users are more varied. Although participants considered brief and direct guidance valuable, they also expressed concerns regarding distraction, system dependence, and delayed information.

The next development stage should involve preparing a limited prototype focused on direction finding and turn-related decision-making, rather than developing all technical functions simultaneously. During pilot testing, traditional training should be compared with system-supported practice. Outcomes including decision accuracy, orientation comprehension, screen-monitoring time, distraction, instructor intervention, and independent application should be observed. The performance mode should be addressed through a separate user group and testing protocol.

7.1. Limitations

The research is based on a small, convenience sample. Most participants were young and practiced windsurfing in the Izmir region. The researcher's use of personal networks to recruit participants may have introduced selection bias and a tendency toward positive responses. Because participants had not yet experienced the product, their evaluations were based on the described product concept. The items used did not constitute a standardized scale, and no causal relationship testing was conducted. Some open-ended responses were brief or lacked explanation. Consequently, the findings cannot be generalized to the broader windsurfing population and do not provide definitive conclusions regarding product performance, learning effect, willingness to pay, or purchasing behavior. Nevertheless, the findings help identify the assumptions that should be prioritized in subsequent prototype and market-validation studies. Because user-priority groups were not formed according to experience level, not all members of the navigation group can be considered beginners, nor can all members of the performance group be

considered advanced users. The open-ended codes represent a descriptive organization of brief responses and do not claim thematic saturation or intercoder reliability.

References

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors, 37(1), 32–64. https://doi.org/10.1518/001872095779049543

Endsley, M. R. (2015). Situation awareness misconceptions and misunderstandings. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 9(1), 4–32. https://doi.org/10.1177/1555343415572631

Goodhue, D. L., & Thompson, R.. L. (1995). Task-technology fit and individual performance. MIS Quarterly, 19(2), 213–236. https://doi.org/10.2307/249689

Goto, M., Esaki, K., Inoue, T., Seshimo, H., & Hirano, T. (2025). An evaluation of a remote training system with bodily reliving experience for windsurfing. Sports Engineering, 28. https://doi.org/10.1007/s12283-025-00499-3

Tarnas, J., Cyma-Wejchenig, M., Schaffert, N., & Stemplewski, R. (2023). Audio feedback with the use of a smartphone in sailing training among windsurfers. Applied Sciences, 13(5), 3357. https://doi.org/10.3390/app13053357

DISEASE DIAGNOSIS VIA XGBOOST AND SUPPORT VECTOR MACHINES BASED ON WEARABLE SENSOR DATA

Asst. Prof. Dr. Rıfat AŞLIYAN

Aydın Adnan Menderes University, Mathematics Department, Aydın, Türkiye, Artificial Intelligence, ORCID: 0000-0003-1495-713X

Corresponding Author: rasliyan@adu.edu.tr

Abstract

Today, wearable technological devices are critical to diagnose diseases early when they can be record physiological parameters and movements in real time. Because of complexity and high dimensionality of these time series data, to apply machine learning methods has been more suitable than traditional approaches for model development. In this study, the systems which provides the early diagnosis of diseases have been developed by training machine learning models as XGBoost and Support Vector Machines on data obtained from these devices. Firstly, a pre-processing step has been applied to the time-series data which is collected from the wearable devices. During this step, the missing values were removed, and normalization processes were carried out. In the next stage, the dataset was split into training and test sets to train and evaluate the machine learning models. During training, models were constructed using Extreme Gradient Boosting and Support Vector Machines. The parameters of the models have been tuned with Grid Search algorithm to specify the most suitable parameters. The trained models' performance has been evaluated and compared using benchmark classification metrics as Accuracy, Precision, Recall, and F1-score. Also, the confusion matrices have been constructed to show class-based error rates, and ROC curves have been generated to calculate the discriminative ability of these models. The experimental results display that the ensemble based XGBoost method has superior performance when comparing with SVM method. XGBoost stands out because of its structure of decision tree, high generalization capability, and ability to model non-linear relationships. In addition, SVM achieved stable performance by constructing an optimal hyperplane to separate categories. As a result, this work contributes to the early diagnosis of many diseases with systems developed using data obtained from wearable device sensors.

Key Words: Disease Diagnosis, Support Vector Machines, XGBoost, Grid Search, Wearable Sensor Data

1. INTRODUCTION

The early diagnosis of diseases has been the most critical point of healthcare as enabling treatment to begin promptly helps more rapid recovery. Through the sensors of wearable devices, human physiological data and activities can be measured immediately in addition to recorded and monitored in real time. Monitoring these data during clinical examinations provides differences to be identified when compared with historical records, making an important contribution to preventive healthcare. Owing to the data gathered from wearable devices are temporal, massive, and imperfect, processing and deriving value from them by hand proves extremely hard. The most adequate approach is to utilize these datasets by developing predictive systems through machine learning techniques. The choosing of relevant methods becomes highly essential because the correlations across these data variables are mostly non-linear. Also, identifying the ideal parameter values of the classifier techniques significantly impacts total model success. In this work, XGBoost and SVM techniques which are recognised as the most successful machine learning models have been chosen, and their parameters have been tuned with Grid Search method (Al-Jamimi, 2024; Türkmen & Sezen, 2024; Güler et al., 2025; Shdefat et al., 2024; Murumkar, 2025; Alagöz, 2024).

In earlier works, dealing with categorization tasks, Support Vector Machines (SVMs) along with decision ensemble techniques have been implemented on biological and clinical data. On vast datasets, XGBoost method has been shown to be more successful than other algorithms and to display more consistent performance. SVM has been widely used in research devoted to early disease diagnosis across distinct health sectors. In activity classification studies using the data of wearable sensor, decision tree ensemble methods have been reported to display successful results. But, it is pointed out that due to the two class design of SVM method, its computational complexity increases when building predictive models for multi category tasks and massive datasets. Two primary characteristics of the XGBoost model are especially remarkable. To begin with, arising from the features of the ensemble methods, it shows robustness to missing values and the variations of feature scale. The nature of decision trees and feature contributions can be explained easily. On the contrary, some limitaions should be considered. Especially, the computational complexity on vast datasets can be significant, and its strong sensitivity to parameters constitutes other drawbacks. Accomplishing optimal performance using SVM technique heavily relies on the exact adjustment of gamma and C parameters. Provided that these configuration settings are incorrectly set, margin boundaries in non-linear tasks cannot be properly defined, causing possible generalization errors. Consequently, in order to compare XGBoost and SVM methods as accurately as possible and achieve optimal performance, parameter tuning via optimisation algorithms such as Grid Search is essential (Rizkallah, 2025; Shokrekhodaei et al., 2021; Nalepa & Kawulok, 2018; Estrella et al., 2025; Attal et al., 2015; Rahman et al., 2020; Alsareii et al., 2022; Gao & Ding, 2020; Guido et al., 2024).

The study has been organized as the followings. In the materials and methods section, the methods such as Support Vector Machines and XGBoost. In the results section, the the systems with the methods have been constructed and assessed with the benchmark classification metrics. And, in the conclusion section, the general results of the study have been presented.

2. MATERIALS AND METHODS

In this study, the diagnosis operation of disease has been applied to wearable sensor dataset with XGBoost and SVM machine learning techniques. The dataset has been split into training and test sets using a 5-fold cross-validation. The machine learning models have been constructed utilizing these methods with the training set, and their performances have been evaluated and compared with the test set. The most suitable values for the linear and radial basis function kernels, across the gamma and C hyperparameters of SVM technique, have ben determined using Grid Search method. For XGBoost method, hyperparameters as the learning rate, number of trees, and tree depth have been optimised. After training models utilizing different hyperparameter setings, the

average metric values have been computed in the testing staage, consequently the most successful hyperparameters have been identified and recorded. The testing process has been executed once using the specified hyperparameters. Preventing data leakage in parameter determination and ensuring superior model generalisation are of primary importance (Arnold et al., 2024; Παπουτσόγλου et al., 2023).

2.1 Wearable Sensor Dataset

In this work, the wearable sensor dataset has been downloaded from Kaggle web site. Its size is approximately 209 kB, and this dataset includes a total of 9 features, one of which is the target feature as "Label". This target feature has been represented as the disease classes. The other features are "pH", "BPM", "SpO2", "Temperature", "Humidity", "BP_Systolic", "BP_Diastolic", and "GSR", which means "physiological measurements of the human body". The dataset contains 5000 samples, corresponding to the rows of the dataset. The maximum and minimum values for these features are as the followings: "pH" 6.80-7.45, "BPM" 50-150, "SpO2" 80-100%, "Temperature" 35.50-38.00 °C, "Humidity" 30-80%, "BP_Systolic" 90-200, "BP_Diastolic" 60-120, and "GSR" 0.20-6.00. These values show consistency with clinical data which indicates that the dataset is adequate for this research.

There are 8 distinct categories with the target feature. It enables the identification of 7 medical classes with a normal state. These categories have been labelled as "Hyper Tension", "Lactate", "Heart Attack", "Diabetes", "Depression", "High Urea", "Anemia", and "Normal". The category distribution in this dataset stands at 22% for "Normal", 11% for "Lactate", and 66% among the remaining categories. These distribution displays the dataset is inbalanced. As a result, it is necessary to manage research with the employment of stratified splitting and macro-averaged metrics.

Table 1. Some samples of the features of the wearable sensor dataset.

pH	BPM	SpO2	Temperature	BP_Systolic	BP_Diastolic	GSR	Label
7.01	132	85	36.148	167	90	5.93	LACTATE
7.34	115	93	37.131	142	99	1.34	HYPER TENSION
7.37	82	93	36.757	133	82	2.71	DIABETES
7.24	60	86	36.930	94	75	0.98	ANEMIA
7.44	80	97	36.938	110	71	1.34	NORMAL
7.42	53	98	36.859	105	60	0.61	DEPRESSION
7.28	144	84	36.950	168	104	4.02	HEART ATTACK
7.29	87	93	37.744	125	100	2.30	HIGH UREA

2.2 XGBoost Method

XGBoost which is an ensemble learning method, contains scalable decision trees as displayed in Figure 1. In the training stage, it sequentially constructs decision trees by reducing the errors of previous trees. The prediction of this method constitutes the total output of all trees (Zhang et al., 2019). In this method, regularization has been

reached by adding an error penalty term to the loss function to rise tree complexity. This regularisation eleminates overfitting problem and so it increases model generalization (Khan et al., 2023; Zhang et al., 2019). The XGBoost method supports parallel computation as well, enabling significantly more efficient execution (Khan et al., 2023). Robust tuning of this method's hyperparameters effects its all efficiency. The method's performance proves highly sensitive to parameters as "tree depth", "number of trees", and "learning rate". As a result, to ensure a rigorous comparison, hyperparameter tuning for XGBoost, much like for the SVM method should be managed with Grid Search across 5-fold cross-validation (Baghdadi et al., 2023). The difference of classification results obtained throoug SVM and XGBoost techniques can be interpreted as structural distinction of the algorithms.



Figure 1. The architecture of XGBoost.

2.3 Support Vector Machines (SVM)

SVM is a machine learning technique that tries to find a hyperplane separating categories in a train dataset with the maximum margin. The decision boundary between categories is determined utilizing the support vectors of the categories. The support vectors represent the points which is the closest to the hyperplane (Celebi et al., 2007). Hyperplanes are specified with a normal vector **w** and a coefficient **b**, with the margin width computed as $2/\|\mathbf{w}\|$. To increase the robustness of the SVM method, it is necessary to rise the margin width or reduce the $\|\mathbf{w}\|^2$ expression (Nalepa & Kawulok, 2018). While the categories are linearly separable in some problems, in the majority of samples it is very hard to separate linearly. By utilizing kernel functions, SVM method transforms the feature dimension to a higher-dimensional space; consequently, the categories can be separated linearly. This separation represents a non-linear decision boundary across the initial feature space (Nalepa & Kawulok, 2018). This increase in the dimensions reduces the requirements of directly calculating the transformation due to the kernel functions' ability to calculate inner products. The number of training samples which is required to save the model are quite small according to the all dataset size because only the support vectors are needed in the decision function (Musumeci et al., 2018). SVM includes some kernels as linear and Gaussian kernels which are presenting a framework that determines distinct class boundaries relying on the kernel (Nalepa & Kawulok, 2018). It is essential that appropriate values are assigned to the kernel types as well as parameters as gamma and C. The

choosing of the model architecture and parameter optimization is vital to increase the performance of SVM (Dinh et al., 2019).

2.4 Grid Search

The Grid Search is an optimisation technique. And, it decides the hyperparameter values from all possible values of the predefined set. It evaluates and computes all individual combinations which are specifies. The main advantage of the technique lie in its simplicity and its capacity to evaluate independently. It also has parallel computation ability (Menghani, 2023; Yang & Shami, 2020). However, its primary disadvantage is that the number of combinations grows exponentially when the number of parameters rises. When dealing with exceptionally high feature dimensionality, we face a severe computational burden. This is a phenomenon widely known as the curse of dimensionality (He et al., 2020; Yang & Shami, 2020). Bergstra and Bengio (2012) demonstrated that under an equivalent computational budget, random search can prove more efficient than grid search primarily because grid search allocates redundant resources to non-critical hyperparameters. Nevertheless, in the context of the present study, grid search may be regarded as a thoroughly suitable approach given the limited number of hyperparameters utilized.

3. EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, the models have been developed using the machine learning methods as XGBoost and SVM on the dataset including physiological measurements gathered from wearable sensor data. And their performance has been evaluated. This disease dataset contains 8 clinical features as blood “pH” level and heart rate across the target class. All models have been trained with the conditions using a 5-fold cross-validation and hyperparameter optimised by Grid Search algorithm and tested. Data normalization has been performed before constructing the SVM model, due to the fact that SVM method is sensitive to feature scaling. Cross-validation has been employed to prevent data leakage. Consequently, both models were compared under identical conditions, ensuring that any disparity in performance could be attributed directly to structural differences between the models themselves. For the evaluation of these models, accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC classification metrics were selected. Given that the problem under investigation involves multi-class classification evaluated via 5-fold cross-validation, metrics were measured using macro-averaging. AUC values were calculated on a one-versus-rest basis for each individual class and presented accordingly at the class level. The test results have been obtained from each fold, with fold-specific metrics presented in terms of their average and standard deviation. Subsequently, the mean metric scores, the optimal hyperparameters obtained for the top-performing model via Grid Search, fold-wise mean accuracy plots, confusion matrices, and ROC curves are presented and discussed.

As demonstrated in Table 2, the XGBoost method outperformed the SVM method across all folds as well as across all evaluation metrics. While the XGBoost method achieved a mean accuracy of 99.6% and an F1-Score of 99.5%, the SVM method attained 98.7% and 98.6%, respectively. The performance disparity between the two methods in terms of accuracy and F1-Score was found to be 0.9%. That both models displayed performance exceeding 98% indicates that wearable sensor data conveys an ample amount of informative signal for disease detection, while confirming that the performance variation between them stems directly from structural algorithmic differences. The standard deviation of accuracy for SVM was 0.003937, whereas for XGBoost it was 0.001, indicating that the cross-fold variability of SVM is approximately four times higher. SVM has achieved its lowest F1-Score success of 98.0% in Fold 3, while its highest score of 99.1% has been attained in Fold 4. This fluctuation can be explained as kernel parameter sensitivity, and the gamma and C values affected directly the generalization capability of SVM. By contrast, no substantial variation across folds has een observed with the XGBoost. This stability can be ascribed to the regularization term in its objective function, which eleminates overfitting and variance. Implementing Grid Search algorithm for SVM and XGBoost ensured that performance

differences arose solely from their fundamental model architectures. We can say that XGBoost represents a more suitable technique than SVM for wearable sensor-based disease diagnosis.

Table 2. Performance metric results of XGBoost and SVM methods with Grid Search.

Model	Fold	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
XGBoost	1	0.996	0.996	0.995	0.995
XGBoost	2	0.995	0.994	0.994	0.994
XGBoost	3	0.997	0.997	0.996	0.997
XGBoost	4	0.997	0.997	0.996	0.996
XGBoost	5	0.995	0.994	0.994	0.994
XGBoost	Mean	0.996	0.996	0.995	0.995
XGBoost	Std	0.001	0.0014	0.0011	0.0012
SVM	1	0.987	0.988	0.985	0.986
SVM	2	0.988	0.987	0.986	0.986
SVM	3	0.981	0.980	0.979	0.980
SVM	4	0.992	0.992	0.990	0.991
SVM	5	0.987	0.986	0.9875	0.987
SVM	Mean	0.987	0.987	0.985	0.986
SVM	Std	0.003937	0.0041	0.0041	0.0040

Table 3 shows that, when assessing with all evaluation metrics, the XGBoost method outperforms the SVM method. This table presents the average results calculated for five folds using the optimal parameters identified through Grid Search algorithm. The average accuracy of the XGBoost model stood at 99.60% ± 0.10, together with an F1-Score of 99.58%. However, the corresponding values for SVM technique have ben measured at lower levels of 98.70% ± 0.39 and 98.65%, respectively. That each metric provides close values in SVM and XGBoost models suggests that this performance is not driven by a problem related to a single metric. Both models achieve a macro F1-Score exceeding 98.60%, and XGBoost shows superior efficacy in diagnosing diseases on this dataset when comparing wih SVM.

Table 3. Average metric results of XGBoost and SVM methods with Grid Search.

Model	Accuracy (Mean ± Std)	Precision (Macro)	Recall (Macro)	F1-Score (Macro)
XGBoost	%99.60 ± 0.10	%99.61	%99.55	%99.58
SVM	%98.70 ± 0.39	%98.72	%98.60	%98.65

Upon examining Table 4, the optimal hyperparameters of the top-performing model obtained via Grid Search are presented in a comparative, fold-by-fold manner. Regarding the XGBoost method, the learning rate was determined to be 0.05 across the first four folds, whereas it was found to be 0.1 exclusively in the fifth fold. The subsample parameter for this method was consistently identified as 1.0 across all folds. The n_estimators parameter stood at 200 in the first fold, while recorded as 100 in the remaining four folds. Similarly, the max_depth parameter was set to 7 in the first fold, 3 in the fifth fold, and 5 in the remaining folds. In this context, it can be observed that while the tree depth parameter of the XGBoost method varies considerably across folds, the learning rate, n_estimators, and subsample values remain largely consistent on a fold-by-fold basis.

For the SVM method, Grid Search identified the gamma parameter as “scale” and the kernel type as “rbf” across all five folds. The regularization parameter C of SVM has been found to take a value of 1 in the first, second, and fifth folds, and 10 in the third and fourth folds. That the kernel values and gamma remained identical for all folds displays better stability according to these two parameters. The occurrence of the C parameter values within two distinct groupings across the folds suggests that SVM exhibits pronounced sensitivity to regularization tuning.

Table 4. Best parameters of XGBoost and SVM methods with Grid Search for each fold.

Model	Fold	Best Parameters
XGBoost	1	'learning_rate': 0.05, 'max_depth': 7, 'n_estimators': 200, 'subsample': 1.0
SVM	1	'svm__C': 1, 'svm__gamma': 'scale', 'svm__kernel': 'rbf'
XGBoost	2	'learning_rate': 0.05, 'max_depth': 5, 'n_estimators': 100, 'subsample': 1.0
SVM	2	'svm__C': 1, 'svm__gamma': 'scale', 'svm__kernel': 'rbf'
XGBoost	3	'learning_rate': 0.05, 'max_depth': 5, 'n_estimators': 100, 'subsample': 1.0
SVM	3	'svm__C': 10, 'svm__gamma': 'scale', 'svm__kernel': 'rbf'
XGBoost	4	'learning_rate': 0.05, 'max_depth': 5, 'n_estimators': 100, 'subsample': 1.0
SVM	4	{'svm__C': 10, 'svm__gamma': 'scale', 'svm__kernel': 'rbf'}
XGBoost	5	{'learning_rate': 0.1, 'max_depth': 3, 'n_estimators': 100, 'subsample': 1.0}
SVM	5	{'svm__C': 1, 'svm__gamma': 'scale', 'svm__kernel': 'rbf'}

When assessing Figures 2 and 3, it can be observed that the cross-fold distribution and average performances of the models presents the same underlying pattern. As shown in Figure 2, the accuracy curve of the XGBoost

remains above that of the SVM. And it follows a flat, stable trajectory. While the accuracy results for SVM range between 98.1% and 99.2%, the fold accuracies for XGBoost fall in a narrower interval of 99.5% to 99.7%. The fluctuation in SVM's performance for folds displays that the model is quite sensitive to data partitioning. In conclusion, SVM method achieved a mean accuracy of 98.70%, while the XGBoost method attained 99.60%, representing a performance disparity of 0.9 percentage between these two models.

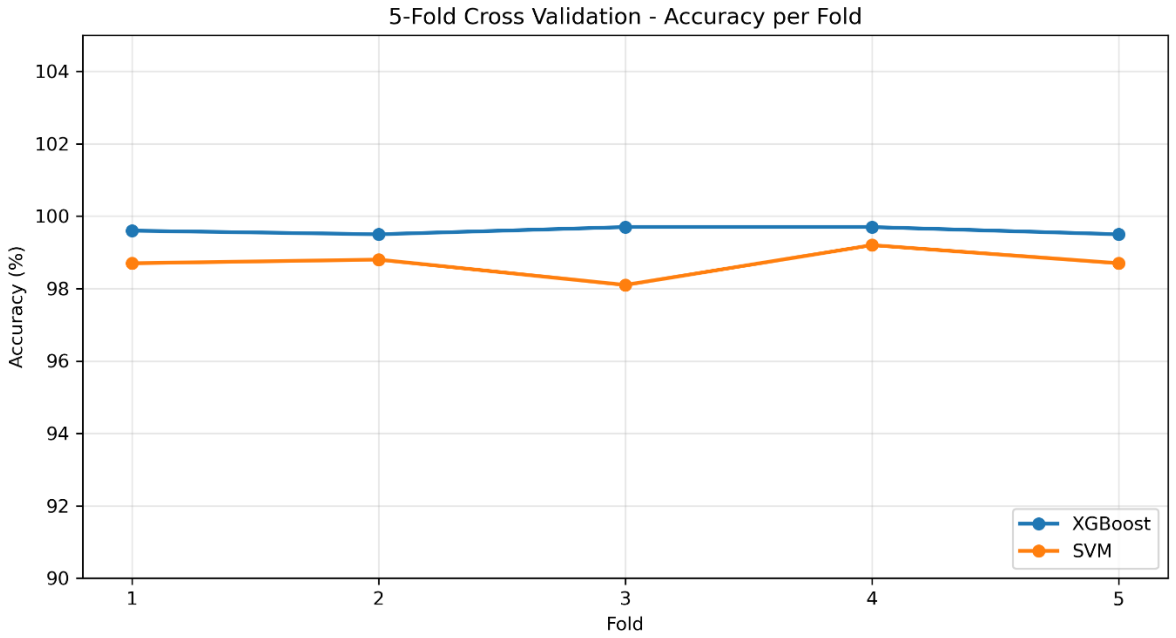


Figure 2. The general metric results of XGBoost and SVM methods.

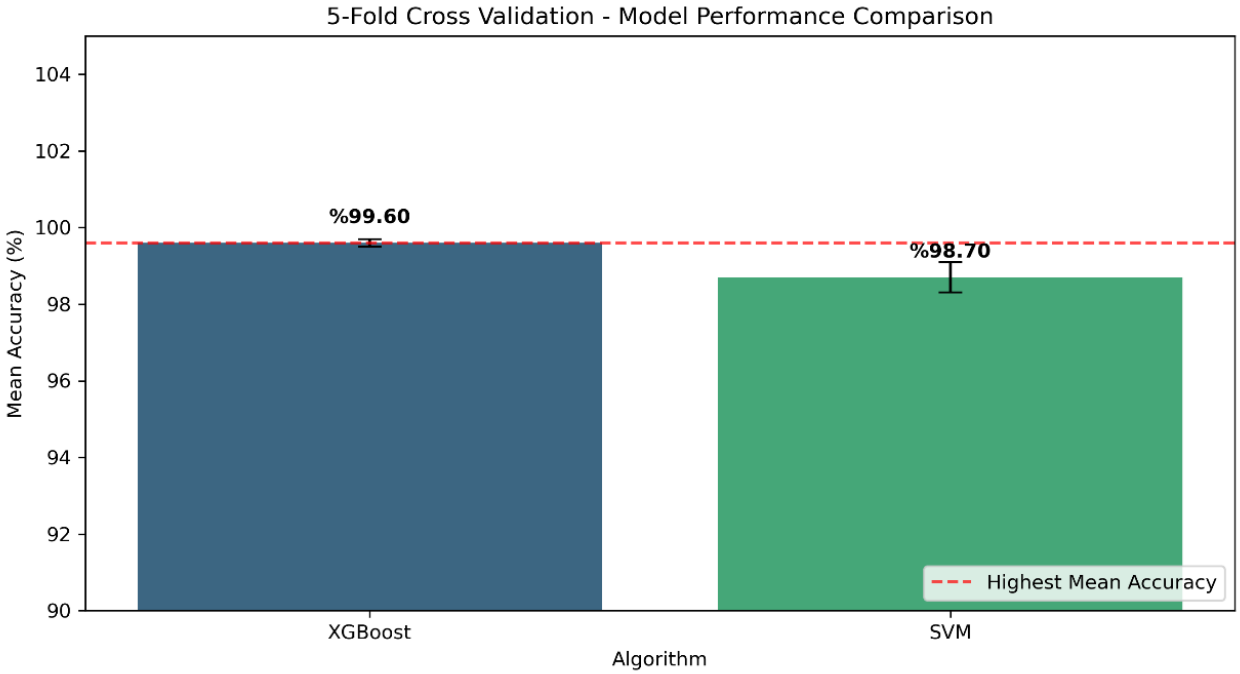


Figure 3. The general accuracy results of XGBoost and SVM methods.

The confusion matrices presented in Figures 4 and 5 show the class based errors of the SVM and XGBoost models for 5000 samples. The SVM machine learning model has correctly classified 4935 of the 5000 samples, while 65 samples have been misclassified. The XGBoost model misclassified merely 20 out of 5000 samples, achieving an overall accuracy rate of 99.6%. In the SVM model, the highest error rate occurred within the "Depression" class, where 17 out of a total of 556 sample data points were incorrectly predicted. By contrast, none of the 562 samples belonging to the "Diabetes" class were misclassified. According to the results obtained with the XGBoost model, no prediction errors were observed in the "Hyper Tension", "Heart Attack", "Diabetes", or "Normal" classes. The classes in which the 20 misclassifications occurred were "Depression", "Anemia", "Lactate", and "High Urea". Relying on these confusion matrices, it is clear that errors in both models mainly occurred between classes positioned in close to one another within feature space. Misclassifications along these boundary regions were successfully reduced from 65 down to 20 with the XGBoost model.

Figure 5 displays the ROC curves of the XGBoost model for all classes. It can be observed that the ROC curves for each class lie in very close to the top-left corner. Namely, the (0,1) coordinate, and virtually overlap one another. The AUC scores for the "Lactate", "Anemia", "Heart Attack", "Diabetes", "Hyper Tension", and "Normal" categories were calculated as 100%. For the "Depression" and "High Urea" classes, an AUC result of 0.9999 was attained. The general mean AUC was recorded as 1.0. That the curves remain well removed from the dashed diagonal reference line shows that the model achieves a high true positive rate while maintaining a low false positive rate.

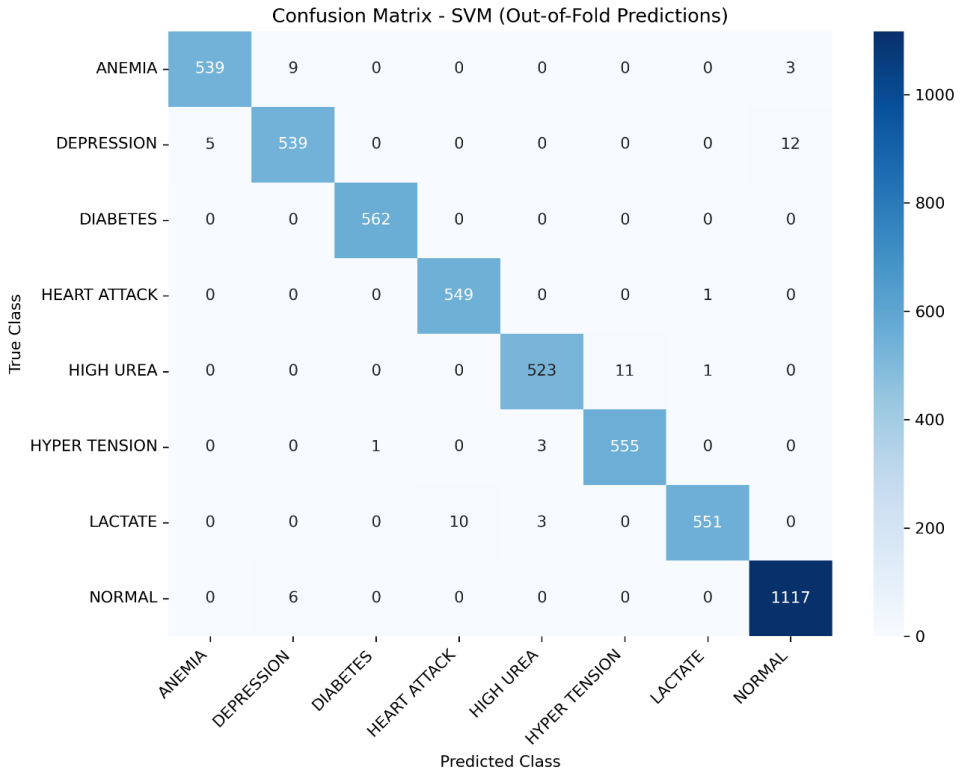


Figure 4. The confusion matrix of SVM method.

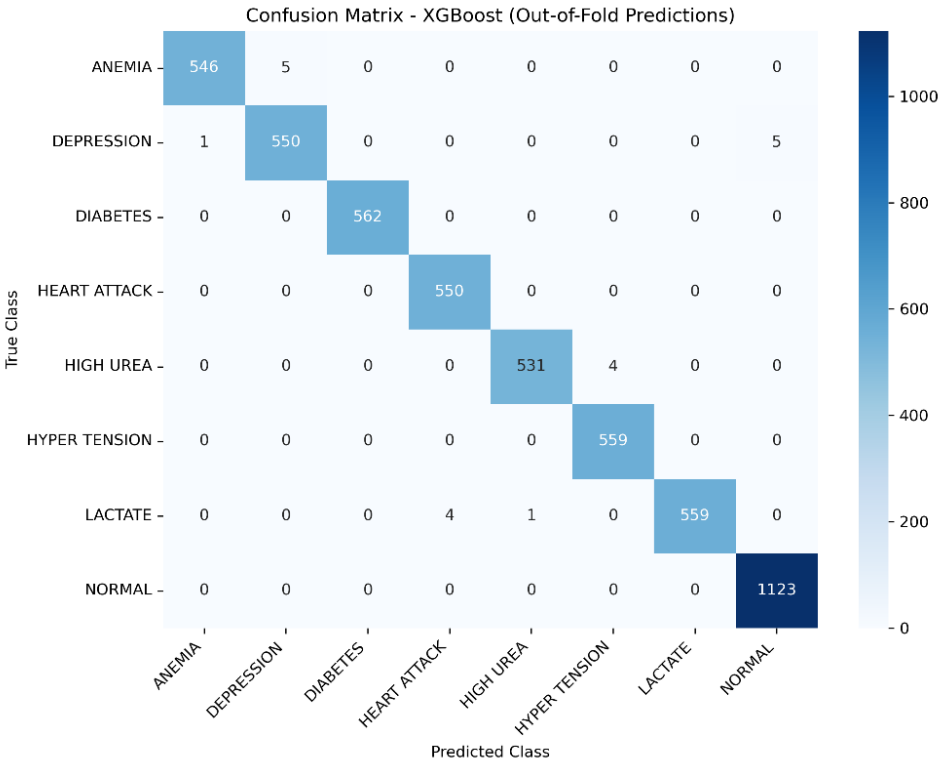


Figure 5. The confusion matrix of XGBoost method.

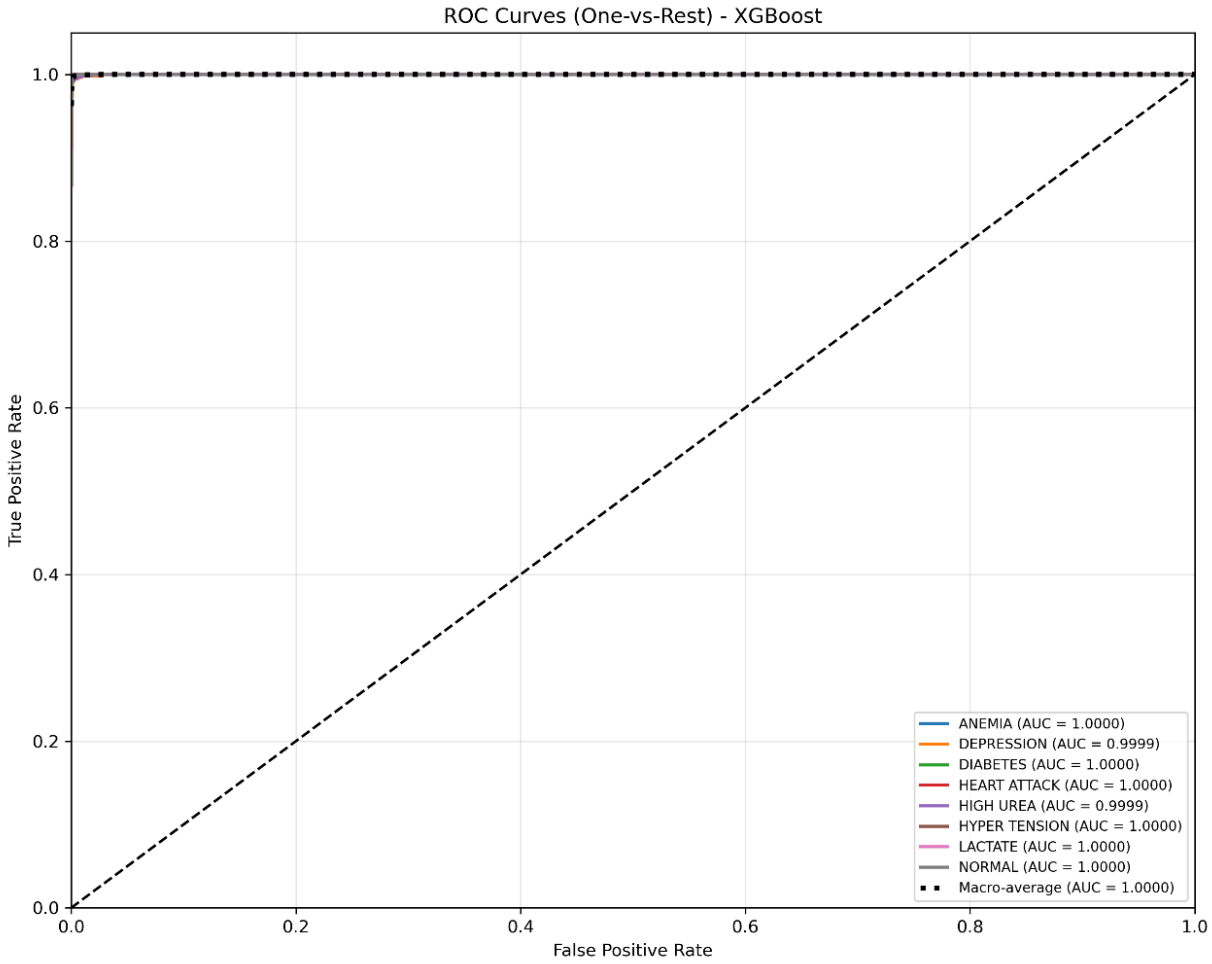


Figure 6. The ROC curve of XGBoost method.

4. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

In this work, the machine learning systems utilizing XGBoost and SVM techniques have been designed and implemented on the wearable sensor data. The systems consist of pre-processing, training and testing stages. In pre-processing the missing samples have been removed for SVM method. But, XGBoost method does not need this operation since it can be implemented with some missing data. The values of the features in the dataset have been normalized into 0-1 range. In training stage the dataset has been split into train and test set using 5-fold cross validation. After training operation, all 5 folds have been tested with the benchmark classification metrics such as Recall, Precision, Accuracy, F1-Score, AUC. In addition, the confusion matrices and ROC curves have been constructed. According to the all performance metrics, XGBoost has been the best method with 99.6% Accuracy and 99.58 F1-Score values. However, the best performance of SVM method has been calculated as 98.7% Accuracy and 98.65% F1-Score. As it is shown that XGBoost outperformed the SVM method.

For future works, other machine learning methods and hybrid systems combined with these machine learning techniques have been applied for the wearable sensor data.

REFERENCES

Alagöz, C. (2024). Comparative Analysis of XGBoost and Minirocket Algortihms for Human Activity Recognition. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.18296

Al-Jamimi, H. A. (2024). Synergistic Feature Engineering and Ensemble Learning for Early Chronic Disease Prediction. *IEEE Access*, 12, 62215-62233. https://doi.org/10.1109/access.2024.3395512

Alsareii, S. A., Awais, M., Alamri, A. M., AlAsmari, M. Y., Irfan, M., Aslam, N., & Raza, M. (2022). Physical Activity Monitoring and Classification Using Machine Learning Techniques. *Life*, 12(8), 1103. https://doi.org/10.3390/life12081103

Arnold, C., Biedebach, L., Küpfer, A., & Neunhoeffer, M. (2024). The role of hyperparameters in machine learning models and how to tune them. *Political Science Research and Methods*, 12(4), 841-848. https://doi.org/10.1017/psrm.2023.61

Attal, F., Mohammed, S., Dedabrishvili, M., Chamroukhi, F., Oukhellou, L., & Amirat, Y. (2015). Physical Human Activity Recognition Using Wearable Sensors. *Sensors*, 15(12), 31314-31338. https://doi.org/10.3390/s151229858

Baghdadi, N. A., Abdelaliem, S. M. F., Malki, A., Gad, I., Ewis, A. A., & Atlam, E.-S. (2023). Advanced machine learning techniques for cardiovascular disease early detection and diagnosis. *Journal Of Big Data*, 10(1). https://doi.org/10.1186/s40537-023-00817-1

Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. 13(1), 281-305. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.296.2005

Celebi, M. E., Kingravi, H. A., Uddin, B., Iyatomi, H., Aslandogan, Y. A., Stoecker, W. V., & Moss, R. H. (2007). A methodological approach to the classification of dermoscopy images. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 31(6), 362-373. https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2007.01.003

Chang, W., Liu, Y., Xiao, Y., Yuan, X., Xu, X., Zhang, S., & Zhou, S. (2019). A Machine-Learning-Based Prediction Method for Hypertension Outcomes Based on Medical Data. *Diagnostics*, 9(4), 178. https://doi.org/10.3390/diagnostics9040178

Dinh, A. Q., Miertschin, S., Young, A., & Mohanty, S. D. (2019). A data-driven approach to predicting diabetes and cardiovascular disease with machine learning. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1), 211. https://doi.org/10.1186/s12911-019-0918-5

Estrella, T., Capdevila, L., Alfonso, C., & Losilla, J.-M. (2025). Machine Learning for the Analysis of Healthy Lifestyle Data: Scoping Review and Guidelines. *JMIR Human Factors*, 13. https://doi.org/10.2196/78648

Gao, L., & Ding, Y. (2020). Disease prediction via Bayesian hyperparameter optimization and ensemble learning. *BMC Research Notes*, 13(1), 205. https://doi.org/10.1186/s13104-020-05050-0

Guido, R., Ferrisi, S., Lofaro, D., & Conforti, D. (2024). An Overview on the Advancements of Support Vector Machine Models in Healthcare Applications: A Review. *Information*, 15(4), 235. https://doi.org/10.3390/info15040235

Güler, H., Avcı, D., Ulaş, M., & Omma, T. (2025). Diyabet hastalığı teşhisinde makine öğrenimi modelleri ile açıklanabilir yapay zeka yöntemlerinin analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 40(3), 1995-2012. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1552790

He, X., Zhao, K., & Chu, X. (2020). AutoML: A survey of the state-of-the-art. arXiv (Cornell University), 212, 106622. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106622

Jiang, Z., Zoest, V. van, Deng, W., Ngai, E. C. -H., & Liu, J. (2023). Leveraging Machine Learning for Disease Diagnoses Based on Wearable Devices: A Survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(24), 21959-21981. https://doi.org/10.1109/jiot.2023.3313158

Khan, A. A., Chaudhari, O., & Chandra, R. (2023). A review of ensemble learning and data augmentation models for class imbalanced problems: Combination, implementation and evaluation. *Expert Systems with Applications*, 244, 122778. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122778

Menghani, G. (2023). Efficient Deep Learning: A Survey on Making Deep Learning Models Smaller, Faster, and Better. arXiv (Cornell University), 55(12), 1-37. https://doi.org/10.1145/3578938

Murumkar, S. (2025). The Role of Machine Learning in Early Detection of Chronic Diseases through Wearable Data. *International Journal of Artificial Intelligence Data Science and Machine Learning*, 6, 172-179. https://doi.org/10.63282/3050-9262.ijaidsml-v6i2p119

Musumeci, F., Rottondi, C., Nag, A., Macaluso, I., Zibar, D., Ruffini, M., & Tornatore, M. (2018). An Overview on Application of Machine Learning Techniques in Optical Networks. Arrow@dit (Dublin Institute of Technology), 21(2), 1383-1408. https://doi.org/10.1109/comst.2018.2880039

Nalepa, J., & Kawulok, M. (2018). Selecting training sets for support vector machines: a review. *Artificial Intelligence Review*, 52(2), 857-900. https://doi.org/10.1007/s10462-017-9611-1

Rahman, S., Irfan, M., Raza, M., Ghori, K. M., Yaqoob, S., & Awais, M. (2020). Performance Analysis of Boosting Classifiers in Recognizing Activities of Daily Living. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), 1082. https://doi.org/10.3390/ijerph17031082

Rizkallah, L. W. (2025). Optimizing SVM hyperparameters for satellite imagery classification using metaheuristic and statistical techniques. *International Journal of Data Science and Analytics*, 20(5), 4945-4962. https://doi.org/10.1007/s41060-025-00762-7

Shdefat, A. Y., Mostafa, N., Al-Arnaout, Z., Kotb, Y., & Alabed, S. (2024). Optimizing HAR Systems: Comparative Analysis of Enhanced SVM and k-NN Classifiers. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 17(1). https://doi.org/10.1007/s44196-024-00554-0

Shokrekhodaei, M., Cistola, D. P., Roberts, R. C., & Quiñones, S. (2021). Non-Invasive Glucose Monitoring Using Optical Sensor and Machine Learning Techniques for Diabetes Applications. *IEEE Access*, 9, 73029-73045. https://doi.org/10.1109/access.2021.3079182

Türkmen, G., & Sezen, A. (2024). A Comparative Analysis of XGBoost and LightGBM Approaches for Human Activity Recognition: Speed and Accuracy Evaluation. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 10(2). https://doi.org/10.22399/ijcesen.329

Yang, L., & Shami, A. (2020). On hyperparameter optimization of machine learning algorithms: Theory and practice. arXiv (Cornell University), 415, 295-316. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.07.061

Zhang, W., Zhao, X., & Li, Z. (2019). A Comprehensive Study of Smartphone-Based Indoor Activity Recognition via Xgboost. *IEEE Access*, 7, 80027-80042. https://doi.org/10.1109/access.2019.2922974

Παπουτσόγλου, Γ., Tarazona, S., Lopes, M. B., Klammsteiner, T., Ibrahimi, E., Eckenberger, J., Novielli, P., Tonda, A., Simeon, A., Shigdel, R., Béreux, S., Vitali, G., Tangaro, S., Lahti, L., Temko, A., Claesson, M. J., & Berland, M. (2023). Machine learning approaches in microbiome research: challenges and best practices. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1261889. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1261889

OTOSCOPIC IMAGE RECOGNITION USING EFFICIENTNET-B0 WITH TRANSFER LEARNING

Asst. Prof. Dr. Rıfat AŞLIYAN

Aydın Adnan Menderes University, Mathematics Department, Aydın, Türkiye, Artificial Intelligence, ORCID: 0000-0003-1495-713X

Corresponding Author: rasliyan@adu.edu.tr

Abstract

Today, visual otoscopic examination is a widely used diagnostic procedure for detecting ear diseases. This diagnostic process is performed manually, and an accurate diagnosis relies heavily on the physician's personal experience. Consequently, physicians, especially in primary care settings, may reach different diagnostic conclusions. This work proposes a computer-aided CNN model for the accurate multi-class categorization of otoscopic images into five distinct medical categories, namely Cerumen Impaction, Acute Otitis Media, Myringosclerosis, Chronic Otitis Media, and Healthy Ears to decrease the ambiguity of diagnosis and help physicians to make optimal decisions. The proposed model assessed on a balanced benchmark otoscopic dataset including 3000 high-resolution images. The images were distributed with 600 sample images per category. In this work, it has been employed by pre-trained EfficientNet-B0 with transfer learning to increase the feature representations. Data augmentation process has risen the number of images, the model's robustness and prevented the overfitting in the training. The training of the model and its evaluation has managed by 5-fold cross-validation. The model's optimization has been implemented using cross-entropy loss for each fold. The performance of the model's diagnosis has been analyzed across all 5 folds with the classification metrics as Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, and Receiver Operating Characteristic Curve. The category-based ROC curves and confusion matrices have been generated to evaluate all folds. The experimental results show that EfficientNet-B0 model achieves high diagnostic capability for all ear disease categories utilizing otoscopic image dataset.

Key Words: Otoscopic Image, Otoscopic Image Recognition, EfficientNet-B0, Transfer Learning

1. INTRODUCTION

Otoscopic visual examination is a first-line assessment to detect ear diseases. However, the accuracy of its diagnosis can change according to physician's training and experience. This diagnostic obstacle is highlighted through a research reporting that child doctors accurately diagnosed otitis media in fifty percent of patients. This shows the necessity for further reliable assessment of otoscopic images. Computer-assisted identification relying on deep learning afford a possible way to more objective and reliable categorization of acoustic membrane abnormalities. In the same way, a work utilizing a pre-trained deep learning shown multi-class categorization of otoscopic images into normal, chronic otitis media, earwax plug, and myringosclerosis classes. Similar strategies indicated that the selection of the configuration and fine-tuning approaches considerably impact the performance of the model which is modified its fully connected layers. Building on these findings, recent work has shown that attention-based and transformer architectures can further improve classification of middle ear conditions by capturing global image features. Such models must also be validated across multiple disease categories, since concurrent middle ear pathologies can reduce classification accuracy when labels overlap. Accordingly, an EfficientNet-based model trained on five otoscopic categories reached an overall accuracy of 88.98% on a held-out test set. Although this result is promising, the model's performance on rarer categories, such as congenital cholesteatoma, remains an open question for future work. Handling this deficiency requires larger and more balanced datasets that contain adequate samples of unusual diseases in order that models can learn their distinctive visual features (Nam et al., 2023; Song et al., 2023; 2025; Rehman et al., 2025; Akyol, 2024; Chen et al., 2026; Pires et al., 2025; Choi et al., 2022).

Previous study about ear disease detection has investigated various frameworks such as vision transformers, convolutional neural networks, and attention-based models in order to handle inadequate accuracy of visual otoscopic diagnosis. Vision transformers (ViT) have exibited specific encouraging results since self-attention mechanisms of ViT extract overall information the acoustic membrane, an ability that CNN obtains only via multi-layers from regional processing units. Even though this technique has improved the determination of otitis media with effusion, it significantly relies on the quality and variation of the training images. The model's accuracy can drop when images come from distinct devices because CNN models fitted on limited or diverse otoscopic dataset might acquire gathering anomalies. Robust generalization therefore requires training data that span multiple imaging conditions and clinical settings, and this need is reflected in recent work that validates models on held-out frames from varied sources (Dubois et al., 2024; Habib et al., 2023; Shim et al., 2023; James et al., 2025; Demircan et al., 2025; Göker, 2026).

This work has been organized as the followings. In the materials and methods section, the deep learning model as EfficientNet-B0 has been explained briefly. In the results section, the the models which were designed and imlemented have been assessed with the benchmark classification metrics. And in the conclusion section, the general results of this work have been summarized.

2. MATERIALS AND METHODS

The dataset used in this study consisted of otoscopic images of the tympanic membrane, collected from publicly available sources and split into training, validation, and test subsets. Each image was resized to 224 × 224 pixels and normalized using the ImageNet mean and standard deviation to match the input requirements of the pre-trained EfficientNet-B0 backbone. To limit overfitting during EfficientNet-B0 training, we applied random horizontal flips, slight rotations, and brightness adjustments to the training images, standard augmentation techniques for expanding limited medical-image datasets (Mukhlif et al., 2022). The classifier head was replaced with a fully connected layer matching the number of diagnostic classes, and all layers were fine-tuned using the Adam optimizer with a cross-entropy loss function, following established transfer learning practice for medical image classification (Tan & Le, 2019; Kermany et al., 2018). Model performance was evaluated on the held-out

test set using accuracy, precision, recall, and F1-score, computed for each diagnostic class to reveal how the classifier handled minority categories.

2.1 Otoscopic Image Data

The dataset used in this study is a publicly available Kaggle collection of 3000 otoscopic images built for ear disease classification, divided into five equally sized categories of 600 images each: acute otitis media, cerumen impaction, chronic otitis media, myringosclerosis and normal ear. Every image is represented as jpeg files, and the capacity of the dataset is about 91 MB. There is no limitation for scientificuse usage. Data balancing and category-weighting are not necessary, and performance metrics are able to compare among categories immediately since the categories are totally balanced.The five medical states also vary in their visual form. These are redness and bulging of the tympanic membrane in acute otitis media, excessivecerumen obstructing the ear canal, perforation and discharge in chronic otitis media, calcified plaques in myringosclerosis, and a translucent grey membrane in the normal ear. This makes the data adequate for a five-category problem rather than a simple healthy or diseased images. Overlapping diseases can eliminate model's accuracy if classes are concurrent (Choi et al., 2022). Single-source acquisition may limit device and cohort diversity, so generalisation should be tested separately (Habib et al., 2023).

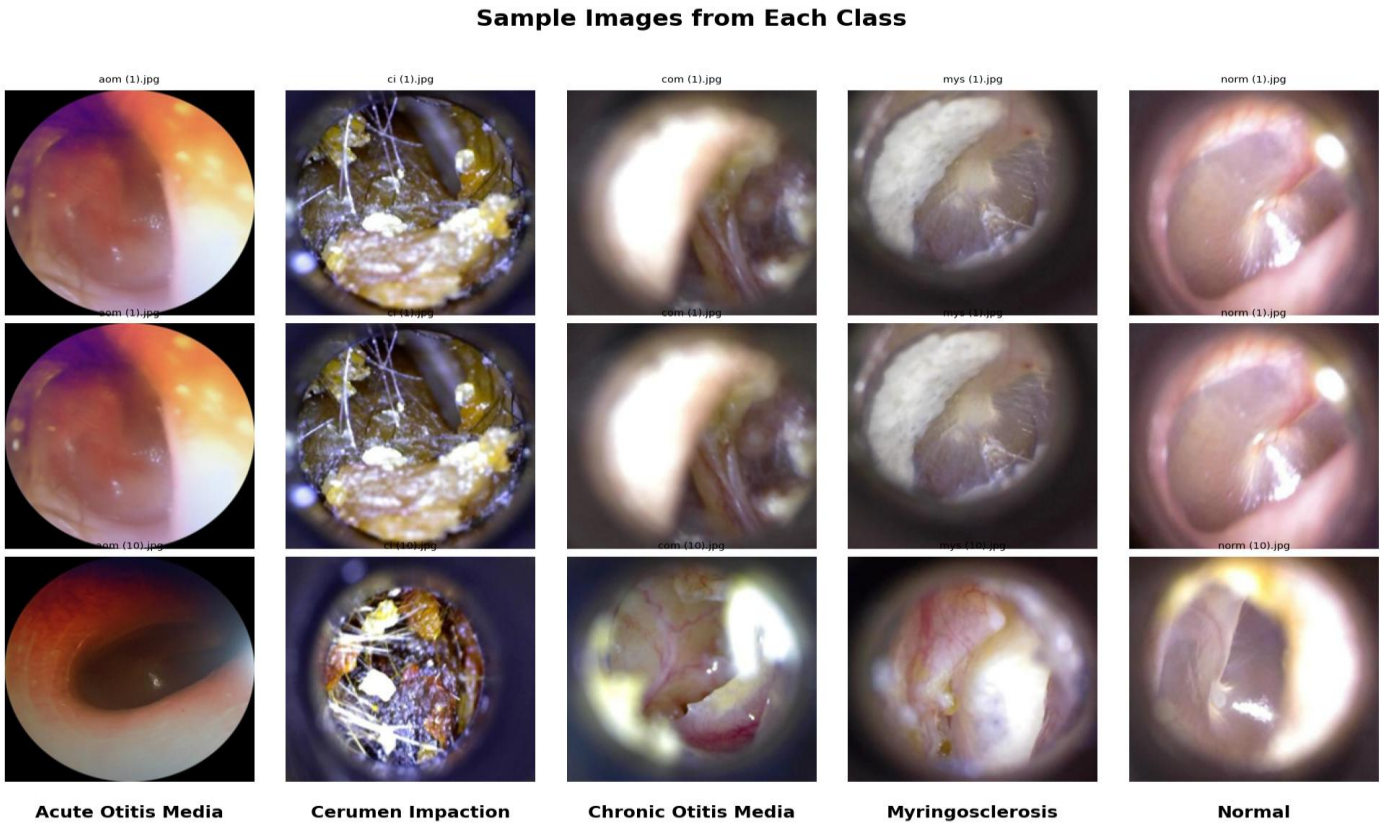


Figure 1. The sample images of 5 class otoscopic images.

2.2 EfficientNET-B0

EfficientNet-B0 utilizes a group scaling method that balances input resolution, network width and depth. This provies it to gain high accuracy with fewer parameters than many previous CNN models (Saliba et al., 2026). In reality, this performance causes the architecture to be highly adapted for medical image datasets. In general, big deep learning models tend to overfitting (Ravi et al., 2021). The model's compound scaling moreover preserves

the training cost feasible, and it is advantageous if computational capacity for medical diagnostic imaging researches is limited. In the EfficientNet family, the B0 baseline offers a practical starting point, since its smaller size allows researchers to train and validate models on modest hardware before scaling up to larger variants such as EfficientNet-B6 (Mao et al., 2022). In this work, the baseline model has been selected to keep the experimental design simple and reproducible, whereas benefiting from the compound scaling approach (Alruwaili & Mahmood, 2025). Models have been trained with the Pytorch, and the pretrained weights have beeb drawn from ImageNet to speed convergence on the otoscopic dataset (Park et al., 2023). Fine-tuning all layers of the network allowed the model to adapt its generic visual features to the specific texture and colour cues of the tympanic membrane. This approach retained the pretrained initialization while updating the feature representations for the target classification task, a common transfer-learning strategy for medical images (Chen et al., 2022).

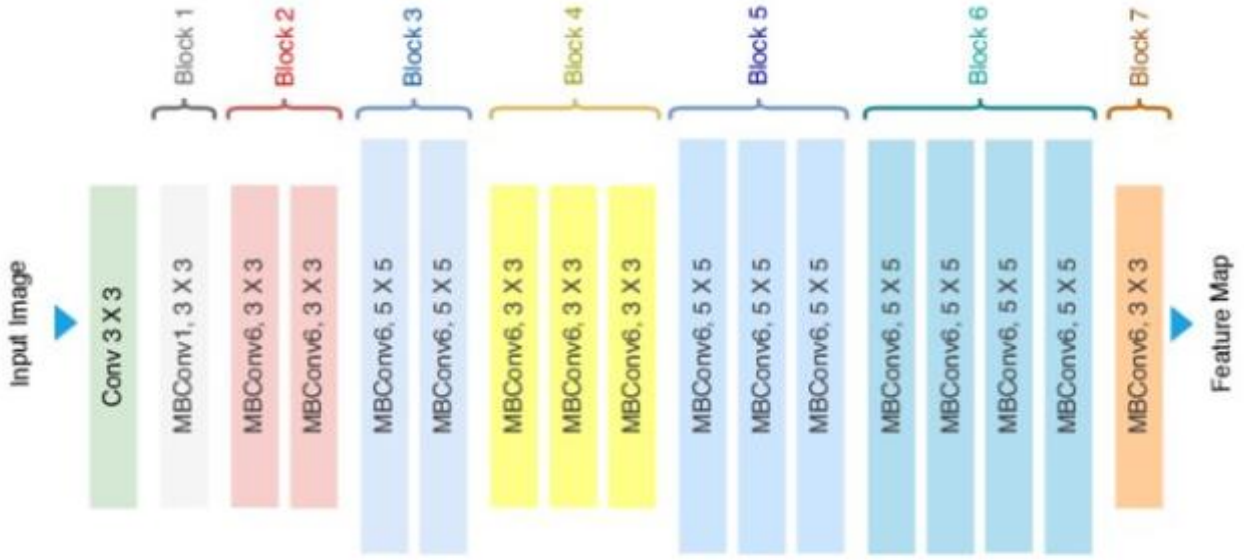


Figure 2. The architecture of EfficientNET-B0.

2.3 Grid Search

The Grid Search is an optimisation technique. And it decides the hyperparameter values from all possible values of the predefined set. It evaluates and computes all individual combinations which is specifies. The main advantage of the technique lie in its simplicity and its capacity to evaluate independently. It also has parallel computation ability (Menghani, 2023; Yang & Shami, 2020). However, its primary disadvantage is that the number of combinations grows exponentially when the number of parameters rises. When dealing with exceptionally high feature dimensionality, we face a severe computational burden. This is a phenomenon widely known as the curse of dimensionality (He et al., 2020; Yang & Shami, 2020). Bergstra and Bengio (2012) demonstrated that, under an equivalent computational budget, random search can prove more efficient than grid search, primarily because grid search allocates redundant resources to non-critical hyperparameters. Nevertheless, in the context of the present study, grid search may be regarded as a thoroughly suitable approach given the limited number of hyperparameters utilized.

3. EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

In this work, the models have been developed using the deep learning technique as EfficientNET-B0 on the otoscopic image dataset. And their performances have been evaluated. This disease dataset contains 4 otoscopic

disease and one “Normal” categories. All models have been trained with the conditions using a 5-fold cross-validation and hyperparameter optimised by Grid Search algorithm, and tested. Cross-validation has been employed to prevent data leakage. Consequently, both models were compared under identical conditions, ensuring that any disparity in performance could be attributed directly to structural differences between the models themselves. For the evaluation of these models, accuracy, precision, recall, F1-score classification metrics were selected. Given that the problem under investigation involves multi-class classification evaluated via 5-fold cross-validation, metrics were measured using macro-averaging. AUC values were calculated on a one-versus-rest basis for each individual class and presented accordingly at the class level.

Table 1 shows an almost ceiling-level performance profile for EfficientNet-B0 tuned with Grid Search: folds 1-3 return 1.0 on all four metrics, folds 4 and 5 fall marginally to 0.9991, and the mean is 0.9996 with a standard deviation of only 0.00045. Two things stand out. Initially, the all metrics are same in each fold. This is expected if the errors are so limited that the metrics as precision, recall and F1-Score overlap onto accuracy. The highly minimal variance validates that the constructed system is robust instead of responsive to a specific fold.

Table 1. Performance metric results of EfficientNET-B0 with Grid Search.

Fold	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Fold 1	1	1	1	1
Fold 2	1	1	1	1
Fold 3	1	1	1	1
Fold 4	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
Fold 5	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
Mean	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996
Std	0.00045	0.00045	0.00045	0.00045

As displayed in Table 2, the top-performing setup designated by Grid Search is AdamW as optimiser, a learning rate of 0.001, a weight decay of 0.001 and a batch size of 32. And, with these settings the best macro F1-Score achieved 100% after 5 epochs. The most prominent factor here is that macro F1-Score correspond to 100%. As the macro average weights each category uniformly, this score indicates that all five categories independently generate ideal F1-Score. This is not an distortion of class imbalance because the categories are balanced. The macro F1-Score of the model attains 100% already at 5 epochs, along with a learning rate of 0.001 and a weight decay of 0.001. This points that the model learns the task very fast.

Table 2. Best parameters of EfficientNET-B0 with Grid Search.

Optimizer	Learning Rate	Weight Decay	Batch Size	Best Macro F1	Grid Search Epochs
AdamW	0.001	0.001	32	1	5

As displayed in Figure 3, the confusion matrix indicates an approximately diagonal pattern for all five folds: of 6000 predictions, 5998 are correctly classified, giving the total accuracy of 0.9997, which equals the mean of 0.9996 mentioned in Table 1. Only two misclassifications take place in the whole matrix. These errors include "Normal" class: one chronic otitis media image is estimated as "Normal", and one Normal image is estimated as myringosclerosis. This is a significant error structure instead of a random one. Because the two misclassifications occur between categories that are perceptually related. A sclerotic, stiffened membrane is able to look close to a normal translucent one, and chronic otitis media mostly coexists with myringosclerosis. While the other 3 categories such as acute otitis media, cerumen impaction and normal are not confused with one another. The lack of any misclassification between acute otitis media and cerumen impaction, or between chronic otitis media and myringosclerosis in the other way. This demonstrates the model depends on distinctive features of the canal and membrane instead of on broad image representation.

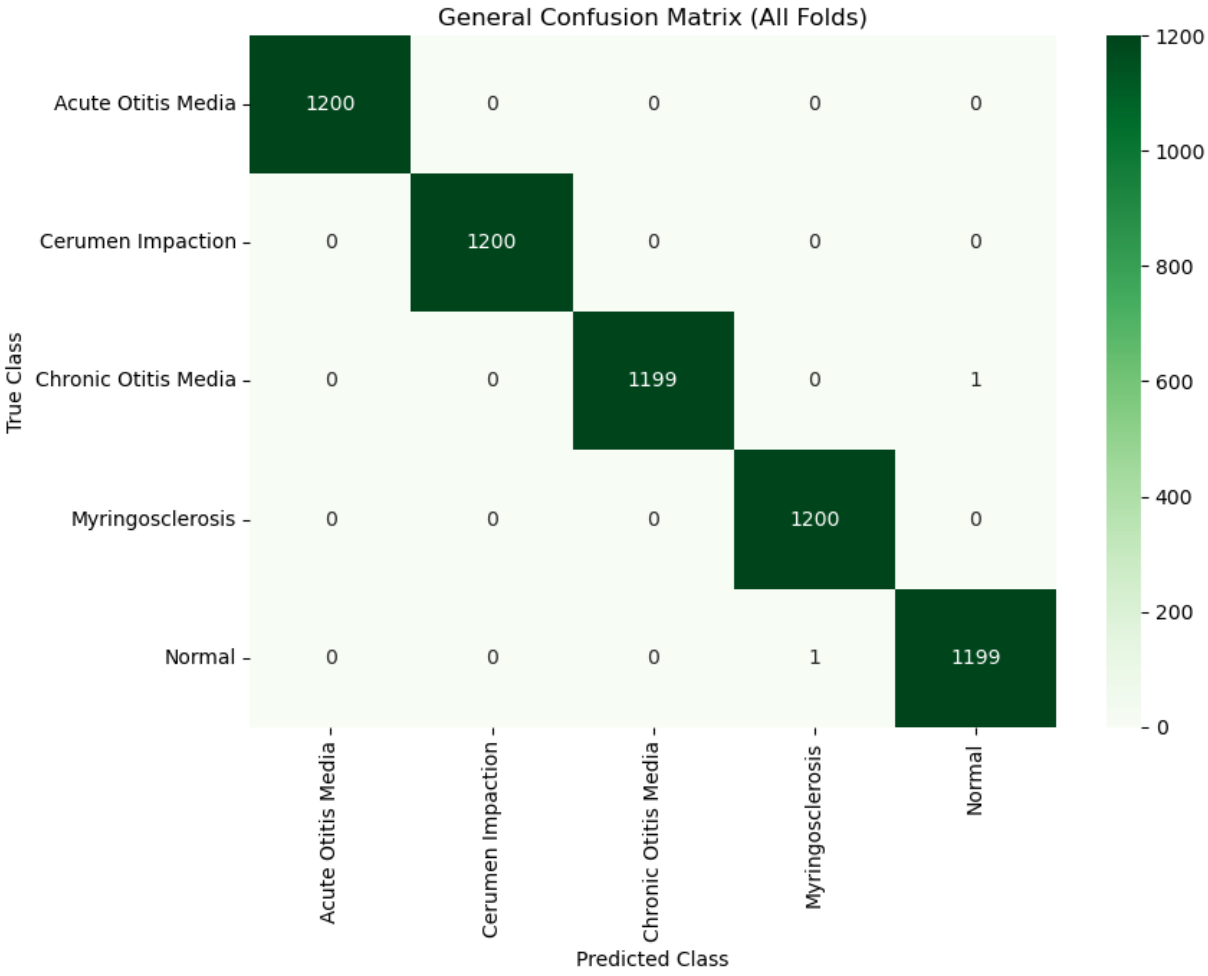


Figure 3. The general confusion matrix of EfficientNET-B0 for all folds.

The ROC graph illustrates five one-vs-all curves such as acute otitis media, cerumen impaction, chronic otitis media, myringosclerosis and normal. Every with an AUC of 100%, and all five follow the same route: directly up the left axis from (0, 0) to (0, 1), then horizontally to (1, 1). The trajectories which fall onto the top-left vertex in this way signify that each category can be distinguished from the rest at some boundary without a single false positive. This is the graphical equivalent of the almost-diagonal confusion matrix and the 99.96% average accuracy in Table 1. Moreover, the graph plot indicates that no category is easier or harder than one anothoer as

the five curves coincide strictly on top of the others. There is no poorer curve, and the caption's exact AUC values verify this score quantitatively. The nearly vertical section at FPR ≈ 0 also denotes that the estimated probabilities position positive cases above negatives nearly in all cases.

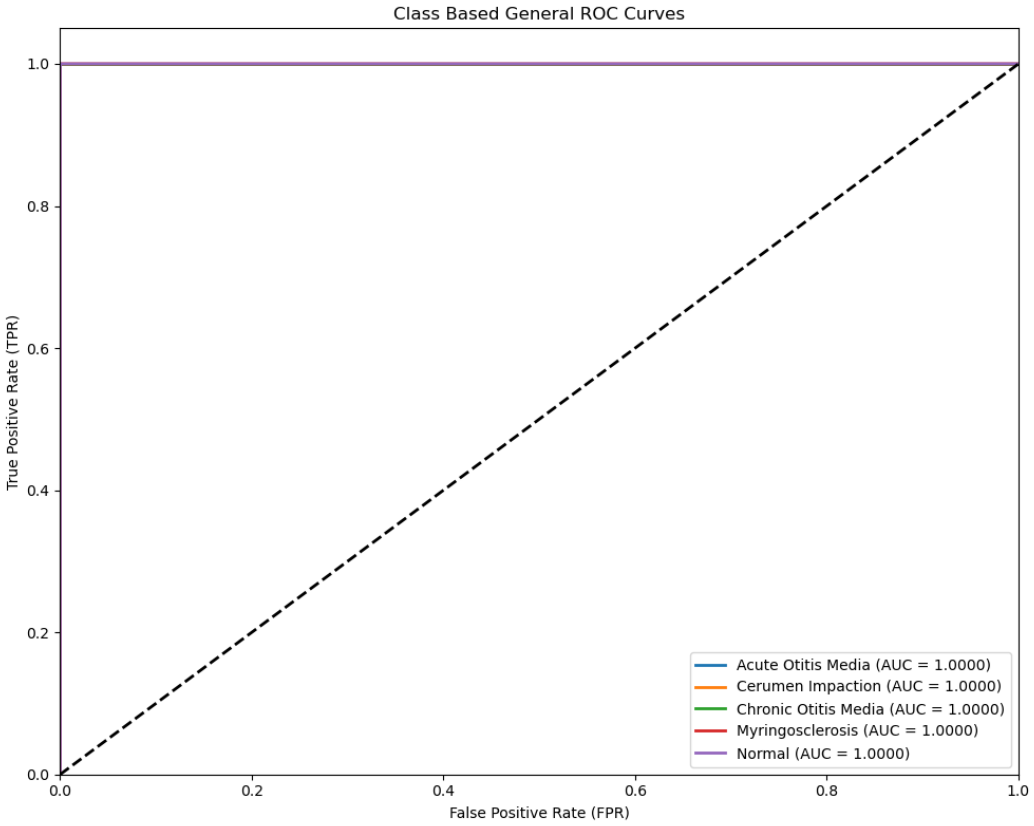


Figure 4. General class-based ROC curves for EfficientNET-B0.

Figure 5 demonstrates the macro F1-Scores of the 16 candidate configurations assessed throughout Grid Search, with the optimal score of 100% marked by a red labeled line and the winning candidate (#3) top-performing in orange. The cost function hardly discriminates the curves and a significant segment of the visuals cannot be differentiated from the best value. A small group on the right (#13 - #16) diverges clearly from the upper bound; #14 gives the minimum value at nearly 0.95, #15 nearly 0.975, and #16 again close to 0.95. This displays that the model is not identically insensitive to each option and that some settings can actually decrease performance significantly. Another standard such as cross-validation split standard deviation, training consistency or the complexity of the model would validate the last configuration. This chart also makes the scope of the search visible.

As illustrated in Figure 6, the two graphs depict raining run that reaches equilibrium very fast and then fluctuates at a range of about half to one and a half percent margins, whereas the loss curves verify that the oscillation is reflected in the confidence scores and not only in definite predictions. The vital point is that both the best validation loss (≈0.001) and the best validation accuracy (1.0) take place at the last epoch, epoch 10, that's why, the reported Fold 1 values rely substantially on which saved state was stored.

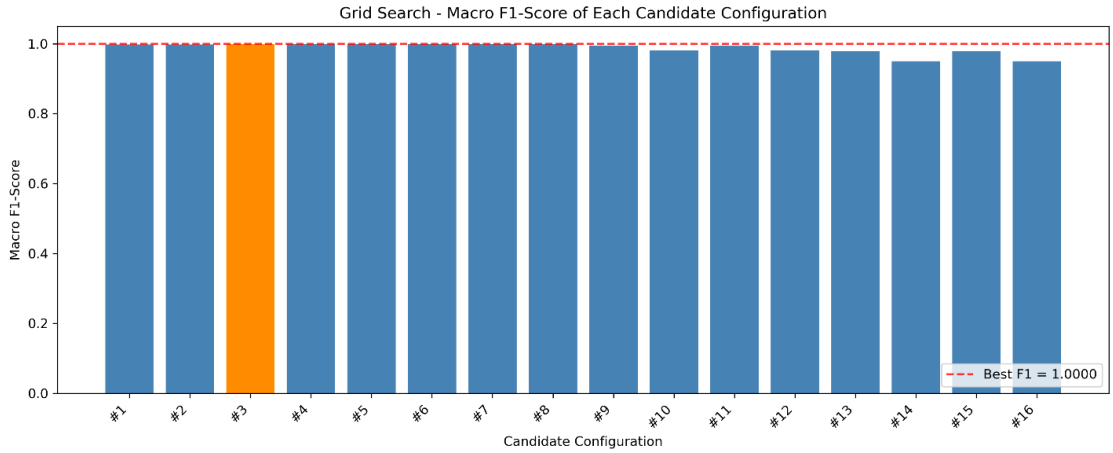


Figure 5. The Grid Search-Macro F1-Score of each candidate configuration for EfficientNET-B0.

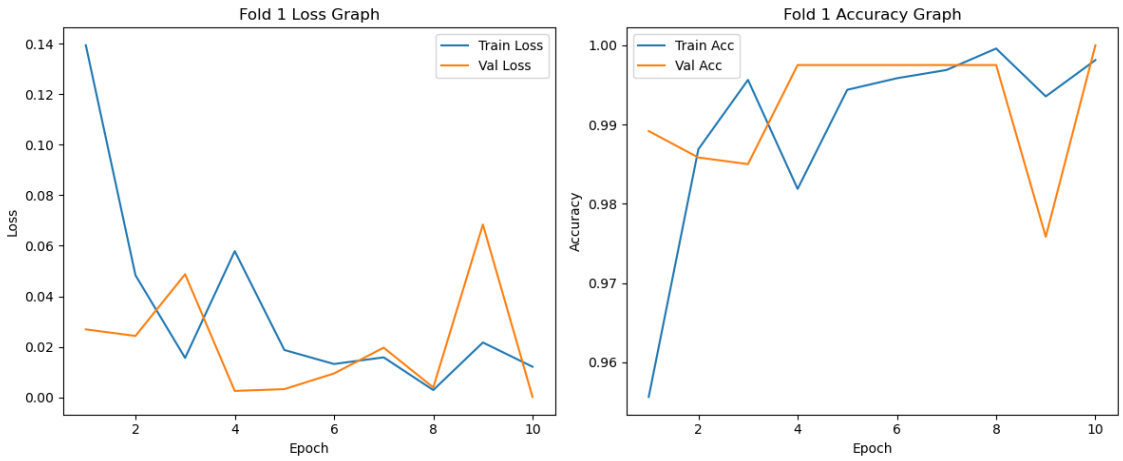


Figure 6. The train loss and accuracy graphs of EfficientNET-B0 for fold 1.

4. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

In this work, the deep learning systems utilizing EfficientNET-B0 have been designed and implemented on the otoscopic image dataset. The systems consist of training and testing stages. In training stage the dataset has been split into train and test set using 5-fold cross validation. Grid Search algorithm optimized the hyperparameters of EfficientNET-B0 model and the best parameter's values have been determined as optimizer: "AdamW", weight deccay: "0.001", learning rate: "0.001", and batch size: "32". In training, the best macro F1-Score has been computed as 100%. After training operation, all 5 folds have been tested with the benchmark classification metrics such as recall, precision, accuracy, F1-Score, and AUC. In addition, the confusion matrices and ROC curves have been constructed. According to the all performance metrics, the candidate #3 of EfficientNET-B0 has been the most successful with 99.96 % mean and 0.045 % standard deviation for accuracy, F1-Score, precision and recall values.

For future works, other deep learning methods and hybrid systems combined with these deep learning techniques have been applied for the otoscopic image data.

REFERENCES

Akyol, K. (2024). Comprehensive comparison of modified deep convolutional neural networks for automated detection of external and middle ear conditions. *Neural Computing and Applications*, *36*(10), 5529–5544. https://doi.org/10.1007/s00521-023-09365-4

Akyol, K., Uçar, E., Atila, Ü., & Uçar, M. (2024). An ensemble approach for classification of tympanic membrane conditions using soft voting classifier. *Multimedia Tools and Applications*, *83*(32), 77809–77830. https://doi.org/10.1007/s11042-024-18631-z

Alruwaili, M., & Mahmood, M. A. (2025). An Integrated Deep Learning Model with EfficientNet and ResNet for Accurate Multi-Class Skin Disease Classification. *Diagnostics*, *15*(5), 551. https://doi.org/10.3390/diagnostics15050551

Chen, G., Zhang, H., Zeng, J., Cai, Y., Huang, D., Chen, Y., Li, P., & Zheng, Y. (2026). Benchmark-Driven Clinical Decision Framework for Multi-Class Middle Ear Disease Diagnosis: Superiority of Swin Transformer in Accuracy and Stability. *Diagnostics*, *16*(3), 482. https://doi.org/10.3390/diagnostics16030482

Chen, X., Wang, X., Zhang, K., Fung, K., Thai, T., Moore, K. N., Mannel, R. S., Liu, H., Zheng, B., & Qiu, Y. (2022). Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis. *arXiv (Cornell University)*, *79*, 102444. https://doi.org/10.1016/j.media.2022.102444

Choi, Y., Chae, J., Park, K., Hur, J., Kweon, J., & Ahn, J. H. (2022). Automated multi-class classification for prediction of tympanic membrane changes with deep learning models. *PLoS ONE*, *17*(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275846

Demircan, F., Ekinci, M., & Cömert, Z. (2025). Enhancing intra-aural disease classification with attention-based deep learning models. *Neural Computing and Applications*, *37*(9), 6601–6616. https://doi.org/10.1007/s00521-025-10990-4

Dubois, C., Eigen, D., Simon, F., Couloigner, V., Gormish, M., Chalumeau, M., Schmoll, L., & Cohen, J. F. (2024). Development and validation of a smartphone-based deep-learning-enabled system to detect middle-ear conditions in otoscopic images. *Npj Digital Medicine*, *7*(1), 162. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01159-9

Göker, H. (2026). Feature selection using neighborohood component analysis with deep learning-based for multi-classification of middle and external ear conditions. *Konya Journal of Engineering Sciences*, *14*(1), 210–233. https://doi.org/10.36306/konjes.1673978

Habib, A., Xu, Y., Bock, K., Mohanty, S., Sederholm, T., Weeks, W. B., Dodhia, R., Ferres, J. L., Perry, C., Sacks, R., & Singh, N. (2023). Evaluating the generalizability of deep learning image classification algorithms to detect middle ear disease using otoscopy. *Scientific Reports*, *13*(1), 5368. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31921-0

James, N., Fernando, A., & Marta, V. (2025). Validating Vision Transformers for Otoscopy: Performance and Data-Leakage Effects. In *arXiv (Cornell University)*. Cornell University. https://doi.org/10.48550/arxiv.2511.04872

Mao, C., Li, A., Hu, J., Wang, P., Peng, D., Wang, J., & Sun, Y. (2022). Efficient and accurate diagnosis of otomycosis using an ensemble deep-learning model. *Frontiers in Molecular Biosciences*, *9*, 951432. https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.951432

Mukhlif, A. A., Al-Khateeb, B., & Mohammed, M. A. (2022). An extensive review of state-of-the-art transfer learning techniques used in medical imaging: Open issues and challenges. *Journal of Intelligent Systems*, *31*(1), 1085–1111. https://doi.org/10.1515/jisys-2022-0198

Nam, Y., Choi, S. J., Shin, J.-H., & Lee, J. (2023). Diagnosis of Middle Ear Diseases Based on Convolutional Neural Network. *Computer Systems Science and Engineering*, *46*(2), 1521–1532. https://doi.org/10.32604/csse.2023.034192

Park, H., Kim, S. H., Choi, J. Y., & Cha, D. (2023). Human–machine cooperation meta-model for clinical diagnosis by adaptation to human expert's diagnostic characteristics. *Scientific Reports*, *13*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-43291-8

Pires, R. F., Pires, R., Gasana, S., Teles, S. S., Couto, A. M., Oliveira, L. M. ura, Dentinho, J., & Antunes, L. (2025). Machine learning for automated otoscopic tympanic membrane assessment. *SHILAP Revista de Lepidopterología*. https://doi.org/10.34631/sporl.3125

Ravi, V., Narasimhan, H., Chakraborty, C., & Pham, T. D. (2021). Deep learning-based meta-classifier approach for COVID-19 classification using CT scan and chest X-ray images. *Multimedia Systems*, *28*(4), 1401–1415. https://doi.org/10.1007/s00530-021-00826-1

Rehman, Z. U., Fauzi, M. F. A., Lokman, F. N. I., Touhami, M., & Saim, L. (2025). Efficient and Interpretable Otoscopic Image Classification via Distilled CNN With Adaptive Channel Attention. *IEEE Access*, *13*, 151082–151096. https://doi.org/10.1109/access.2025.3597769

Saliba, T., Rotzinger, D. C., Ilanjian, G., & Fahrni, G. (2026). EffiRadNet: Lightweight and User-Friendly Open-Source EfficientNet-Based Model for Radiology Image Binary Classification Tasks. *F1000Research*, *15*, 292. https://doi.org/10.12688/f1000research.177499.1

Shim, J.-H., Sunwoo, W., Choi, B. Y., Kim, K. G., & Kim, Y. J. (2023). Improving the Accuracy of Otitis Media with Effusion Diagnosis in Pediatric Patients Using Deep Learning. *Bioengineering*, *10*(11), 1337. https://doi.org/10.3390/bioengineering10111337

Song, D., Kim, T. W., Lee, Y., & Kim, J. (2023). Image-Based Artificial Intelligence Technology for Diagnosing Middle Ear Diseases: A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, *12*(18), 5831. https://doi.org/10.3390/jcm12185831

Zeng, X., Jiang, Z., Luo, W., Li, H., Li, H., Guo, L., Shi, J., Wu, K., Liu, T., Lin, X., Wang, F., & Li, Z. (2021). Efficient and accurate identification of ear diseases using an ensemble deep learning model. *Scientific Reports*, *11*(1), 10839. https://doi.org/10.1038/s41598-021-90345-w

VİSKOELASTİK BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN LOKAL VARLIĞI

Dr, Nebi YILMAZ[1] / Prof. Dr, Erhan PİŞKİN[2]

[1]Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi, Matematik,

nebiyilmaz1981@gmail.com, 0000-0001-5615-9043

[2]Dicle Üniversitesi, Matematik, episkin@dicle.edu.tr, 0000-0001-6587-4479)

Özet

Bu çalışmada, logaritmik kaynak terimi içeren bir viskoelastik biharmonik denklem sınıfı için çözümlerin lokal varlığı ve tekliği incelenmektedir. Çalışılan problem; ince plakaların yapısal modellemesinde, elastisitede ve kuantum mekaniğinde doğal olarak ortaya çıkan dördüncü mertebeden bir biharmonik operatör ile malzemede var olan viskoelastik sönümleme etkilerini hesaba katan bir integralli terimi bir arada içermektedir. Sistemin doğrusal olmayan yapısı (nonlineerliği), orijin civarında Lipschitz sürekliliğine sahip olmaması ve kendine özgü büyüme oranları nedeniyle önemli matematiksel zorluklar barındıran lokal veya lokal olmayan bir logaritmik kaynak terimi tarafından yönlendirilmektedir.

Logaritmik nonlineerlikten kaynaklanan tekillikleri (singularity) yönetebilmek adına, Faedo-Galerkin yöntemi, daralma (büzülme) dönüşümü prensibi ve ağırlıklı Sobolev uzaylarının uygun bir seçimi bir arada kullanılarak kararlı bir teorik altyapı oluşturulmuştur. Başlangıç verileri ve çekirdek fonksiyonu üzerindeki uygun koşullar altında —özellikle çekirdeğin pozitif olduğu ve üstel olarak azaldığı varsayılarak— benzersiz bir lokal zayıf çözümün varlığı ispatlanmıştır. Ayrıca, denkleme karşılık gelen enerji fonksiyonelinin yapısal özellikleri analiz edilmiş; yaklaşık çözümlerin yakınsaklığını garanti altına almak için gerekli düzgün önsel kestirimler elde edilmiştir. Bu temel sonuçlar; sistemin Global varlığı, sonlu zamanda patlama (blow-up) olayları ve farklı enerji koşulları altında enerji fonksiyonelinin azalma oranları dahil olmak üzere, sistemin uzun zamanlı davranışlarının araştırılması için kritik bir zemin hazırlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Viskoelastik biharmonik denklem, Logaritmik kaynak terimi, Lokal varlık ve teklik

LOCAL EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR A VISCOELASTIC BIHARMONIC EQUATION

Dr, Nebi YILMAZ[1] / Prof. Dr, Erhan PİŞKİN[2]

[1]Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi, Mathematics,

nebiyilmaz1981@gmail.com, 0000-0001-5615-9043

[2]Dicle Üniversitesi, Mathematics, episkin@dicle.edu.tr, 0000-0001-6587-4479S

Abstract

In this study, the local existence and uniqueness of solutions are systematically investigated for a comprehensive class of viscoelastic biharmonic equations characterized by the presence of a logarithmic source term. The partial differential equation under consideration incorporates a fourth-order biharmonic operator, which naturally arises in the structural modeling of thin plates, continuum elasticity, and certain formulations in quantum mechanics, alongside an integral memory term that explicitly accounts for the history-dependent viscoelastic damping effects inherent in the material. The intrinsic nonlinearity of the system is primarily driven by a local or non-local logarithmic source term, which introduces significant mathematical challenges and analytical subtleties, largely due to its distinct growth rates and its lack of classical Lipschitz continuity in the neighborhood of the origin.

In order to effectively manage the structural singularities and mathematical difficulties arising directly from this logarithmic nonlinearity, a robust and self-contained theoretical framework is established. This analytical framework is constructed by synergistically combining the Faedo-Galerkin approximation method, the contraction mapping principle, and a highly suitable choice of weighted Sobolev spaces tailored to the degeneracy of the logarithmic term. Under appropriate, rigorously defined conditions imposed on the initial data and the underlying relaxation kernel function—specifically assuming that the kernel remains strictly positive and undergoes an exponential decay over time—the existence of a unique local weak solution is rigorously proven. Furthermore, the structural properties and topological features of the energy functional corresponding to the governing equation are analyzed in detail, enabling the derivation of the precise, uniform a priori estimates required to guarantee the strong convergence of the approximate solutions. Ultimately, these foundational mathematical results lay a critical and indispensable groundwork for comprehensively investigating the long-time behavior of the system, including global-in-time existence, finite-time blow-up phenomena, and the explicit energy decay rates under various physical energy conditions.

Keywords: Viscoelastic biharmonic equation, Logarithmic source term, Local existence and uniqueness

INTRODUCTION

Let $0< T < \infty$ and Ω denote a bounded domain in R^n $(n \geq 2)$ featuring a smooth boundary $\partial\Omega$. In this study, we investigate the following viscoelastic wave equation characterized by variable exponents:

$$\begin{cases} z_{tt} + \Delta^2_{p(x)} z + \alpha \Delta z - g * \Delta^2_{p(x)} z + \beta z_t = z\, ln|z| & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ z(x,t) = \Delta z(x,t) = 0 & \text{on } \partial\Omega \times (0,T), \\ z(x,0) = z_0(x),\ z_t(x,0) = z_1(x) & \text{in } x \in \Omega, \end{cases} \tag{1}$$

Within this framework, α_1, α_2 and k are positive constants. The variable-exponent $p(\cdot)$-Laplacian structural operator is represented by $\Delta^2_{p(x)} z = \int_0^t g(t-\tau)\Delta^2_{p(x)} z\, d\tau$. Additionally, the system's memory effects are introduced via the convolution integral $g * \Delta^2_{p(x)} z = \triangle\left(|\triangle z|^{p(x)-2} \triangle z\right)$. Throughout our analysis, the variable exponent and the relaxation kernel are assumed to satisfy the conditions below:

(H1) The variable exponent $p(\cdot)$ constitutes a measurable function on Ω fulfilling the inequality:

$$2 < p_1 \leq p(x) \leq p_2 < \frac{2n}{n-4}, \qquad n \geq 5$$

where the essential bounds are formulated as follows:

$$p_1 = \operatorname*{ess\,inf}_{x \in \bar{\Omega}} p(x), \qquad p_2 = \operatorname*{ess\,sup}_{x \in \bar{\Omega}} p(x).$$

(H2) The memory Kernel $g: R^+ \to R^+$ is a non-negative, non-increasing function satisfying:

$$g \geq 0, \quad g'(t) \leq -\xi g(t),$$

$$\alpha_1 - \int_0^\infty g(t)dt = l > 0,$$

for a given positive constant ξ.

In recent years, evolution equations characterized by variable-exponent nonlinearities have attracted significant attention, due to their critical applications in electrorheological fluid dynamics, digital image processing, and non-linear elasticity. For a more comprehensive overview of these topics, the reader may consult (Diening L., 2011; Ruzicka, M;, 2000; Antontsev & Ferreira, 2014; Yılmaz, Demir, & Pişkin, 2026; Yılmaz, N; Pişkin, E, 2024; Yılmaz, N; Pişkin, E; Boulaaras, S, 2024)

1. ESSENTIAL MATHEMATICAL BACKGROUND AND FUNCTION SPACES

To formulate a mathematically rigorous framework for exploring problem (1), we recall the fundamental definitions and characteristics of variable-exponent Lebesgue and Sobolev spaces. For a comprehensive and foundational treatment, the reader is referred to (Diening L., 2011; Antontsev, S; Shmarev , S, 2015)

Let $\Omega \subset R^n$ be a bounded domain bounded by a smooth boundary $\partial\Omega$. The variable-exponent Lebesgue space $L^{p(x)}(\Omega)$ encompasses all measurable functions $z: \Omega \to R$ that fulfill the following property:

$$L^{p(x)}(\Omega) = \left\{ z: \Omega \to R \text{ is measurable and } \int_\Omega |\lambda u(x)|^{p(x)}\, dx < \infty \text{ for some } \lambda > 0 \right\}.$$

This space is equipped with the Luxemburg norm, defined as:

$$\|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} = inf\left\{\lambda > 0: \int_{\Omega} \left|\frac{z(x)}{\lambda}\right|^{p(x)} dx \leq 1\right\}.$$

Lemma 1.1 (Diening L., 2011) *Let* $\Omega \subset R^n$ *be a bounded domain bounded. Then:*

i *The space* $\left(L^{p(x)}(\Omega), \|\cdot\|_{L^{q(x)}(\Omega)}\right)$ *is a separable and reflexive Banach space. Its dual space is given by* $L^{q(x)}(\Omega)$ *, where the conjugate variable exponents satisfy* $1/p(x) + 1/q(x) = 1$.

ii *For any functions* $f \in L^{p(x)}(\Omega)$ *and* $g \in L^{q(x)}(\Omega)$ *, the generalized Hölder inequality states that:*

iii $\int_{\Omega} |fg|dx \leq \left(\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1}\right) \|f\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \|g\|_{L^{q(x)}(\Omega)} \leq 2\|f\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \|g\|_{L^{q(x)}(\Omega)}$.

The relationship between the Luxemburg norm and the modular function $\rho_{p(\cdot)}(f) = \int_{\Omega} |f|^{p(x)} dx$ is governed by the following standard inequalities:

$$min\left(\|f\|^{p_1}_{L^{p(x)}(\Omega)}, \|f\|^{p_2}_{L^{p(x)}(\Omega)}\right) \leq \int_{\Omega} |f|^{p(x)} dx \leq max\left(\|f\|^{p_1}_{L^{p(x)}(\Omega)}, \|f\|^{p_2}_{L^{p(x)}(\Omega)}\right),$$

which holds for any $f \in L^{p(x)}(\Omega)$.

To properly accommodate the fourth-order configuration of problem (1), we introduce the second-order variable-exponent Sobolev space $W^{2,p(x)}(\Omega)$, defined as:

$$W^{2,p(x)}(\Omega) = \left\{z \in L^{p(x)}(\Omega): \quad D^{\alpha} z \in L^{p(x)}(\Omega) \text{ for all } |\alpha| \leq 2\right\},$$

where α represents the multi-index of differentiation. This space forms a complete Banach space under the norm topology:

$$\|z\|_{W^{2,p(x)}(\Omega)} = \|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} + \|\nabla z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} + \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}.$$

Incorporating the Navier boundary conditions $z = \Delta z = 0$ on $\partial\Omega$, we denote $W_0^{2,p(x)}(\Omega)$ as the completion of $C_0^{\infty}(\Omega)$ with respect to the norm of $W^{2,p(x)}(\Omega)$. By virtue of generalized Poincaré-type inequalities, an equivalent norm on $W_0^{2,p(x)}(\Omega)$ can be written as:

$$\|z\|_{W_0^{2,p(x)}(\Omega)} = \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}.$$

We assume that the continuous variable exponent $p(\cdot)$ complies with the standard log-Hölder continuity condition:

$$|p(x) - p(y)| \leq \frac{-A}{log\,|x - y|}, \quad \text{for all } x, y \in \Omega \text{ with } |x - y| < \alpha,$$

where $A > 0$ and $0 < \alpha < 1$.

Lemma 1.2 *Suppose* $\Omega \subset R^n$ *is a bounded domain and* $p(\cdot)$ *satisfies the log-Hölder condition. Then, the continuous embedding* $W_0^{2,p(x)}(\Omega) \subset L^{p(x)}(\Omega)$ *holds, and there exists a positive embedding constant* $c_* = c_*(p_1, p_2, |\Omega|) > 0$ *such that:*

$$\|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \leq c_* \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}, \quad \forall z \in W_0^{2,p(x)}(\Omega). \tag{2}$$

Lemma 1.3 *Let* $v \in H^2(\Omega) \cap H_0^1(\Omega)$ *and* $a > 0$ *be any positive parameter. Then, the higher-order logarithmic Sobolev inequality is given by:*

$$2\int_\Omega |v|^2 \ln\left(\frac{|v|}{\|v\|_2}\right)dx + n(1+\ln a)\|v\|_2^2 \le \frac{a^2}{\pi}\|\Delta v\|_2^2. \quad (3)$$

Lemma 1.4 (Shahrouzi, 2026; Cazenave T. and A. Haraux, 1980) *Let* $C>0$, $\gamma \in L^1(0,T;R^+)$ *and assume that a continuous function* $w:[0,T]\to[1,\infty)$ *satisfies the integral inequality:*

$$w(t) \le C\left(1+\int_0^t \gamma(s)w(s)\ln(w(s))ds\right), \quad \forall t\in[0,T], \quad (4)$$

then $w(t)$ *satisfies the explicit bound:*

$$w(t) \le C_e C \int_0^t \gamma(s)ds, \quad \forall t\in[0,T]. \quad (5)$$

The total energy functional $E(t)$ *associated with system (1) is formulated as follows:*

$$E(t) = \frac{1}{2}\|z_t\|^2 + \int_\Omega \frac{1}{p(x)}|\Delta z|^{p(x)}dx + \frac{1}{2}\left(\alpha - \int_0^t g(s)ds\,\|\Delta z(t)\|^2\right) + \frac{1}{2}(g\boxdot\Delta z)(t) + \frac{k}{2}\int_0^t |z|^2\ln|z|\,dx \quad (6)$$

where the history-dependent memory term $(g\boxdot\Delta z)(t)$ *is defined as:*

$$(g\boxdot\Delta z)(t) = \int_0^t g(t-\tau)\|\Delta z(t)-\Delta z(\tau)\|_2^2 d\tau.$$

Lemma 1.5 *Let* $z(x,t)$ *be a local weak solution of system (1). Then,* $E(t)$ *is a non-increasing functional satisfying the energy dissipation identity:*

$$E'(t) = -\beta\|z_t\|_2^2 + \frac{1}{2}(g'\boxdot\Delta z)(t) - \frac{1}{2}g(t)\|\Delta z\|_2^2 \le 0. \quad (7)$$

Proof Multiplying equation (1) by $z_t(t)$ and integrating the resulting relation over the bounded domain Ω under Navier boundary conditions yields the following identity:

$$\int_\Omega z_t(t)z_{tt}(t)dx + \int_\Omega z_t(t)\Delta\left(|\Delta z(t)|^{p(x)-2}\Delta z(t)\right)dx + \alpha\int_\Omega z_t(t)\Delta z(t)dx - \int_\Omega z_t(t)\int_0^t g(t-\tau)\Delta\left(|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)\right)d\tau dx + \beta\int_\Omega z_t^2(t)dx = k\int_\Omega z_t(t)z(t)\ln|z(t)|\,dx \quad (8)$$

Applying the generalized Green's vector identity twice transfers the higher-order spatial derivatives onto the time derivative, which standardly transforms (8) into:

$$\frac{1}{2}\frac{d}{dt}\|z_t\|^2 + \frac{d}{dt}\int_\Omega \frac{1}{p(x)}|\Delta z|^{p(x)}dx - \frac{\alpha}{2}\frac{d}{dt}\|\Delta z(t)\|^2 + \beta\int_\Omega z_t^2(t)dx = \int_0^t g(t-\tau)\int_\Omega \Delta z_t(t)|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)dxd\tau + \frac{k}{2}\frac{d}{dt}\int_0^t |z|^2\ln|z|\,dx - \frac{k}{4}\frac{d}{dt}\|z\|^2.$$

To compute the exact balance for the hereditary memory convolution term, we differentiate the bilinear memory functional $\frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z)(t)$ with respect to time. Utilizing Leibniz's integral rule and algebraic rearrangements, we obtain:

$$\int_0^t g(t-\tau)\int_\Omega \Delta z_t(t)|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)dxd\tau = \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z)(t)\|\Delta z(t)\|^2 - \frac{1}{2}\frac{d}{dt}(g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(\int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2. \quad (9)$$

Substituting the structural identity (9) into (8) and grouping all total time derivatives on the left-hand side allows us to evaluate the system exactly under the definition of the energy functional $E(t)$ given in (6):

$$\frac{d}{dt}E(t) = -\beta\|z_t\|_2^2 + \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z)(t) - \frac{1}{2}g(t)\|\Delta z\|_2^2 \leq 0.$$

Differentiating (6) and substituting these identities yields the assertion (7).

2. LOCAL EXISTENCE

The primary objective of this section is to establish the local well-posedness framework for weak solutions to problem (1). By applying the Faedo--Galerkin approximation scheme combined with compactness arguments, we state and prove the following existence result:

Theorem 2.1 *Let* $(z_0, z_1) \in H_0^2(\Omega) \times W_0^{2,p(x)}(\Omega)$ *be the given initial data. Suppose that assumptions (H1) and (H2) hold. Then, there exists a* $T > 0$ *such that problem (1) admits a unique local weak solution* $z(x,t)$ *satisfying:*

$$z \in L^\infty\big((0,T); H_0^2(\Omega)\big) \cap L^\infty\left((0,T); W_0^{2,p(x)}(\Omega)\right),$$
$$z_t \in L^\infty\big((0,T); L^2(\Omega)\big), \quad z_{tt} \in L^\infty\big((0,T); L^2(\Omega)\big).$$

Proof. We start with the following approximate problem:

$$\int_\Omega z_{tt}^m(x,t)\omega_j(t)dx + \int_\Omega |\Delta z^m(t)|^{p(x)-2}\Delta z^m(t)\Delta\omega_j(x)dx + \alpha\int_\Omega \Delta z^m(t)\Delta\omega_j(t)dx - \int_\Omega g(t-\tau)\int_0^t |\Delta z^m(x,s)|^{p(x)-2}\Delta z^m(x,s)\Delta\omega_j(x)d\tau dx + \beta\int_\Omega z_t^m\omega_j(x)dx = k\int_\Omega z^m(x,t)\,ln|z^m(x,t)|\,\omega_j(x)dx \quad (10)$$

$$z^m(x,0) = z_0^m(x), \quad z_t^m(x,0) = z_1^m(x),$$

for $j = 1, \ldots, m,$ which has a local solution

$$z^m(x,t) = \sum_{i=1}^{m} y_{im}(x,t)\omega_i(x) \in Span\{\omega_1, \ldots, \omega_m\}$$

on $[0, T_m)$, $m \in N$, given by a standard method in the Ordinary Differential Equations theory, where $(\omega_j)_{j\in N}$ is an orthonormal basis in $L^2(\Omega)$ given by eigenfunctions of $-\Delta$ with boundary condition of (10). In what follows a priori estimates are shown in order to extend the local solution to the interval $[0, T]$ and then conclude the existence of weak solutions for the problem (1).

We first consider the problem (1) with

$$\begin{cases} z_0^m(x) \to z_0(x) \text{ strongly in } H_0^2(\Omega) \cap W_0^{2,p(x)}(\Omega), \\ z_1^m(x) \to z_1(x) \text{ strongly in } L^2(\Omega). \end{cases} \tag{11}$$

Replacing ω_j by $z_t^m(x,t)$ in the approximate equation in (10) yields

$$\frac{1}{2}\frac{d}{dt}\|z_t^m\|^2 + \frac{d}{dt}\int_\Omega |\Delta z^m(t)|^{p(x)}dx + \frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(\alpha - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z^m\|^2$$
$$- \int_0^t g(t-s)\int_\Omega \Delta z_t^m(x,s)|\Delta z^m(x,s)|^{p(x)-2}\Delta z^m(x,s)dxds + \beta\|z_t^m\|^2$$
$$= \frac{k}{2}\frac{d}{dt}\int_\Omega |z^m(x,t)|^2 \, ln|z^m(x,t)| \, dx - \frac{k}{4}\frac{d}{dt}\|z^m\|^2$$

and, it is simple to obtain

$$\frac{d}{dt}E^m(t) + \beta\|z_t^m\|^2 - \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z^m)(t) + \frac{1}{2}g(t)\|\Delta z^m\|^2 = 0, \tag{12}$$

where $E^m(t)$ denotes the energy functional defined in (6) for Galerkin's solutions. Now, by using (H2) and integrating Equation (12) from 0 to $t \le T_m$ we have

$$E^m(t) + \beta\int_0^t \|z_t^m(s)\|ds + \frac{1}{2}g(0)\int_0^t \|\Delta z^m(s)\|^2 \le E^m(0).$$

Recalling the formulation of $E^m(t)$ and applying hypotheses (H1)--(H2), we have:

$$E^m(t) \geq \frac{1}{2}\|z_t^m\|^2 + \frac{1}{p_2}\int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)}dx + \frac{l}{2}\|\Delta z^m\| + \frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z^m)(t)$$
$$+\frac{k}{4}\|z^m\|^2 - \frac{k}{2}\int_0^t |z^m|^2 \, ln|z^m| \, dx \qquad (13)$$

To handle the logarithmic term, we use the Lemma 1.3, we derive the following inequality:

$$\frac{k}{2}\int_\Omega |z^m|^2 \, ln\,|z^m|dx \leq \frac{k}{2}\|z^m\|^2 ln\|z^m\|^2 - \frac{ka^2}{4\pi}\|\Delta z^m\|^2 - \frac{kn}{4}(1 + ln\, a)\|z^m\|^2. \qquad (14)$$

where $a > 0$ is an arbitrary positive constant that will be enunciated later. Combining (13) and (14), we conclude

$$E^m(t) \geq \frac{1}{2}\|z_t^m\|^2 + \frac{1}{p_2}\int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)}dx + \left(\frac{l}{2} - \frac{ka^2}{4\pi}\right)\|\Delta z^m\|^2$$
$$+\frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z^m)(t) + \frac{k}{4}\left(\frac{1}{2} + \frac{n}{2}(1 + ln\, a)\right)\|z^m\|^2 - \frac{k}{2}\|z^m\|^2 \, ln\|z^m\|$$

At this point if we choose $a = \sqrt{\frac{\pi l}{k}}$ and $k \leq \pi l e^{\frac{2(n+1)}{n}}$, then by using (12), we obtain

$$\frac{1}{2}\|z_t^m\|^2 + \frac{1}{p_2}\int_\Omega |\Delta z^m(t)|^{p(x)}dx + \frac{l}{4}\|\Delta z^m\|^2 + \frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z^m)(t)$$
$$\frac{1}{2}\left(\alpha - \int_0^t g(s)ds\right) + \frac{k}{4}\left(1 + n\left(1 + ln\sqrt{\frac{\pi l}{k}}\right)\right)\|z^m\|^2$$
$$\leq \frac{k}{2}\|z^m\|^2 \, ln\|z^m\|^2 + E^m(0).$$

Therefore, there is a positive constant C_1 such that

$$\|z_t^m\|^2 + \int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)}dx + \|\Delta z^m\|^2 + (g \boxdot \Delta z^m)(t) + \|z^m\|^2$$
$$\leq C_1(1 + \|z^m\|^2 \, ln\|z^m\|^2), \forall t \in [0, T_m] \qquad (15)$$

To estimate the logarithmic term on the right-hand side of (15), let us note that

$$z^m(t) = z^m(0) + \int_0^t \frac{\partial z^m}{\partial \tau}(\tau)\, d\tau$$

Then, using the Cauchy-Schwarz' inequality, we obtain

$$\begin{aligned}
\|z^m(t)\|^2 &\leq 2\|z^m(0)\|^2 + 2\left\|\int_0^t \frac{\partial z^m}{\partial \tau}(\tau)d\tau\right\|^2 \\
&\leq 2\|z^m(0)\|^2 + 2\int_\Omega \left(\int_0^t d\tau \int_0^t \frac{\partial z^m}{\partial \tau}(\tau)d\tau\right)dx \\
&\leq 2\|z^m(0)\|^2 + 2T\int_0^t z^m(\tau)d\tau^2
\end{aligned} \tag{16}$$

hence, by employing (15), inequality (19) get the form

$$\begin{aligned}
\|z^m(t)\|^2 &\leq 2\|z^m(0)\|^2 + 2C_1T\int_\Omega \left(1 + \int_0^t \|z^m\|^2\, ln\|z^m\|^2\, d\tau\right) \\
&\leq C_2\int_\Omega \left(1 + \int_0^t \|z^m\|^2\, ln\|z^m\|^2\, d\tau\right) \\
&\leq C_2\int_\Omega \left(1 + \int_0^t (C_2 + \|z^m\|^2)\, ln(C_2 + \|z^m\|^2)\, d\tau\right).
\end{aligned} \tag{17}$$

Thanks to the Logarithmic Gronwall inequality, i.e., Lemma 1.4, we deduce

$$\|z^m(t)\|^2 \leq C_2 e^{C_2T} = C_3.$$

Therefore, recalling (15) to get

$$\|z_t^m\|^2 + \int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)}dx + \|\Delta z^m\|^2 + (g \boxdot \Delta z^m)(t) + \|z^m\|^2 \leq C_3\ \forall t \in [0, T_m] \tag{18}$$

Now, since the upper bound is independent of m and t, thus we conclude that all approximate solutions could be extended on $[0,T]$. In other words, for any $t \in [0,T]$ and $m \in N$, and a positive constant C_3 depending on initial data in H_0^2. So, from (18) we obtain

$$\begin{cases}
(z^m) \text{ is bounded in } L^\infty\big((0,T); H_0^2(\Omega)\big) \\
(z^m) \text{ is bounded in } L^\infty\left((0,T); W_0^{2,p(x)}(\Omega)\right) \\
(z_t^m) \text{ is bounded in } L^\infty\big((0,T); L^2(\Omega)\big)
\end{cases} \tag{19}$$

Hence, from (19), passing to a subsequence (z^k) of (z^m), we can obtain the following limitations:

$$\begin{cases} z^k \to z \text{ weak star in } L^\infty\big((0,T);H_0^2(\Omega)\big) \\ z^k \to z \text{ weak star in } L^\infty\Big((0,T);W_0^{2,p(x)}(\Omega)\Big) \\ z_t^k \to z_t \text{ weak star in } L^\infty\big((0,T);L^2(\Omega)\big). \end{cases}$$

Concerning the asymptotic behavior of the model, it remains to evaluate the limiting behavior of the nonlinear operators, specifically the variable-exponent tensor fields $|\Delta z^m|^{p(x)-2}\Delta z^m$ and the logarithmic source trajectories $z^m\, ln|z^m|$. Taking into account that the sequence (z^m) is uniformly bounded in the evolutionary space $L^\infty\big((0,T);H_0^2(\Omega)\big)$, and leveraging the continuous topological injection $H_0^2(\Omega) \hookrightarrow L^\infty(\Omega)$, we readily deduce that (z^m) remains bounded within the space $L^2\big(\Omega\times(0,T)\big)$. Consequently, by virtue of the Aubin-Lions compactness theorem, one can extract a critical subsequence such that

$z^k \to z$ strongly in $L^\infty\big((0,T);H_0^2(\Omega)\big)$

and

$z^k \to z$ a.e in $\Omega\times(0,T)$.

Also, we know that the map $s \to s\, ln|s|$ is continuous, thus we have the following convergence:

$$z^m\, ln|z^m| \to z\, ln|z| \text{ a.e in } \Omega\times(0,T). \tag{20}$$

Now, from the fact that there exists a positive constant d such that $s|ln\, s| \le s^2 + d\sqrt{s}; \forall s > 0$, we have

$$\int_\Omega z^m\, ln|z^m|\, dx \le \int_\Omega \big(|z^m|^2 + d\sqrt{z^m}\big)^2 dx \le C_4\|z^m\|^4 + C_5\|z^m\|, \tag{21}$$

and by using (18), we deduce that $z^m\, ln|z^m|$ is bounded in $L^2\big((0,T)\times L^2(\Omega)\big)$. Therefore, there exists a subsequence such that

$z^k \to z$ weak star in $L^\infty\big((0,T);H_0^2(\Omega)\big)$

On the other hand, by using the Young's inequality we have

$$\int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)-2}\Delta z^m dx \le \int_\Omega |\Delta z^m|^{\frac{p(x)}{2}} dx + \int_\Omega \frac{p(x)-2}{p(x)}\left(\frac{2}{p(x)}\right)^{\frac{2}{pp(x)-2}} |\Delta z^m|^{p(x)} dx$$
$$\le \int_\Omega |\Delta z^m|^{\frac{p(x)}{2}} dx + \frac{p_2-2}{p_2}\int_\Omega |\Delta z^m|^{p(x)} dx$$
$$\le C_6, \qquad (22)$$

where assumption (H1) and (17) have been used. Therefore, (22) implies that $|\Delta z^m|^{p(x)-2}\Delta z^m$ is bounded in

$L^{\frac{p(\cdot)}{p(\cdot)-1}}\big(\Omega \times (0,T)\big)$ and we have

$|\Delta z^m|^{p(x)-2}\Delta z^m \to |\Delta z|^{p(x)-2}\Delta z$ weakly in $L^{\frac{p(\cdot)}{p(\cdot)-1}}\big(\Omega \times (0,T)\big)$

This ends the proof of Theorem 2.1.

3. Uniqueness

To establish the uniqueness property of the local weak solution associated with the initial-boundary value problem (1), we initially investigate the corresponding inhomogeneous problem for the state variable v :

$$\begin{cases} v_{tt} + \Delta^2_{p(x)} v + \alpha \Delta v - g * \Delta^2_{p(x)} v + \beta v_t = v\, ln|v| & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ v(x,t) = \Delta v(x,t) = 0, & \text{on } \partial\Omega \times (0,T), \\ v(x,0) = z_0(x),\ v_t(x,0) = z_1(x) & \text{in } x \in \Omega, \end{cases} \qquad (23)$$

where the initial data pair $\big(z_0(x),\ z_1(x)\big)$ is given in (1). In what follows, we demonstrate that problem (23) admits a unique solution under the structural assumptions prescribed in Theorem 2.1. By virtue of direct integration alongside the classical Sobolev embedding theorems, we deduce the following estimate:

$$\int_\Omega (z\, ln|z|)^2 dx = k^2\left(\int_{\{x\in\Omega\ :|z(x)|\le 1\}} (z\, ln|z|)^2 dx + \int_{\{x\in\Omega\ :|z(x)|>1\}} (z\, ln|z|)^2 dx\right)$$

$$\leq \left(\frac{k}{e}\right)^2 |\Omega| + \left(\frac{(n-2)}{2}\right)^2 \int_{\{x\in\Omega \ :|z(x)|>1\}} z^{\frac{2n}{n-2}} dx$$
$$\leq \left(\frac{k}{e}\right)^2 |\Omega| + \left(\frac{k(n-2)}{2}\right)^2 C_*^{\frac{2n}{n-2}} \|\Delta z\|^{\frac{2n}{n-2}}, \quad (24)$$

where C_* denotes the optimal embedding constant corresponding to the continuous injection $H_0^2(\Omega) \hookrightarrow L^{\frac{2n}{n-2}}(\Omega)$. Consequently, inequality (24) verifies that the logarithmic nonlinearity belongs to the Hilbert space $L^2(\Omega)$. This regularity justifies the implementation of a standard Faedo--Galerkin approximation scheme to construct the solution candidate, as detailed in the existence proof of Theorem 2.1.

We now proceed via a contradiction argument. Suppose there exist two distinct solution trajectories, denoted by $v^{(1)}$ and $v^{(2)}$, satisfying the evolution system (23). Taking the differential relation between these two equations and testing the resulting system with the velocity difference $v_t^{(1)} - v_t^{(2)}$, we arrive at the energy identity:

$$\left\|v_t^{(1)} - v_t^{(2)}\right\| + \beta \int_0^t \left\|v_t^{(1)}(\tau) - v_t^{(2)}(\tau)\right\| d\tau$$
$$+ \int_0^t \int_\Omega \left(\Delta_{p(x)}^2 v^{(1)}(\tau) - \Delta_{p(x)}^2 v_t^{(2)}(\tau)\right)\left(v_t^{(1)}(\tau) - v_t^{(2)}(\tau)\right) dxd\tau$$
$$- \int_0^t \int_\Omega \left(g \boxdot \Delta_{p(x)}^2 v^{(1)} - g * \Delta_{p(x)}^2 v_t^{(2)}\right)\left(v_t^{(1)}(s) - v_t^{(2)}(s)\right) dxds = 0. \quad (25)$$

Now, let us estimate the right-hand side of (25). First, we apply a generalized version of the monotonicity inequality for the $p(x)$ -Laplacian operator.

$$\left|\int_\Omega \left(\Delta_{p(x)}^2 v^{(1)}(\tau) - \Delta_{p(x)}^2 v_t^{(2)}(\tau)\right)\left(v_t^{(1)}(\tau) - v_t^{(2)}(\tau)\right) dx\right|$$
$$\leq C \int_\Omega \left|\Delta v^{(1)}(\tau)\right|^{\frac{p(x)-2}{2(p(x)-1)}} \left|\Delta v^{(2)}(\tau)\right|^{2(p(x)-1)} \left|\Delta v^{(1)}(\tau) - \Delta v^{(2)}(\tau)\right| \left|\Delta v_t^{(1)}(\tau) - \Delta v_t^{(2)}(\tau)\right| dx$$
$$\leq C\left\|\Delta^2 v^{(1)}(\tau) + \Delta^2 v^{(2)}(\tau)\right\|^2 + \frac{1}{4}\left\|\Delta v_t^{(1)}(\tau) + \Delta v_t^{(2)}(\tau)\right\|^2 \quad (26)$$

In similar way, we have

$$\left|\int_\Omega \left(g * \Delta_{p(x)}^2 v^{(1)}(\tau) - g * \Delta_{p(x)}^2 v_t^{(2)}(\tau)\right)\left(v_t^{(1)}(\tau) - v_t^{(2)}(\tau)\right) dx\right|$$
$$\leq C \int_0^t g(t-\tau) \int_\Omega \left|\Delta v^{(1)}(\tau)\right|^{p(x)-2} \Delta v^{(1)}(\tau) - \left|\Delta v^{(2)}(\tau)\right|^{p(x)-2} \left|\Delta v^{(2)}(\tau)\right| \left(\Delta v_t^{(1)} - \Delta v_t^{(2)}\right) dxd\tau \quad (27)$$

By reapplying the generalized monotonicity formulation, incorporating the dissipation condition (H2), and employing Young's inequality with ε on the convolution memory functional, the combination of estimates (26) and (27) with the integral relation (25) directly implies that $v^{(1)} = v^{(2)}$ almost everywhere. Hence, the solution uniqueness for problem (23) is established.

REFERENCES

Antontsev, S., & Ferreira, J. (2014). On a Viscoelastic Plate Equation With Strong Damping and $\vec{p}(x,t)$ - Laplacian. Existence and Laplacian. Existence and Uniqueness. *Differential and Integral Equations*, 1147–1170.

Antontsev, S; Shmarev , S. (2015). *Evolution PDEs With Nonstandard Growth Conditions: Existence, Uniqueness, Localization, Blow- Up in Atlantis Studies in Differential Equations.* Atlantis Press.

Cazenave T. and A. Haraux, A. (1980). Equations d'Evolution Avec Non-Linearite Logarithmique. *Annales de la Faculté des Sciences de* , 21-51.

Diening L., Hasto P., Harjulehto P, and Ruzicka M. M. (2011). *Lebesgue and Sobolev Space with Variable Exponents.* Springer-Verlag.

Martinez, P. (1994). A New Method to Obtain Decay Rate Estimates for Dissipative Systems. *ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations*, 419-444.

Pişkin, E. (2015). Existence, decay and blow up of solutions for the extensible beam equation with nonlinear damping and source terms. *Open Mathematics*, 408–420.

Pişkin, Erhan; Okutmuştur, Baver. (2021). *An introduction to Sobolev spaces.* New York: Springer.

Ruzicka, M;. (2000). *Electrorheological Fluids: Modeling and Mathematical Theory.* Springer Science & Business Media.

Shahrouzi, M. T. (2026). Well-Posedness and Blow-Up Results for a p(x)-Laplacian Viscoelastic Wave Equation with Logarithmic Source Term. *Mathematische Nachrichten*, 3066-3089.

Shahrouzi, M., Jorge, F., & Pişkin, E. (2024). Existence, asymptotic stability and blow-up results for a variable-exponent viscoelastic double-Kirchhoff-type wave equation. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 95-114.

Yılmaz, N., Demir, M., & Pişkin, E. (2026). Local existence and blow-up of solutions for the higher-order viscoelastic equation with general source term and variable exponents: Theoretical and numerical results. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 104512.

Yılmaz, N; Pişkin, E; Boulaaras, S. (2024). Viscoelastic plate equation with variable exponents: existence and blow-up. *The Journal of Analysis*, 2683-2708.

Yılmaz, N; Pişkin, E. (2024). Blow up of solutions for a logarithmic Petrovsky equation with variable exponent. *Palest. J. Math.*, 948–954.

LOGARİTMİK NONLİNEER TERİMLİ BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN GLOBAL VARLIĞI

Dr, Nebi YILMAZ[1] / Prof. Dr, Erhan PİŞKİN[2]

[1]Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi, Matematik,

nebiyilmaz1981@gmail.com, 0000-0001-5615-9043

[2]Dicle Üniversitesi, Matematik, episkin@dicle.edu.tr, 0000-0001-6587-4479)

Özet

Bu çalışmada, başlangıç verilerine bağlı uygun koşullar altında, ele alınan viskoelastik problemin zayıf çözümlerinin global varlığı konusu ele alınmaktadır. Bu doğrultuda, lokal zayıf çözümlerin zaman içinde global olarak sürdürülebileceği gösterilmekte ve böylece çözümün tüm $t \geq 0$ zamanları için varlığı garanti altına alınmaktadır. Lokal çözümlerin zaman içinde devam ettirilebilirliğini ve düzgün (uniform) sınırlılığını elde etmek amacıyla, çözümlerin sınırlandığı bir kararlı bölge (stable region) oluşturulmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda, söz konusu kararlı yapının sınırlarını kesin bir şekilde karakterize etmek için bir dizi analitik fonksiyonel tanımlanmaktadır. Biharmonik operatörün kuadratik terimleri, viskoelastik terimin çekirdeği ve doğrusal olmayan logaritmik kaynak terimi arasındaki dinamik etkileşimin derinlemesine analiz edilmesiyle, bu fonksiyoneller invaryant kümelerin sınırlarını belirlememize olanak tanır. Başlangıç enerji fonksiyonelinin kritik bir eşik değeri tarafından üstten sınırlandırılması ve tanımlanan fonksiyonellerin başlangıç durumunun belirli işaret koşullarını sağlaması durumunda, çözümlerin bu kararlı bölge içinde kaldığı ispatlanır. Bu koşullar altında, Sobolev uzaylarında düzgün önsel kestirimler elde edilerek çözümün normunun herhangi bir tekillik oluşmaması sağlanır. Sonuç olarak bu düzgün sınırlar, lokal çözümün sürekli olarak bir global çözüme genişletilebilmesini sağlar, Global çözümlerin varlığını doğrular ve viskoelastik sistemin asimptotik enerji azalma oranlarının analiz edilmesi için kritik bir temel oluşturur.

Anahtar Kelimeler: Global varlık ve teklik, Logaritmik kaynak terimi, Viskoelastik biharmonik denklem.

GLOBAL EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR A BIHARMONIC EQUATION WITH LOGARITHMIC NONLINEARITY

Dr, Nebi YILMAZ[1] / Prof. Dr, Erhan PİŞKİN[2]

[1]Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi, Mathematics,

nebiyilmaz1981@gmail.com, 0000-0001-5615-9043

[2]Dicle Üniversitesi, Mathematics, episkin@dicle.edu.tr, 0000-0001-6587-4479S

Abstract

In this study, under appropriate conditions depending on the initial data, the global existence of weak solutions for the considered viscoelastic problem is addressed. Accordingly, it is demonstrated that the local weak solutions can be globally extended over time, thereby guaranteeing the existence of the solution for all times $t \geq 0$. In order to achieve the continuation and uniform boundedness of the local solutions in time, a stable region is constructed within which the solutions remain bounded.

To this end, a sequence of analytical functionals is defined to precisely characterize the boundaries of the aforementioned stable structure. By conducting a deep analysis of the dynamic interaction between the quadratic terms of the biharmonic operator, the relaxation kernel of the viscoelastic term, and the non-linear logarithmic source term, these functionals allow us to determine the boundaries of the invariant sets. Provided that the initial energy functional is bounded from above by a critical threshold value and the initial states of the defined functionals satisfy specific sign conditions, it is proven that the solutions remain trapped inside this stable region. Under these conditions, uniform a priori estimates are established in the framework of suitable Sobolev spaces, ensuring that the norm of the solution does not suffer from any singularity or blow-up. Consequently, these uniform bounds enable the continuous extension of the local solution into a global-in-time solution, validate the existence of global solutions, and establish a critical foundation for analyzing the asymptotic energy decay rates of the viscoelastic system.

Keywords: Global existence and uniqueness, Logarithmic source term, Viscoelastic biharmonic equation,

INTRODUCTION

Let $0 < T < \infty$ and Ω denote a bounded domain in R^n $(n \geq 2)$ featuring a smooth boundary $\partial\Omega$. In this study, we investigate the following viscoelastic wave equation characterized by variable exponents:

$$\begin{cases} z_{tt} + \Delta^2_{p(x)} z + \alpha \Delta z - g * \Delta^2_{p(x)} z + \beta z_t = z\, ln|z| & \text{in } \Omega \times (0,T), \\ z(x,t) = \Delta z(x,t) = 0 & \text{on } \partial\Omega \times (0,T), \\ z(x,0) = z_0(x),\ z_t(x,0) = z_1(x) & \text{in } x \in \Omega, \end{cases} \tag{1}$$

within this framework, α_1, α_2 and k are positive constants, The variable-exponent $p(\cdot)$-Laplacian structural operator is represented by $\Delta^2_{p(x)} z = \int_0^t g(t-\tau)\Delta^2_{p(x)} z\, d\tau$. Additionally, the system's memory effects are introduced via the convolution integral $g * \Delta^2_{p(x)} z = \triangle\left(|\triangle z|^{p(x)-2} \triangle z\right)$. Throughout our analysis, the variable exponent and the relaxation kernel are assumed to satisfy the conditions below:

(H1) The variable exponent $p(\cdot)$ constitutes a measurable function on $\overline{\Omega}$ fulfilling the inequality:

$$2 < p_1 \leq p(x) \leq p_2 < \frac{2n}{n-4}, \qquad n \geq 5$$

where the essential bounds are formulated as follows:

$$p_1 = \operatorname*{ess\,inf}_{x \in \overline{\Omega}} p(x), \qquad p_2 = \operatorname*{ess\,sup}_{x \in \overline{\Omega}} p(x).$$

(H2) The memory Kernel $g: R^+ \to R^+$ is a non-negative, non-increasing function satisfying:

$$g \geq 0,\ \ g'(t) \leq -\xi g(t),$$

$$\alpha_1 - \int_0^\infty g(t)dt = \ l > 0,$$

for a given positive constant ξ.

In recent years, evolution equations characterized by variable-exponent nonlinearities have attracted significant attention, due to their critical applications in electrorheological fluid dynamics, digital image processing, and non-linear elasticity. For a more comprehensive overview of these topics, the reader may consult (Diening L., Hasto P., Harjulehto P, and Ruzicka M. M., 2011; Ruzicka, M;, 2000; Antontsev & Ferreira, 2014; Yılmaz, Demir, & Pişkin, 2026; Yılmaz, N; Pişkin, E, 2024; Yılmaz, N; Pişkin, E; Boulaaras, S, 2024)

1. ESSENTIAL MATHEMATICAL BACKGROUND AND FUNCTION SPACES

To formulate a mathematically rigorous framework for exploring problem (1), we recall the fundamental definitions and characteristics of variable-exponent Lebesgue and Sobolev spaces. For a comprehensive and foundational treatment, the reader is referred to (Antontsev, S; Shmarev , S, 2015; Diening L., Hasto P., Harjulehto P, and Ruzicka M. M., 2011; Pişkin, Erhan; Okutmuştur, Baver, 2021)

Let $\Omega \subset R^n$ be a bounded domain bounded by a smooth boundary $\partial\Omega$. The variable-exponent Lebesgue space $L^{p(x)}(\Omega)$ encompasses all measurable functions $z: \Omega \to R$ that fulfill the following property:

$$L^{p(x)}(\Omega) = \left\{ z: \Omega \to R \text{ is measurable and } \int_\Omega |\lambda z(x)|^{p(x)}\, dx < \infty \text{ for some } \lambda > 0 \right\}.$$

This space is equipped with the Luxemburg norm, defined as:

$$\|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} = inf\left\{\lambda > 0: \int_{\Omega} \left|\frac{z(x)}{\lambda}\right|^{p(x)} dx \leq 1\right\}.$$

Lemma 1.1 (Diening L., Hasto P., Harjulehto P, and Ruzicka M. M., 2011) *Let* $\Omega \subset R^n$ *be a bounded domain bounded. Then:*

iv *The space* $\left(L^{p(x)}(\Omega), \|\cdot\|_{L^{q(x)}(\Omega)}\right)$ *is a separable and reflexive Banach space. Its dual space is given by* $L^{q(x)}(\Omega)$ *, where the conjugate variable exponents satisfy* $1/p(x) + 1/q(x) = 1$.

v *For any functions* $f \in L^{p(x)}(\Omega)$ *and* $g \in L^{q(x)}(\Omega)$ *, the generalized Hölder inequality states that:*

vi $\int_{\Omega} |fg|dx \leq \left(\frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1}\right) \|f\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \|g\|_{L^{q(x)}(\Omega)} \leq 2\|f\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \|g\|_{L^{q(x)}(\Omega)}$.

The relationship between the Luxemburg norm and the modular function $\rho_{p(\cdot)}(f) = \int_{\Omega} |f|^{p(x)} dx$ is governed by the following standard inequalities:

$$min\left(\|f\|^{p_1}_{L^{p(x)}(\Omega)}, \|f\|^{p_2}_{L^{p(x)}(\Omega)}\right) \leq \int_{\Omega} |f|^{p(x)} dx \leq max\left(\|f\|^{p_1}_{L^{p(x)}(\Omega)}, \|f\|^{p_2}_{L^{p(x)}(\Omega)}\right),$$

which holds for any $f \in L^{p(x)}(\Omega)$.

To properly accommodate the fourth-order configuration of problem (1), we introduce the second-order variable-exponent Sobolev space $W^{2,p(x)}(\Omega)$, defined as:

$$W^{2,p(x)}(\Omega) = \left\{z \in L^{p(x)}(\Omega): \quad D^{\alpha} z \in L^{p(x)}(\Omega) \text{ for all } |\alpha| \leq 2\right\},$$

where α represents the multi-index of differentiation. This space forms a complete Banach space under the norm topology:

$$\|z\|_{W^{2,p(x)}(\Omega)} = \|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} + \|\nabla z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} + \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}.$$

Incorporating the Navier boundary conditions $z = \Delta z = 0$ on $\partial\Omega$, we denote $W_0^{2,p(x)}(\Omega)$ as the completion of $C_0^{\infty}(\Omega)$ with respect to the norm of $W^{2,p(x)}(\Omega)$. By virtue of generalized Poincaré-type inequalities, an equivalent norm on $W_0^{2,p(x)}(\Omega)$ can be written as:

$$\|z\|_{W_0^{2,p(x)}(\Omega)} = \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}.$$

We assume that the continuous variable exponent $p(\cdot)$ complies with the standard log-Hölder continuity condition:

$$|p(x) - p(y)| \leq \frac{-A}{log\,|x - y|}, \quad \text{for all } x, y \in \Omega \text{ with } |x - y| < \alpha,$$

where $A > 0$ and $0 < \alpha < 1$.

Lemma 1.2 *Suppose* $\Omega \subset R^n$ *is a bounded domain and* $p(\cdot)$ *satisfies the log-Hölder condition. Then, the continuous embedding* $W_0^{2,p(x)}(\Omega) \subset L^{p(x)}(\Omega)$ *holds, and there exists a positive embedding constant* $c_* = c_*(p_1, p_2, |\Omega|) > 0$ *such that:*

$$\|z\|_{L^{p(x)}(\Omega)} \leq c_* \|\Delta z\|_{L^{p(x)}(\Omega)}, \quad \forall z \in W_0^{2,p(x)}(\Omega). \tag{2}$$

Lemma 1.3 *Let* $v \in H^2(\Omega) \cap H_0^1(\Omega)$ *and* $a > 0$ *be any positive parameter. Then, the higher-order logarithmic Sobolev inequality is given by:*

$$2\int_\Omega |v|^2 \ln\left(\frac{|v|}{\|v\|_2}\right) dx + n(1+\ln a)\|v\|_2^2 \le \frac{a^2}{\pi}\|\Delta v\|_2^2. \tag{3}$$

Lemma 1.4 (Shahrouzi, Tahamtani, & Pişkin, 2026; Cazenave T. and A. Haraux, 1980) *Let* $C > 0$, $\gamma \in L^1(0,T;R^+)$ *and assume that a continuous function* $w : [0,T] \to [1,\infty)$ *satisfies the integral inequality:*

$$w(t) \le C\left(1 + \int_0^t \gamma(s)w(s)\ln(w(s))ds\right), \quad \forall t \in [0,T], \tag{4}$$

then $w(t)$ *satisfies the explicit bound:*

$$w(t) \le C_e C \int_0^t \gamma(s)ds, \quad \forall t \in [0,T]. \tag{5}$$

The total energy functional $E(t)$ *associated with system (1) is formulated as follows:*

$$E(t) = \frac{1}{2}\|z_t\|^2 + \int_\Omega \frac{1}{p(x)}|\Delta z|^{p(x)}dx + \frac{1}{2}\left(\alpha - \int_0^t g(s)ds\,\|\Delta z(t)\|^2\right) + \frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z)(t) \frac{k}{2}\int_0^t |z|^2 \ln|z|\,dx \tag{6}$$

where the history-dependent memory term $(g \boxdot \Delta z)(t)$ *is defined as:*

$$(g \boxdot \Delta z)(t) = \int_0^t g(t-\tau)\|\Delta z(t) - \Delta z(\tau)\|_2^2 d\tau.$$

Lemma 1.5 *Let* $z(x,t)$ *be a local weak solution of system (1). Then,* $E(t)$ *is a non-increasing functional satisfying the energy dissipation identity:*

$$E'(t) = -\beta\|z_t\|_2^2 + \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z)(t) - \frac{1}{2}g(t)\|\Delta z\|_2^2 \le 0. \tag{7}$$

Proof. Multiplying equation (1) by $z_t(t)$ and integrating the resulting relation over the bounded domain Ω under Navier boundary conditions yields the following identity:

$$\int_\Omega z_t(t)z_{tt}(t)dx + \int_\Omega z_t(t)\Delta\left(|\Delta z(t)|^{p(x)-2}\Delta z(t)\right)dx + \alpha\int_\Omega z_t(t)\Delta z(t)dx - \int_\Omega z_t(t)\int_0^t g(t-\tau)\Delta\left(|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)\right)d\tau dx + \beta\int_\Omega z_t^2(t)dx = k\int_\Omega z_t(t)z(t)\ln|z(t)|\,dx \tag{8}$$

Applying the generalized Green's vector identity twice transfers the higher-order spatial derivatives onto the time derivative, which standardly transforms (8) into:

$$\frac{1}{2}\frac{d}{dt}\|z_t\|^2 + \frac{d}{dt}\int_\Omega \frac{1}{p(x)}|\Delta z|^{p(x)}dx - \frac{\alpha}{2}\frac{d}{dt}\|\Delta z(t)\|^2 + \beta\int_\Omega z_t^2(t)dx = \int_0^t g(t-\tau)\int_\Omega \Delta z_t(t)|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)dxd\tau + \frac{k}{2}\frac{d}{dt}\int_0^t |z|^2\ln|z|\,dx - \frac{k}{4}\frac{d}{dt}\|z\|^2.$$

To compute the exact balance for the hereditary memory convolution term, we differentiate the bilinear memory functional $\frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z)(t)$ with respect to time. Utilizing Leibniz's integral rule and algebraic rearrangements, we obtain:

$$\int_0^t g(t-\tau)\int_\Omega \Delta z_t(t)|\Delta z(\tau)|^{p(x)-2}\Delta z(\tau)dxd\tau = \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z)(t)\|\Delta z(t)\|^2 - \frac{1}{2}\frac{d}{dt}(g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{1}{2}\frac{d}{dt}\left(\int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2. \quad (9)$$

Substituting the structural identity (9) into (8) and grouping all total time derivatives on the left-hand side allows us to evaluate the system exactly under the definition of the energy functional $E(t)$ given in (6):

$$\frac{d}{dt}E(t) = -\beta\|z_t\|_2^2 + \frac{1}{2}(g' \boxdot \Delta z)(t) - \frac{1}{2}g(t)\|\Delta z\|_2^2 \leq 0.$$

Differentiating (6) and substituting these identities yields the assertion (7).

2. GLOBAL EXISTENCE

This section focuses on the global existence of solutions to problem (1) under specific constraints on the initial data. To show that the local solution can be extended over [0, ∞), we utilize a stable region. For this purpose, the following functionals are introduced to define the potential-well framework for all $0 \leq t \leq T_{max}$. First, the potential energy functional is defined as:

$$J(z(t)) = \int_\Omega \frac{1}{p(x)}|\Delta z|^{p(x)}dx + \frac{1}{2}\left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{k}{4}\|z\|^2 - \frac{k}{2}\int_\Omega |z|^2 ln|z|dx \quad (10)$$

and the Nehari functional:

$$I(z(t)) = \int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{k}{4}\|z\|^2 - \int_\Omega |z|^2 \ln|z|dx \quad (11)$$

By energy functional (6) and potential energy (10), we can easily see that

$$E(t) = \frac{1}{2}\|z_t\|^2 + J(z(t)) \quad (12)$$

By $I(z(t))$ we define the potential-well (stable set)

$$N^+ = \{(z_0, z_1) \in W^{2,p(x)}(\Omega) \times L^2(\Omega); I(z_0) > 0\} \cup \{0\} \quad (13)$$

the complement of the potential well, which corresponds to the unstable set,

$$N^- = \{(z_0, z_1) \in W^{2,p(x)}(\Omega) \times L^2(\Omega); I(z_0) < 0\} \tag{14}$$

and the Nehari manifold

$$N = \{(z_0, z_1) \in W^{2,p(x)}(\Omega) \times L^2(\Omega); I(z_0) = 0\} \tag{15}$$

We first demonstrate the subsequent lemma.

Lemma 2.1 *Assume that* $z(t) = z(x,t)$ *be a local solution of problem (1). If* $z_0 \in N^+$ *and*

$$\|z_0\|^2 \leq e^{\frac{n}{2}}(2\pi l)^{\frac{\pi}{4}} \tag{16}$$

Then, we have

$$I(z(t)) > 0, for\ all\ t \in (0, T_{max})$$

Proof. By using the continuity of $z(t) = z(x,t)$ and since $I(z_0) > 0$, thus there exists a time $T^* < T$ such that $z(t) \geq z(x,t)$, for all $t \in [0, T_{max}]$. Thanks to thehigher-order logarithmic Sobolev inequality Lemma 1.3, we get

$$I(z(t)) = \int_\Omega |\Delta z|^{p(x)} dx + \left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t) - \|z\|^2 ln\|z\|^2 - \int_\Omega |z|^2 ln\frac{|z|}{\|z\|^2} dx$$

$$\geq \int_\Omega |\Delta z|^{p(x)} dx + \left(l - \frac{\alpha^2}{2\pi}\right)\|\Delta z\|^2 + \left[\frac{n}{2}(1 + lna) - ln\|z\|^2\right]\|z\|^2$$

Setting $a = 2\pi l$, estimate (140) ensures that $I(z(t)) \geq 0$ for all $t \in (0, T_{max})$, which completes the proof of Lemma 2.1. We are now in a position to state and establish the global existence result as follows:

Theorem 2.2 *Under the assumptions of Lemma 2.1, if we assume that* $k < \frac{2}{p_2}$ *, then the solution of problem (1) is global in time.*

Proof. Combining assumption (H1) with the definition of $J(z(t))$ in (10), it follows immediately that

$$J(z(t)) \geq \frac{1}{p_2}\int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \frac{1}{2}\left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2$$
$$+\frac{1}{2}(g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{k}{4}\|z\|^2 - \frac{k}{2}\int_\Omega |z|^2 ln|z|dx$$
$$= \left(\frac{1}{p_2} - \frac{k}{2}\right)\int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{2}\right)\left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2$$
$$+\left(\frac{1}{2} - \frac{k}{2}\right)(g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{k}{4}\|z\|^2 + \frac{k}{2}I(z(t))$$

$$\geq \frac{2-kp_2}{2p_2}\left(\int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \left(\alpha_1 - \int_0^t g(s)ds\right)\|\Delta z\|^2 + \|z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t) + \frac{k}{2}I(z(t))\right)$$
$$> \frac{l(2-kp_2)}{2p_2}\left(\int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \|\Delta z\|^2 + \|z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t)\right), \quad (17)$$

where use has been made of Lemma 2.1 and hypothesis (H2). Consequently, a combination of (17) and (7) yields

$$\|\Delta z\|^2 \leq \frac{2p_2}{l(2-kp_2)}J(z(t)) \leq \frac{2p_2}{l(2-kp_2)}E(t) \leq \frac{2p_2}{l(2-kp_2)}E(0) \quad (18)$$

On the other hand, by using (7) and (17), we obtain

$$E(0) \geq E(t) = \frac{1}{2}\|z_t\|^2 + J(z(t))$$
$$> \frac{1}{2}\|z_t\|^2 + \frac{l(2-kp_2)}{2p_2}\left(\int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \|\Delta z\|^2 + \|z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t)\right)$$
$$\geq \gamma_0\left(\|z_t\|^2 + \int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \|\Delta z\|^2 + \|z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t) + \|z\|^2\right)$$

where $\gamma_0 = min\left\{\frac{1}{2}, \frac{l(2-kp_2)}{2p_2}\right\}$. Therefore, it follows that

$$\left(\|z_t\|^2 + \int_\Omega |\Delta z|^{p(x)}dx + \|\Delta z\|^2 + \|z\|^2 + (g \boxdot \Delta z)(t) + \|z\|^2\right) < \frac{E(t)}{\gamma_0} \quad (19)$$

Consequently, it follows from estimate (19) that the solution of problem (1) is global, which concludes the proof of Theorem 2.2.

REFERENCES

Antontsev, S., & Ferreira, J. (2014). On a Viscoelastic Plate Equation With Strong Damping and $\vec{p}(x,t)$ -Laplacian. Existence and Laplacian. Existence and Uniqueness. *Differential and Integral Equations*, 1147–1170.

Antontsev, S; Shmarev , S. (2015). *Evolution PDEs With Nonstandard Growth Conditions: Existence, Uniqueness, Localization, Blow- Up in Atlantis Studies in Differential Equations.* Atlantis Press.

Cazenave T. and A. Haraux, A. (1980). Equations d'Evolution Avec Non-Linearite Logarithmique. *Annales de la Faculté des Sciences de* , 21-51.

Diening L., Hasto P., Harjulehto P, and Ruzicka M. M. (2011). *Lebesgue and Sobolev Space with Variable Exponents.* Springer-Verlag.

Martinez, P. (1994). A New Method to Obtain Decay Rate Estimates for Dissipative Systems. *ESAIM: Control, Optimisation and Calculus of Variations*, 419-444.

Pişkin, E. (2015). Existence, decay and blow up of solutions for the extensible beam equation with nonlinear damping and source terms. *Open Mathematics*, 408–420.

Pişkin, E., & Okutmuştur, B. (2021). *An introduction to Sobolev spaces.* New York: Springer.

Ruzicka, M;. (2000). *Electrorheological Fluids: Modeling and Mathematical Theory.* Springer Science & Business Media.

Shahrouzi, M., Jorge, F., & Pişkin, E. (2024). Existence, asymptotic stability and blow-up results for a variable-exponent viscoelastic double-Kirchhoff-type wave equation. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 95-114.

Shahrouzi, M., Tahamtani, F., & Pişkin, E. (2026). Well-Posedness and Blow-Up Results for a p(x)-Laplacian Viscoelastic Wave Equation with Logarithmic Source Term. *Mathematische Nachrichten*, 3066-3089.

Yılmaz, N., Demir, M., & Pişkin, E. (2026). Local existence and blow-up of solutions for the higher-order viscoelastic equation with general source term and variable exponents: Theoretical and numerical results. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 104512.

Yılmaz, N; Pişkin, E; Boulaaras, S. (2024). Viscoelastic plate equation with variable exponents: existence and blow-up. *The Journal of Analysis*, 2683-2708.

Yılmaz, N; Pişkin, E. (2024). Blow up of solutions for a logarithmic Petrovsky equation with variable exponent. *Palest. J. Math.*, 948–954.

DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMASI

Prof. Dr. Erhan PİŞKİN1/ Ayşe DEMİRHAN2

1Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, episkin@dicle.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-6587-4479

2Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik, aysedemirhan5@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1669-664X

Özet

Bu çalışma, dördüncü mertebeden tekil potansiyelli bir kısmi diferansiyel denklem sistemi için başlangıç-sınır değer problemini ve bu problemin çözüm davranışlarını kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Fizik, optik, akustik ve jeofizik gibi birçok farklı bilim dalında, karmaşık difüzyon mekanizmalarını ve sistemlerin kararlılık yapılarını modellemek amacıyla dördüncü mertebeden parabolik denklemler temel bir araç olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu matematiksel modelin kökleri, Petrovsky tarafından kurulan kanonik çerçeveye dayanmaktadır. Çalışmanın metodolojik altyapısında, öncelikle ilgili fonksiyonel uzaylar ve bu uzaylardaki normlar tanımlanmış; model denklemindeki tekillikle başa çıkabilmek için özel yaklaşımlar ve Sobolev-Hardy eşitsizlikleri entegre edilmiştir. Bu doğrultuda, başlangıç-sınır değer problemi için zayıf çözüm tanımı verilmiş, sistemin potansiyel kuyuları ailesi ve bu kuyularla ilişkili potansiyel kuyusu derinliği hassas bir şekilde formüle edilmiştir. Araştırmanın odak noktasını, düşük başlangıç enerjisine sahip çözümlerin sonlu zamanda patlama (blow-up) davranışı oluşturmaktadır. Bu kapsamda Nehari manifoldları ve potansiyel kuyuları yardımıyla değişmez alt kümeler tanımlanmış, sistemin enerji fonksiyonellerinin özellikleri detaylandırılmıştır. Çözümlerin sonlu zamanda patlama eğilimini kanıtlamak amacıyla yardımcı diferansiyel eşitsizlikler, Cauchy eşitsizlikleri ve türev tahminleri titizlikle türetilmiştir. Elde edilen teorik sonuçlar, negatif başlangıç enerjisine veya potansiyel kuyusu derinliğinden küçük pozitif başlangıç enerjisine sahip belirli sistemlerin, sonlu bir zaman aralığında patlamaya uğradığını kesin bir şekilde kanıtlamaktadır. Bu bulgular, yüksek mertebeden tekil katsayılı kısmi diferansiyel denklemler teorisini zenginleştirmekte ve ilgili fiziksel uygulama alanlarındaki kararsızlık ile kararlılık analizlerine önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dördüncü Mertebeden Parabolik Denklem, Tekil Potansiyel, Sonlu Zamanda Patlama

BLOW UP OF SOLUTIONS FOR A FOURTH-ORDER SINGULAR PARABOLIC EQUATION

Prof. Dr. Erhan PİŞKİN1/ Ayşe DEMİRHAN2
1Dicle University, Department of Mathematics, episkin@dicle.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-6587-4479
2Dicle University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Mathematics, aysedemirhan5@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1669-664X

Abstract

This study comprehensively investigates the initial-boundary value problem for a system of fourth-order partial differential equations with a singular potential and examines the solution behaviors of this problem. Fourth-order parabolic equations are frequently utilized as a fundamental tool in many different scientific disciplines—such as physics, optics, acoustics, and geophysics—to model complex diffusion mechanisms and the stability structures of systems. The roots of this mathematical model trace back to the canonical framework established by Petrovsky. In the methodological framework of the study, relevant functional spaces and norms within these spaces were first defined, and specialized approaches along with Sobolev-Hardy inequalities were integrated to address the singularity in the model equation. Accordingly, the definition of a weak solution for the initial-boundary value problem was provided, and the family of potential wells of the system along with the potential well depth associated with these wells were precisely formulated. The focal point of the research is finite-time blow-up behavior of solutions with low initial energy. In this context, invariant subsets were defined using Nehari manifolds and potential wells, and the properties of the system's energy functionals were detailed. Auxiliary differential equations, Cauchy inequalities, and derivative estimates were rigorously derived to prove the tendency of solutions to blow up in finite time. The theoretical results obtained conclusively prove that certain systems possessing negative initial energy or positive initial energy smaller than the potential well depth undergo a blow-up within a finite time interval. These findings enrich the theory of higher-order partial differential equations with singular coefficients and make significant contributions to instability and stability analyses in relevant physical application fields.

Key Words: Fourth-order Parabolic Equation, Singular Potential, Finite Time Blow-up
Mathematics Subject Classification (2020): 35K25, 35K67, 35B44.

INRODUCTION

The present study focuses on the following initial-boundary value problem for a fourth-order equation with singular potential

$$\begin{cases} \frac{z_t}{|x|^s} + \Delta^2 z + \Delta^2 z_t = |z|^{q-2}z, & (x,t) \in \Omega \times (0,T), \\ z(x,0) = z_0(x), & x \in \Omega, \\ z(x,t) = \Delta z(x,t) = 0, & (x,t) \in \partial\Omega \times (0,T) \end{cases} \tag{1}$$

where $2 < q < \frac{2N}{N-4}, 0 \le s \le 2$, Ω is a bounded domain of $\mathrm{R}^N \left(N > 4\right)$ with a smooth boundary $\partial\Omega$.

Fourth-order parabolic equations are utilized as a fundamental tool in the fields of physics and applied mathematics to model stability struces and complex diffusion mechanisms of systems. This fourth-order mathematical model traces its roots back to the canonical framework established by Petrovsky. The equations of this nature frequently arise across various scientific disciplines, includinng geophysic, optics, acoustics andocean acoustics ([3, 10, 11, 12]). Extensive research has been conducted on the singular potential term, as documented in the references ([1], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14], [15], [16]).

1. PRELIMINARIES

This part introduces some definitions, lemmas and notations.

Denote by $\|.\|_q$ the norm of the Lebesgue space $L^q(\Omega)$ for $1 \le q \le +\infty$, that is

$$\|z\|_q = \left(\int_\Omega |z|^q dx\right)^{\frac{1}{q}}.$$

For simplicity, we write $\|.\|_q$ for $\|.\|_{L^q(\Omega)}$, in particular $\|.\| = \|.\|_{L^q(\Omega)}$.

Let us introduce some functionals:

First, multiplying equation (1) by z_t and integrating over $\Omega \times [0,t)$, we obtain

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s} dx d\tau + \int_0^t \int_\Omega \Delta z . \Delta z_t dx d\tau + \int_0^t \int_\Omega \Delta z_t^2 dx d\tau = \int_0^t \int_\Omega z^{q-1} z_t dx d\tau,$$

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s} dx d\tau + \int_0^t \|\Delta z_t\|^2 d\tau + \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{2}\|\Delta z_0\|^2 = \frac{1}{q}\|z\|_q^q - \frac{1}{q}\|z_0\|_q^q \tag{2}$$

$$J(z) = \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{q}\|z\|_q^q,$$

$$\int_0^t \left\| \frac{z_\tau}{x^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 d\tau + \int_0^t \|\Delta z_\tau\|^2 d\tau + J(z) = J(z_0). \tag{3}$$

And define Nehari functional to be

$$I(z) = \|\Delta z\|^2 - \|z\|_q^q. \tag{4}$$

It is clear that

$$J(z) = \frac{q-2}{2q}\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q}I(z).$$

The Nehari manifold associated with steady stade of problem (1) is

$$N = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) = 0\},$$

which separates the two unbounded sets

$$N_+ = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) > 0\}$$

and

$$N_- = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) < 0\}.$$

Then we can define the sets W, V as well as the definition d as follows

$$W = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d,\ I(z) > 0\} \cup \{0\},$$

$$V = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d,\ I(z) < 0\},$$

$$d = \inf_{z \in N} J(z)$$

.

Due to the singularity existing in the mode equation, we introduce the following $\rho_n(x)$ to deal with it

$$\rho_n(x) = min\{|x|^{-s}, n\}\ \left(n \in Z^+\right) \tag{5}$$

Further we denote

$$\|z\|_{H_0^2}^2 \cong \|\Delta z\|^2,$$

$$\|z\|_*^2 \cong \|\Delta z\|^2 + \int_\Omega \rho_n z^2. \tag{6}$$

Lemma *1([2]).* *Let* $\mathrm{R}^N = \mathrm{R}^k \times \mathrm{R}^{N-k}$, $2 \le k \le N$ *and* $x = (y, z) \in \mathrm{R}^N = \mathrm{R}^k \times \mathrm{R}^{N-k}$. *For given* n, β *satisfying* $1 < n < N$, $0 \le \beta \le n$ *and* $\beta < k$, $m(\beta, N, n) = \frac{n(N-\beta)}{N-n}$, *there exist a positive constant* $H = H(\beta, N, n, k)$ *such that for any* $u \in W_0^{1,n}(\mathrm{R}^N)$,

$$\int_{\mathrm{R}^N} \frac{|u(x)|^m}{|y|^\beta} dx \le H\left(\int_{\mathrm{R}^N} |\nabla u|^n dx\right)^{\frac{N-\beta}{N-n}}. \tag{7}$$

Remark 2 *([9]).* *When* $m = n = \beta$, *this inequality is the classical Hardy inequality. With above inequlity we have* $\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s} dx \le H\|\nabla z\|^2 (H > 0)$ *for* $z \in H_0^1(\Omega)$. *In fact, let* $m = 2$, $\beta = s$ *in (30), by* $m(\beta, N, n) = \frac{n(N-\beta)}{N-n}$ *we have* $n = \frac{2N}{N-s+2}$, *then (5) becomes*

$$\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s}dx \le H\left(|\nabla z|^{\frac{2N}{N-s+2}}dx\right)^{\frac{N-s+2}{N}}. \tag{8}$$

Due to $0 \le s \le 2$, *then* $\frac{2N}{N+4} < \frac{2N}{N+2} < \frac{2N}{N-s+2}$ *and* $\frac{2N}{N+4} \le \gamma \le 2$. *We define* $\gamma = \frac{2N}{N-s+2}$, *then* $\frac{N-s+2}{N} = \frac{2}{\gamma}$. *By* $N > 4$, *we know* $\frac{2N}{N+4} > 1$, *then* $1 < \gamma \le 2$. *By (35) and* $H_0^1(\Omega) \longrightarrow L^2(\Omega) \longrightarrow L^\gamma(\Omega)$, *we get*

$$\begin{aligned}\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s}dx &\le H(|\nabla z|^\gamma dx)^{\frac{2}{\gamma}}\\ &= H\|\nabla z\|_\gamma^2\\ &\le H\|\nabla z\|^2\end{aligned}$$

Moreover, from $H_0^2(\Omega) \longrightarrow H_0^1(\Omega)$ *we have* $\|\nabla z\| \le C_1\|\Delta z\|$. *Therefore, we get*

$$\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s}dx \le C_H\|\Delta z\|^2.$$

Lemma 3. *Let*

$$d = \inf_{z\in N} J(z),$$

then it can be computed to get that

$$d = \left(\frac{q-2}{2q}\right) C^{\frac{-2q}{q-2}}, \tag{9}$$

here, C *denotes the best embedding constant of* $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$ *since* $2 < q < \frac{2N}{N-4}$.

Proof. From the of $J(z)$, we have

$$\begin{aligned}J(\delta z) &= \frac{\delta^2}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{\delta^q}{q}\|z\|_q^q,\\ \frac{dJ(\delta z)}{d\delta} &= \delta\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-1}\|z\|_q^q.\end{aligned}$$

Let $\frac{dJ(\delta z)}{d\delta} = 0$, we have $\delta = \left(\frac{\|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}$. From $J(\delta z)$, we have

$$\sup_{\delta\ge 0} J(\delta z) = \frac{q-2}{2q}\left(\frac{\|\Delta z\|}{\|z\|_q}\right)^{\frac{2q}{q-2}},$$

here, C denotes the best embedding constant of $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$, that is

$$C = \sup_{z\in H_0^2(\Omega)} \frac{\|z\|_q}{\|\Delta z\|}. \tag{10}$$

Recalling the definition of depth of well potentiall d, we can complete the proof.

To formulate our arguments in a precise way, we first present three essential definitions. Furthermore, to address the singularity existing in the model equation, we introduce the following

Definition 4. *A function* $z = z(x,t)$ *is called a weak solution of problem (1) on* $\Omega \times [0,t)$, *if* $z \in L^{\infty}\left(0,T;\, H_0^2(\Omega)\right)$ *satisfying*

i) *for any* $\eta \in H_0^2(\Omega)$, $t \in (0,T)$, $\eta \in Z^+$,

$$(\rho_n z_t, \eta) + (\Delta z_t, \Delta\eta) + (\Delta z, \Delta\eta) = (|z|^{q-2}z, \eta); \qquad (11)$$

ii) $z(x,0) = z_0(x)$ *in* $H_0^2(\Omega)$,

iii) *for* $0 \le t \le T$,

$$\int_0^t \left\| \rho_n^{\frac{1}{2}} z_\tau \right\|^2 d\tau + \int_0^t \|\Delta z_\tau\|^2 d\tau + J(z) = J(z_0) \qquad (12)$$

and

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_\tau}{|x|^s} dx d\tau < \infty.$$

Definition 5. *Let* $z(t)$ *be a weak solution of problem (1). We call* $z(t)$ *as a blow up solution in finite time if the maximal existence time* T *is finite and*

$$\lim_{t \to T^-} \int_0^t \left(\left\| \frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau = \infty.$$

2. LOW INITIAL ENERGY $J(z_0) < d$

2.1. Preliminary Lemma and The Family of Potential Wells

In this subsection, we establish some properties of functionals $J(z)$ and $I(z)$ which are well defined as before. Then we give some definitions of some manifolds in order to introduce a family of potential wells W_ρ and its corresponding outer manifolds V_ρ. Finally, we show some properties of above manifolds and functions. These properties will be prove the global existence, finite time blow up and asymptotic behavior of solutions for problem (1).

Lemma 6. *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$ *and* $\|\Delta z\|^2 \neq 0$. *Then*

i) $\lim_{\delta \to 0} J(\delta z) = 0, \quad \lim_{\delta \to \infty} J(\delta z) = -\infty,$

ii) *On the interval* $0 < \delta < \infty$, *there exists a unique* $\delta^* = \delta^*(z)$, *such that*

$$\frac{d}{d\delta} J(\delta z) \Big|_{\delta = \delta^*} = 0.$$

iii) $J(\delta z)$ *is increasing on* $0 < \delta \le \delta^*$, *decreasing on* $\delta^* < \delta < \infty$ *and takes the maximum at* $\delta = \delta^*$

iv) $I(\delta z) > 0$ *for* $0 < \delta \leq \delta^*$, $I(\delta z) < 0$ *for* $\delta^* < \delta < \infty$ *and* $I(\delta^* z) = 0$.

Proof. i) From the definition of $J(z)$, i.e.,

$$J(z) = \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{q}\|z\|_q^q,$$

we know

$$J(\delta z) = \frac{\delta^2}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{\delta^q}{q}\|z\|_q^q, \tag{13}$$

which gives $\lim_{\delta \to 0} J(\delta z) = 0$ and $\lim_{\delta \to \infty} J(\delta z) = -\infty$.

ii) By differentiating (13) in δ, we have

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) = \delta\left(\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-2}\|z\|_q^q\right). \tag{14}$$

Let $\frac{d}{d\delta}J(\delta z) = 0$, by $0 < \delta < \infty$ and easy calculations, we obtain

$$\delta = \delta^* = \left(\frac{\|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}.$$

iii) Equation (14) gives

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) > 0 \text{ for } 0 < \delta \leq \delta^*$$

and

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) < 0 \text{ for } \delta^* < \delta < \infty,$$

which is the conclusion of (iii).

iv) Combining the definition of $I(z)$ and conclusion of (iii), the conclusion follows from

$$I(\delta z) = \delta^2\|\Delta z\|^2 - \delta^q\|z\|_q^q$$
$$= \delta\frac{d}{d\delta}J(\delta z).$$

For $\delta > 0$, we define

$$I_\rho(z) = \rho\|\Delta z\|^2 - \|z\|_q^q,$$

$$d(\rho) = \inf_{z \in N} J(z).$$

$$N_\rho = \left\{z \in H_0^2(\Omega)\backslash\{0\} \ : \ I_\rho(z) = 0\right\},$$

and

$$r(\rho) = \left(\frac{\rho}{C^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}. \tag{15}$$

where C is imbedding constant for $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$.

For $0 < \rho < \frac{q}{2}$, we define

$$W_\rho = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d(\rho),\ I_\rho(z) > 0\} \cup \{0\},$$

$$V_\rho = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d(\rho),\ I_\rho(z) < 0\}.$$

Next we shall give several lemmas to reveal the properties of the functionals, norns and depth of potential wells, which are related to potential well and the family of potential wells for the proofs of the main conclusions.

Lemma *6.* *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$.

i) *If* $0 < \|\Delta z\| < r(\rho)$, *then* $I_\rho(z) > 0$. *In particular,* $0 < \|\Delta z\| < r(1)$, *then* $I(z) > 0$.

ii) *If* $I_\rho(z) < 0$, *then* $\|\Delta z\| > r(\rho)$. *In particular, if* $I(z) < 0$, *then* $\|\Delta z\| > r(1)$.

iii) *If* $I_\rho(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$ *or* $\|\Delta z\| = 0$. *In particular, if* $I(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\| \geq r(1)$ *or* $\|\Delta z\| = 0$.

iv) *If* $I_\rho(z) = 0$ *and* $\|\Delta z\| \neq 0$, *then* $J(z) > 0$ *for* $0 < \rho < \frac{q}{2}$, $J(z) = 0$ *for* $\rho = \frac{q}{2}$, $J(z) < 0$ *for* $\rho > \frac{q}{2}$.

Proof. i) Using the embedding

$H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$ and $0 < \|\Delta z\| < r(\rho)$, we have

$$\|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2 < \rho \|\Delta z\|^2.$$

By the definition of $I_\rho(z)$, (i) is proved.

ii) It is easy to see $\|\Delta z\| \neq 0$ from $I_\rho(z) < 0$. Thus, from

$$\rho \|\Delta z\|^2 < \|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2$$

we have $\|\Delta z\| > r(\rho)$.

iii) On the one hand, if $\|\Delta z\| = 0$, then $I_\rho(z) = 0$. On the other hand, if $I_\rho(z) = 0$ and $\|\Delta z\| \neq 0$, then by

$$\rho \|\Delta z\|^2 = \|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2$$

we have $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$.

iv) The conclusion follows from Lemma 6 (iii) and

$$J(z) = \left(\frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}\right) \|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z).$$

Lemma 7. *The depth function* $d(\rho)$ *satisfies the following properties:*

i) $d(\rho) \geq a(\rho)\, r^2(\rho)$ *for* $a(\rho) = \frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}$, $0 < \rho < \frac{q}{2}$;

ii) $\lim_{\rho \to 0^+} d(\rho) = 0$, $d\left(\frac{q}{2}\right) = 0$ *and* $d(\rho) < 0$ *for* $\rho > \frac{q}{2}$;

iii) $d(\rho)$ *is increasing on* $0 < \rho \leq 1$, *decreasing on* $1 < \rho \leq \frac{q}{2}$ *and takes the maximum* $d = d(1)$ *at* $\rho = 1$.

Proof. i) If $z \in N_\rho$, then by Lemma 6 (iii) we have $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$. Hence from

$$\begin{aligned} J(z) &= \left(\frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}\right) \|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) \\ &= a(\rho) \|\Delta z\|^2 \geq a(\rho)\, r^2(\rho) \end{aligned}$$

we get $d(\rho) \geq a(\rho)\, r^2(\rho)$.

ii) For any $z \in H_0^2(\Omega)$, $\|\Delta z\| \neq 0$ we define $\delta = \delta(\rho)$ by

$$\rho \|\delta \Delta z\|^2 = \|\delta z\|_q^q \tag{16}$$

i.e.,

$$\rho \|\Delta z\|^2 = \rho^{q-2} \|z\|_q^q.$$

Hence, for any $\rho > 0$, there exists a unique parameter

$$\delta(\rho) = \left(\frac{\rho \|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}} \tag{17}$$

satisfying (16), which implies that $\delta z \in N_\rho$. From (17) we obtain

$$\lim_{\rho \to 0^+} \delta(\rho) = 0.$$

Then we have

$$\lim_{\rho \to 0^+} J(\delta z) = 0.$$

By the definition of $d(\delta)$, we have

$$\lim_{\rho \to 0^+} d(\rho) = 0.$$

From Lemma 6 (iv), (ii) can be derived.

iii) It is enough to prove that for any $0 < \rho' < \rho'' < 1$ or $1 < \rho'' < \rho' < \frac{q}{2}$ and for any $z \in N_{\rho''}$, there exist a $z \in N_{\rho'}$ and a constant $\varepsilon(\rho', \rho'')$ such that $J(z) < J(w) - \varepsilon(\rho', \rho'')$. In fact, for above w we also define $\delta(\rho)$

by (16) then $I_\rho(\delta(\rho)\, z) = 0$ and $\delta(\rho'') = 1$. Let $f(\delta) = J(\delta z)$, we obtain

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\delta} f(\delta) &= \delta\left(\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-2}\|z\|_q^q\right)\\ &= \frac{1}{\delta}\left(\|\delta\Delta z\|^2 - \|\delta z\|_q^q\right)\\ &= \frac{1}{\delta}\left((1-\rho)\,\|\delta\Delta z\|^2 + I_\rho(\delta z)\right)\\ &= (1-\rho)\,\delta\|\Delta z\|^2.\end{aligned}$$

Take $z = \delta(\rho')\, z$, then $z \in N_{\rho'}$.

For $0 < \rho' < \rho'' < 1$, by mean value theorem and Lemma 6 (iii), we have

$$\begin{aligned}J(z) - J(w) &= f(1) - f\left(\delta(\rho')\right)\\ &= (1-\rho')\,\|\Delta z\|^2\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &\geq (1-\rho')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &> (1-\rho'')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right) \equiv \varepsilon(\rho', \rho'').\end{aligned}$$

For $1 < \rho'' < \rho' < \frac{q}{2}$, we have

$$\begin{aligned}J(z) - J(w) &= f(1) - f\left(\delta(\rho')\right)\\ &= (1-\rho')\,\|\Delta z\|^2\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &\geq (1-\rho')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &> (\rho''-1)\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho'')\,(\delta(\rho')-1) \equiv \varepsilon(\rho', \rho'').\end{aligned}$$

Therefore, we get (iii).

Lemma 8. *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$ *and* $0 < \rho < \frac{q}{2}$. *Assume that* $J(z) \leq d(\rho)$.

i) *If* $I_\rho(z) > 0$, *then* $\|\Delta z\|^2 < \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, *where* $a(\rho) = \frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}$. *In particular, if* $J(z) \leq d$ *and* $I(z) > 0$, *then*

$$\|\Delta z\|^2 < \frac{2q}{q-2}\, d.$$

ii) *If* $\|\Delta z\|^2 > \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, *then* $I_\rho(z) < 0$. *In particular, if* $J(z) \leq d$ *and*

$$\|\Delta z\|^2 > \frac{2q}{q-2}\, d.$$

then $I(z) < 0$.

iii) *If* $I_\rho(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\|^2 \le \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$. *In particular, if* $J(z) \le d$ *and* $I(z) = 0$, *then*

$$\|\Delta z\|^2 \le \frac{2q}{q-2} d.$$

Proof. We only consider the cases for I_ρ since the cases for I can be easily obtained by setting $\rho = 1$.

i) For $0 < \rho < \frac{q}{2}$, we obtain

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) = J(z) \le d(\rho). \tag{18}$$

Then $\|\Delta z\|^2 < \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$.

ii) From (18) and $\|\Delta z\|^2 > \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, we know

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) > d(\rho) + \frac{1}{q} I_\rho(z).$$

Therefore, we obtain

$$I_\rho(z) < 0.$$

iii) From $0 < \rho < \frac{q}{2}$ and $I_\rho(z) = 0$, it follows that

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) = J(z) = a(\rho)\|\Delta z\|^2 \le d(\rho).$$

Then $\|\Delta z\|^2 \le \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$.

Lemma 9. *Assume* $0 < J(z) < d$ *for* $z \in H_0^2(\Omega)$, $\rho_1 < \rho_2$ *are two roots of equation* $d(\rho) = J(z)$ *and* $1 \in (\rho_1, \rho_2)$. *Then the sign of* $I_\rho(z)$ *doesn't change for* $\rho_1 < \rho < \rho_2$.

Proof. First $J(z) > 0$ implies that $\|\Delta z\| \neq 0$. Arguing by contradiction, if the sign of $I_\rho(z)$ changes on (ρ_1, ρ_2), from $\rho_1 < \rho_2$ are two roots of equation $d(\rho) = J(z)$ and Lemma 7 (iii), then we can choose $\bar{\rho} \in (\rho_1, \rho_2)$ and $I_{\bar{\rho}}(z) = 0$. Therefore, by the definition of $d(\rho)$ we can get $J(z) \ge d(\bar{\rho})$, whichcontradicts $J(z) < d(\bar{\rho})$.

2.2. Finite Time Blow Up

We first give an invariant set for the initial data leading to finite blow up without proving it as V_ρ shares the same boundary of W_ρ , hence its proof can be directly derived by the proof of Theorem 11.

Theorem 9 ***(Invariant set*** V_ρ ***when*** $J(z_0) < d$ ***).*** *Let* $z_0 \in H_0^2(\Omega)$, $0 < e < d$, (ρ_1, ρ_2) *be the maximal interval* $\rho = 1$ *such that* $d(\rho) > e$. *Then all weak solutions of problem (1) with* $J(z_0) = e$ *belong to* V_ρ *for* $\rho_1 < \rho < \rho_2$, $0 \le t < T$, *provided* $I(z_0) < 0$, *where* T *is the maximal existence time of* z.

Remark 10. *If in Theorem 16 the assumption* $J(z_0) = e$ *is replaced by* $0 < J(z_0) \leq e$, *then the conclusion of Theorem 9 also holds.*

Theorem 11 ***(Blow up for*** $J(z_0) < d$ ***).*** *Let* $z_0(x) \in H_0^2(\Omega)$. *Assume that* $J(z_0) < d$, $I(z_0) < 0$, *then the weak solution* $z(t)$ *of problem (1) blows up in finite time, i.e., there exists a* $T_* < 0$ *such that*

$$\lim_{t \to T_*^-} \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2 \right) d\tau = \infty.$$

Proof. We prove the maximal existence time T is finite, i.e., $T < \infty$. Arguing by contradiction, we suppose $T = \infty$.

We define

$$L(t) = \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2 \right) d\tau, \tag{19}$$

then

$$L'(t) = \int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2. \tag{20}$$

By Remark 2 and (20), we get

$$L'(t) \leq C \|\Delta z\|^2, \tag{21}$$

where $C > 1$. Further from (20) we also get

$$L''(t) = 2\int_\Omega \frac{z z_t}{|x|^s} dx + 2\int_\Omega \Delta z \Delta z_t dx. \tag{22}$$

Multiplying equation (1) by z and integrating over Ω give

$$\int_\Omega \frac{z z_t}{|x|^s} dx + \int_\Omega \Delta z \Delta z_t + \|\Delta z\|^2 = \|z\|_q^q, \tag{23}$$

which turns (22) to be

$$L''(t) = -2I(z). \tag{24}$$

By the fact

$$J(z) = \frac{q-2}{2q} \|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I(z), \tag{25}$$

(3), (21) and (24), we have

$$\begin{aligned} L''(t) &= (q-2) \|\Delta z\|^2 - 2qJ(z) \\ &= (q-2) \|\Delta z\|^2 - 2q \left(J(z_0) - \int_0^t \int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s} dx d\tau - \int_0^t \|\Delta z_\tau\|^2 d\tau \right) \\ &\geq 2q \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau + \frac{q-2}{C} L'(t) - 2qJ(z_0). \end{aligned} \tag{26}$$

where $C > 1$.

Next we prove the finite time blow up of the solution with the aid of a differential inequality as follows

$$\left(L^{-\alpha}(t)\right)'' = \frac{-\alpha}{L^{\alpha+2}(t)}\left(L''(t)\,L(t) - (\alpha+1)\left(L'(t)\right)^2\right) < 0, \tag{27}$$

where $\alpha > 0$. Hence prove this fact and determine α by considering two cases.

Case 1. $J(z_0) \le 0$.

Firstly, by (12), (25) and $J(z_0) \le 0$, we have

$$J(z) = \frac{q-2}{2q}\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q}I(z) < J(z_0) \le 0,$$

that is $I(z) < 0$ for $t \ge 0$. From (24), we obtain

$$L''(t) > 0, \quad t \ge 0. \tag{28}$$

Then $L'(t)$ is strictly increasing with $t \in [0,\infty)$. From

$$L'(0) = \int_\Omega \frac{z_0^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_0\|^2 \ge 0,$$

we get $L'(t) > L'(0) \ge 0$, which means

$$L'(t) > 0, \quad t \ge 0. \tag{29}$$

Similarly, we have

$$L(t) > 0, \quad t \ge 0. \tag{30}$$

Next we continue to estimate the term $\left(L'(t)\right)^2$ in (27). Firstly, we know

$$\begin{aligned}
&\left(\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right)d\tau\right)^2 \\
&= \left(\frac{1}{2}\int_0^t \frac{d}{d\tau}\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)d\tau\right)^2 \\
&= \frac{1}{4}\left(\begin{array}{l}\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)^2 + \left(\int_\Omega \frac{z_0^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_0\|^2\right)^2 \\ -2\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)\left(\int_\Omega \frac{z_0^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_0\|^2\right)\end{array}\right) \\
&= \frac{1}{4}\left(\left(L'(t)\right)^2 - 2L'(t)\,L'(0) + \left(L'(0)\right)^2\right),
\end{aligned}$$

which gives

$$\begin{aligned}&\left(L'(t)\right)^2\\&= 4\left(\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right)d\tau\right)^2 + 2L'(t)\,L'(0) - \left(L'(0)\right)^2\\&\le 4\left(\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right)d\tau\right)^2 + 2L'(t)\,L'(0).\end{aligned} \tag{31}$$

Hence, combining (19), (26), (28), (30) and (31), we obtain

$$\begin{aligned}&L''(t)\,L(t) - \frac{q}{2}\left(L'(t)\right)^2\\&\ge 2q\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)d\tau\\&\quad + \frac{q-2}{c}L'(t)\,L(t) - 2qJ(z_0)\,L(t)\\&\quad -2q\left(\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right)d\tau\right)^2 - qL'(t)\,L'(0)\\&\ge 2q\phi(t) + \frac{q-2}{c}L'(t)\,L(t) - 2qJ(z_0)\,L(t) - qL'(t)\,L'(0),\end{aligned} \tag{32}$$

where

$$\begin{aligned}\phi(t) = &\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)d\tau\\&-\left(\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right)d\tau\right)^2.\end{aligned} \tag{33}$$

Then by Cauchy inequality, we obtain

$$\begin{aligned}\phi(t) \ge &\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau\int_0^t\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)d\tau\\&-\left(\int_0^t\left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|\,\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\| + \|\Delta z_\tau\|\,\|\Delta z\|\right)d\tau\right)^2.\end{aligned} \tag{34}$$

According to inequality

$$\alpha\beta + \mu\eta \le (\alpha^2 + \mu^2)^{\frac{1}{2}}(\beta^2 + \eta^2)^{\frac{1}{2}},$$

by setting $\alpha = \left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|$, $\beta = \left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|$, $\mu = \|\Delta z_\tau\|$, $\eta = \|\Delta z\|$ in (34), we get

$$\begin{aligned}\phi(t) \geq & \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2\right) d\tau \\ & - \left(\int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right)^{\frac{1}{2}} \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right)^{\frac{1}{2}} d\tau\right)^2 \\ = & \int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau \int_0^t \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right) d\tau \\ & - \left(\int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right)^{\frac{1}{2}} \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right)^{\frac{1}{2}} d\tau\right)^2.\end{aligned} \tag{35}$$

By Cauchy inequality, we know

$$\begin{aligned}& \int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right)^{\frac{1}{2}} \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right)^{\frac{1}{2}} d\tau \\ \leq & \left\|\left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right)^{\frac{1}{2}}\right\|_{L^2(0,t)} \left\|\left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right)^{\frac{1}{2}}\right\|_{L^2(0,t)} \\ = & \left(\int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau\right)^{\frac{1}{2}} \left(\int_0^t \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right) d\tau\right)^{\frac{1}{2}}.\end{aligned} \tag{36}$$

Combining (35) and (36), we derive

$$\begin{aligned}\phi(t) \geq & \int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau \int_0^t \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right) d\tau \\ & - \int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau \int_0^t \left(\left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z\|^2\right) d\tau \\ = & 0.\end{aligned} \tag{37}$$

So from (32) and $J(z_0) \leq 0$, we get

$$\begin{aligned}& L''(t)\, L(t) - \frac{q}{2C}\left(L'(t)\right)^2 \\ \geq & \frac{q-2}{C} L'(t)\, L(t) - 2qJ(z_0)\, L(t) - qL'(t)\, L'(0) \\ \geq & L'(t)\left(\frac{q-2}{C} L(t) - qL'(0)\right).\end{aligned} \tag{38}$$

Next we determine the sign of $\frac{q-2}{C} L(t) - qL'(0)$ in (38). By (29), there exists a sufficiently large t_* such that $L'(t) > C > 0$ for $t > t_*$ and obtain

$$L(t) = \int_{t_*}^t L'(\tau)\, d\tau > \int_{t_*}^t C d\tau = C(t - t_*).$$

Therefore, for sufficiently large $t > t_*$, we can get

$$\frac{q-2}{C} L(t) > qL'(0). \tag{39}$$

Then from (29), (38) and (39), we obtain for sufficiently large $t > t_*$

$$L''(t)\, L(t) - \frac{q}{2}\left(L'(t)\right)^2 > 0.$$

Case 2. $0 < J(z_0) < d$.

If $0 < J(z_0) < d$, then by Theorem 9 we obtain $z(t) \in V_\rho$ for $1 < \rho < \rho_2$, $t \geq 0$ and $I_\rho(z) < 0$. Further, by Lemma 7 (ii), we know $\|\Delta z\| > r(\rho)$ for $1 < \rho < \rho_2$, $t \geq 0$, where ρ_2 is the larger root of equation $d(\rho) = r(\rho_2)$ for $t \geq 0$ from Lemma 7 (iii). Combining (24) with

$$I(z) = (1-\rho_2)\,\|\Delta z\|^2 + I_{\rho_2}(z) < 0.$$

We get

$$\begin{aligned} L''(t) &= -2I(z) = 2(\rho_2 - 1)\,\|\Delta z\|^2 - 2I_{\rho_2}(z) \\ &\geq 2(\rho_2 - 1)\,\|\Delta z\|^2 \geq 2(\rho_2 - 1)\, r^2(\rho_2) > 0, \quad t \geq 0. \end{aligned} \tag{40}$$

Due to $L'(0) \geq 0$, integrating (40) from 0 to t, we obtain

$$L'(t) \geq 2(\rho_2 - 1)\, r^2(\rho_2)\, t + L'(0) \geq 2(\rho_2 - 1)\, r^2(\rho_2)\, t, \quad t \geq 0.$$

Integrating once again, it turns to

$$L(t) \geq (\rho_2 - 1)\, r^2(\rho_2)\, t^2, \quad t \geq 0.$$

Therefore, for sufficiently large t, we get

$$\frac{q-2}{2C} L(t) > qL'(0) \tag{41}$$

and

$$\frac{q-2}{2C} L'(t) > 2qJ(z_0). \tag{42}$$

Then, from (38), (41) and (42), we obtain

$$\begin{aligned} & L''(t)\, L(t) - \tfrac{q}{2}\left(L'(t)\right)^2 \\ \geq & \left(\tfrac{q-2}{2C} L(t) - qL'(0)\right) L'(t) \\ & + \left(\tfrac{q-2}{2C} L'(t) - 2qJ(z_0)\right) L(t) \\ > & \, 0. \end{aligned} \tag{43}$$

From the two cases above we obtain

$$L''(t)\,L(t) - \frac{q}{2}\left(L'(t)\right)^2 > 0. \tag{44}$$

Combining (27), (44) and $2 < q < \frac{2N}{N-4}$, we arrive at

$$\left(L^{-\alpha}(t)\right)'' < 0, \quad \alpha = \frac{q}{2} - 1 > 0.$$

Therefore $L^{-\alpha}$ is concave for sufficiently large $t > t_*$. From this it follows that there exists a $0 < T_* < \infty$ such that

$$\lim_{t \to T_*^-} L^{-\alpha}(t) = 0,$$

$$\lim_{t \to T_*^-} L(t) = \infty,$$

which contradicts $T = \infty$.

3. REFERENCES

[1] Abdellaoui, B., Peral, I., & Primo, A. (2009). Influence of the Hardy potential in a semilinear heat equation.

[2] Badiale, M., & Tarantello, G. (2002). A Sobolev-Hardy Inequality with Applications to a Nonlinear Elliptic Equation arising in Astrophysics. Archive for rational mechanics and analysis, 163(4), 259-293.

[3] Balinsky, A. A., Evans, W. D., & Lewis, R. T. (2015). The analysis and geometry of Hardy's inequality (Vol. 1). Cham: Springer.

[4] Cortazar, C., Elgueta, M., & Rossi, J. D. (2007). The blow-up problem for a semilinear parabolic equation with a potential. Journal of mathematical analysis and applications, 335(1), 418-427.

[5] Fidan, A., & Pişkin, E. (2024). Decay of solutions for a singular parabolic m-biharmonic equation with logarithmic nonlinearity. Türkiye Mathematical Sciences, 1.

[6] Fidan, A., & Pişkin, E. (2025). Existence and blow up of solutions for a singular higher-order viscoelastic parabolic equation with logarithmic nonlinearity. Filomat, 39(26), 9191-9211.

[7] Han, Y. (2022). Blow-up phenomena for a reaction diffusion equation with special diffusion process. Applicable Analysis, 101(6), 1971-1983.

[8] Hao, A., & Zhou, J. (2017). A new blow-up condition for a parabolic equation with singular potential. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 449(1), 897-906.

[9] Lian W., Wang J. and Xu R. Z.(2020). Global existence and blow up of solutions for pseudo-parabolic equation with singular potential. Journal of Differential Equations, 269.

[10] Lindqvist, P. (2017). Notes on the p-Laplace equation (No. 161). University of Jyväskylä.

[11] Petrowsky, I. (1937). Uber das cauchysche problem fur systeme von partiellen differentialgleichungen. Mathematical Collection, 2(5), 815-870.

[12] Petrowsky, I. G. (1939). Sur l'analyticité des solutions des systèmes d'équations différentielles. Mathematical Collection, 5(1), 3-70.

[13] Pişkin, E., Fidan, A., Boulaaras, S., & Guefaifia, R. (2025). Existence, decay and blow up of solutions for a parabolic type equation with logarithmic nonlinearity and singular potential. Journal of Inequalities and Applications, 2025(1), 110.

[14] Pişkin, E., Fidan, A., Ferreira, J., & Shahrouzi, M. (2026). Blow-up and global existence of solutions for a higher-order reaction diffusion equation with singular potential. CUBO, A Mathematical Journal, 79-97.

[15] Xu, R., & Niu, Y. (2016). Global existence and finite time blow-up for a class of semilinear pseudo-parabolic equations. Journal of Functional Analysis, 270(10), 4039-4041.

[16] Yang, C., Pan, X., & Chen, Y. (2025). Global and Non-Global Solutions for Pseudo-Parabolic Equation with Singular Potential. Journal of Partial Differential Equations, 38(3), 324-334.

DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMA SÜRESİNİN ÜST SINIRI

Prof. Dr. Erhan PİŞKİN1/ Ayşe DEMİRHAN2

1Dicle Üniversitesi, Matematik Bölümü, episkin@dicle.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-6587-4479

2Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik, aysedemirhan5@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1669-664X

Özet

Bu çalışma, dördüncü mertebeden tekil potansiyelli bir kısmi diferansiyel denklem sistemi için başlangıç-sınır değer problemini ele almakta ve bu problemin çözümlerinin sonlu zamanda patlama (blow-up) süresinin üst sınırını analitik olarak tahmin etmeye odaklanmaktadır. Yüksek mertebeden parabolik denklemler; akustik, optik, jeofizik ve karmaşık difüzyon mekanizmaları gibi uygulama alanlarında sistemlerin kararlılık yapılarını açıklamak amacıyla yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bu tür modellerin matematiksel temelleri Petrovsky tarafından ortaya konulan kanonik yapıya dayanmaktadır. Çalışmanın teorik çerçevesinde, uygun Sobolev uzayları üzerinde zayıf çözüm kavramı tanımlanmış ve model denklemdeki tekil terimin üstesinden gelebilmek adına Sobolev-Hardy eşitsizliklerinden yararlanılmıştır. Nehari manifoldları ve potansiyel kuyusu teorisi entegre edilerek küresel çözümlerin yanı sıra patlama gösteren çözümlerin nitel özellikleri analiz edilmiştir. Araştırmanın temel ve özgün katkısı, çözümlerin patlama zamanı üst sınırının farklı başlangıç enerjisi seviyelerine göre açık bir şekilde hesaplanmasıdır. İlk olarak, negatif başlangıç enerjisine sahip çözümler için enerji fonksiyonelleri ve integral eşitsizlikleri türetilerek patlama süresi için analitik bir üst sınır elde edilmiştir. İkinci olarak, potansiyel kuyusu derinliğinden küçük pozitif başlangıç enerjisi durumunda, özel olarak kurgulanan yardımcı fonksiyonlar ve türev tahminleri yardımıyla çözümlerin kararsızlığı gösterilmiş ve patlama süresinin kesin üst sınırı başarıyla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tekil katsayılı kısmi diferansiyel denklemlerin nitel teorisindeki önemli bir eksikliği tamamlamakta ve fiziksel sistemlerde görülen patlama olaylarının zaman ölçeğini belirlemede güçlü bir matematiksel altyapı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Zamanda Patlama, Patlama Üst Sınırı, Tekil Parabolik Denklem

UPPER BOUND OF BLOW UP TIME OF SOLUTIONS FOR A FOURTH-ORDER SINGULAR PARABOLIC EQUATION

Prof. Dr. Erhan PİŞKİN1/ Ayşe DEMİRHAN2
1Dicle University, Department of Mathematics, episkin@dicle.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-6587-4479
2Dicle University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Mathematics, aysedemirhan5@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1669-664X

Abstract

This study addresses the initial-boundary value problem for a fourth-order partial differential equation system with a singular potential and focuses on analytically estimating the upper bound of the blow-up time for the solutions of this problem. Higher-order parabolic equations are widely employed in application areas such as acoustics, optics, geophysics, and complex diffusion mechanisms to explain the stability structures of systems. The mathematical foundations of such models rely on the canonical framework established by Petrovsky. Within the theoretical framework of the study, the concept of a weak solution was defined on appropriate Sobolev spaces, and Sobolev-Hardy inequalities were utilized to overcome the singular term in the model equation. By integrating Nehari manifolds and potential well theory, the qualitative properties of global solutions as well as blow-up solutions were analyzed. The primary and original contribution of the research is the explicit calculation of the upper bound of the blow-up time according to different initial energy levels. First, for solutions with negative initial energy, an analytical upper bound for the blow-up time was obtained by deriving energy functionals and integral inequalities. Second, in the case of positive initial energy smaller than the potential well depth, the instability of the solutions was demonstrated, and the precise upper bound of the blow-up time was successfully determined using specially constructed auxiliary functions and derivative estimates. The results obtained complete an important gap in the qualitative theory of partial differential equations with singular coefficients and provide a robust mathematical framework for determining the time scale of blow-up phenomena observed in physical systems.

Key Words: Blow-up Time, Upper Bound, Singular Parabolic Equation
Mathematics Subject Classification (2020): 35K25, 35K67, 35B44.

INRODUCTION

The present study focuses on the following initial-boundary value problem for a fourth-order equation with singular potential

$$\begin{cases} \frac{z_t}{|x|^s} + \Delta^2 z + \Delta^2 z_t = |z|^{q-2}z, & (x,t) \in \Omega \times (0,T), \\ z(x,0) = z_0(x), & x \in \Omega, \\ z(x,t) = \Delta z(x,t) = 0, & (x,t) \in \partial\Omega \times (0,T) \end{cases} \tag{1}$$

where $2 < q < \frac{2N}{N-4}, 0 \le s \le 2,$ Ω is a bounded domain of R^N $(N > 4)$ with a smooth boundary $\partial\Omega$.

Fourth-order parabolic equations are utilized as a fundamental tool in the fields of physics and applied mathematics to model stability struces and complex diffusion mechanisms of systems. This fourth-order mathematical model traces its roots back to the canonical framework established by Petrovsky. The equations of this nature frequently arise across various scientific disciplines, includinng geophysic, optics, acoustics andocean acoustics ([3, 10, 11, 12]). Extensive research has been conducted on the singular potential term, as documented in the references ([1], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14], [15], [16]).

1. PRELIMINARIES

This part introduces some definitions, lemmas and notations.

Denote by $\|.\|_q$ the norm of the Lebesgue space $L^q(\Omega)$ for $1 \le q \le +\infty$, that is

$$\|z\|_q = \left(\int_\Omega |z|^q dx\right)^{\frac{1}{q}}.$$

For simplicity, we write $\|.\|_q$ for $\|.\|_{L^q(\Omega)}$, in particular $\|.\| = \|.\|_{L^q(\Omega)}$.

Let us introduce some functionals:

First, multiplying equation (1) by z_t and integrating over $\Omega \times [0,t)$, we obtain

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s} dx d\tau + \int_0^t \int_\Omega \Delta z . \Delta z_t dx d\tau + \int_0^t \int_\Omega \Delta z_t^2 dx d\tau = \int_0^t \int_\Omega z^{q-1} z_t dx d\tau,$$

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s} dx d\tau + \int_0^t \|\Delta z_t\|^2 d\tau + \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{2}\|\Delta z_0\|^2 = \frac{1}{q}\|z\|_q^q - \frac{1}{q}\|z_0\|_q^q \tag{2}$$

$$J(z) = \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{q}\|z\|_q^q,$$

$$\int_0^t \left\| \frac{z_\tau}{x^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 d\tau + \int_0^t \|\Delta z_\tau\|^2 d\tau + J(z) = J(z_0). \tag{3}$$

And define Nehari functional to be

$$I(z) = \|\Delta z\|^2 - \|z\|_q^q. \tag{4}$$

It is clear that

$$J(z) = \frac{q-2}{2q}\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q}I(z).$$

The Nehari manifold associated with steady stade of problem (1) is

$$N = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) = 0\},$$

which separates the two unbounded sets

$$N_+ = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) > 0\}$$

and

$$N_- = \{z \in H_0^2(\Omega):\ I(z) < 0\}.$$

Then we can define the sets W, V as well as the definition d as follows

$$W = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d,\ I(z) > 0\} \cup \{0\},$$

$$V = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d,\ I(z) < 0\},$$

$$d = \inf_{z \in N} J(z).$$

Due to the singularity existing in the mode equation, we introduce the following $\rho_n(x)$ to deal with it

$$\rho_n(x) = \min\{|x|^{-s}, n\}, \quad (n \in Z^+). \tag{5}$$

Further we denote

$$\|z\|_{H_0^2}^2 \cong \|\Delta z\|^2,$$

$$\|z\|_*^2 \cong \|\Delta z\|^2 + \int_\Omega \rho_n z^2. \tag{6}$$

Lemma *1([2]).* *Let* $\mathrm{R}^N = \mathrm{R}^k \times \mathrm{R}^{N-k}$, $2 \le k \le N$ *and* $x = (y, z) \in \mathrm{R}^N = \mathrm{R}^k \times \mathrm{R}^{N-k}$. *For given* n, β *satisfying* $1 < n < N$, $0 \le \beta \le n$ *and* $\beta < k$, $m(\beta, N, n) = \frac{n(N-\beta)}{N-n}$, *there exist a positive constant* $H = H(\beta, N, n, k)$ *such that for any* $u \in W_0^{1,n}(\mathrm{R}^N)$,

$$\int_{\mathrm{R}^N} \frac{|u(x)|^m}{|y|^\beta} dx \le H\left(\int_{\mathrm{R}^N} |\nabla u|^n dx\right)^{\frac{N-\beta}{N-n}}. \tag{7}$$

Remark 2 ***([9]).*** *When* $m = n = \beta$, *this inequality is the classical Hardy inequality. With above inequlity we have* $\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s} dx \le H\|\nabla z\|^2 (H > 0)$ *for* $z \in H_0^1(\Omega)$. *In fact, let* $m = 2$, $\beta = s$ *in (30), by* $m(\beta, N, n) = \frac{n(N-\beta)}{N-n}$ *we have* $n = \frac{2N}{N-s+2}$, *then (5) becomes*

$$\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s} dx \le H\left(|\nabla z|^{\frac{2N}{N-s+2}} dx\right)^{\frac{N-s+2}{N}}. \tag{8}$$

Due to $0 \le s \le 2$, *then* $\frac{2N}{N+4} < \frac{2N}{N+2} < \frac{2N}{N-s+2}$ *and* $\frac{2N}{N+4} \le \gamma \le 2$. *We define* $\gamma = \frac{2N}{N-s+2}$, *then* $\frac{N-s+2}{N} = \frac{2}{\gamma}$. *By* $N > 4$, *we know* $\frac{2N}{N+4} > 1$, *then* $1 < \gamma \le 2$. *By (35) and* $H_0^1(\Omega) \longrightarrow L^2(\Omega) \longrightarrow L^\gamma(\Omega)$, *we get*

$$\begin{aligned}\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s} dx &\le H(|\nabla z|^\gamma dx)^{\frac{2}{\gamma}} \\ &= H\|\nabla z\|_\gamma^2 \\ &\le H\|\nabla z\|^2\end{aligned}$$

Moreover, from $H_0^2(\Omega) \longrightarrow H_0^1(\Omega)$ *we have* $\|\nabla z\| \le C_1\|\Delta z\|$. *Therefore, we get*

$$\int_\Omega \frac{|z|^2}{|x|^s} dx \le C_H\|\Delta z\|^2.$$

Lemma 3. *Let*

$$d = \inf_{z \in N} J(z),$$

then it can be computed to get that

$$d = \left(\frac{q-2}{2q}\right) C^{\frac{-2q}{q-2}}, \tag{9}$$

here, C *denotes the best embedding constant of* $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$ *since* $2 < q < \frac{2N}{N-4}$.

Proof. From the of $J(z)$, we have

$$\begin{aligned}J(\delta z) &= \frac{\delta^2}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{\delta^q}{q}\|z\|_q^q, \\ \frac{dJ(\delta z)}{d\delta} &= \delta\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-1}\|z\|_q^q.\end{aligned}$$

Let $\frac{dJ(\delta z)}{d\delta} = 0$, we have $\delta = \left(\frac{\|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}$. From $J(\delta z)$, we have

$$\sup_{\delta \ge 0} J(\delta z) = \frac{q-2}{2q}\left(\frac{\|\Delta z\|}{\|z\|_q}\right)^{\frac{2q}{q-2}},$$

here, C denotes the best embedding constant of $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$, that is

$$C = \sup_{z \in H_0^2(\Omega)} \frac{\|z\|_q}{\|\Delta z\|}. \tag{10}$$

Recalling the definition of depth of well potentiall d, we can complete the proof.

To formulate our arguments in a precise way, we first present three essential definitions. Furthermore, to address the singularity existing in the model equation, we introduce the following

Definition 4. *A function* $z = z(x,t)$ *is called a weak solution of problem (1) on* $\Omega \times [0,t)$, *if* $z \in L^{\infty}\left(0,T;\, H_0^2(\Omega)\right)$ *satisfying*

i) *for any* $\eta \in H_0^2(\Omega)$, $t \in (0,T)$, $\eta \in Z^{+}$,

$$(\rho_n z_t, \eta) + (\Delta z_t, \Delta\eta) + (\Delta z, \Delta\eta) = (|z|^{q-2}z, \eta); \qquad (11)$$

ii) $z(x,0) = z_0(x)$ *in* $H_0^2(\Omega)$,

iii) *for* $0 \le t \le T$,

$$\int_0^t \left\| \rho_n^{\frac{1}{2}} z_\tau \right\|^2 d\tau + \int_0^t \|\Delta z_\tau\|^2 d\tau + J(z) = J(z_0) \qquad (12)$$

and

$$\int_0^t \int_\Omega \frac{z_\tau}{|x|^s} dx d\tau < \infty.$$

Definition *5.* *Let* $z(t)$ *be a weak solution of problem (1). We call* $z(t)$ *as a blow up solution in finite time if the maximal existence time* T *is finite and*

$$\lim_{t \to T^-} \int_0^t \left(\left\| \frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau = \infty.$$

2. LOW INITIAL ENERGY $J(z_0) < d$

2.1. Preliminary Lemma and The Family of Potential Wells

In this subsection, we establish some properties of functionals $J(z)$ and $I(z)$ which are well defined as before. Then we give some definitions of some manifolds in order to introduce a family of potential wells W_ρ and its corresponding outer manifolds V_ρ. Finally, we show some properties of above manifolds and functions. These properties will be prove the global existence, finite time blow up and asymptotic behavior of solutions for problem (1).

Lemma 6. *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$ *and* $\|\Delta z\|^2 \neq 0$. *Then*

i) $\lim_{\delta \to 0} J(\delta z) = 0, \quad \lim_{\delta \to \infty} J(\delta z) = -\infty,$

ii) *On the interval* $0 < \delta < \infty$, *there exists a unique* $\delta^* = \delta^*(z)$, *such that*

$$\frac{d}{d\delta} J(\delta z) \Big|_{\delta = \delta^*} = 0.$$

iii) $J(\delta z)$ *is increasing on* $0 < \delta \le \delta^*$, *decreasing on* $\delta^* < \delta < \infty$ *and takes the maximum at* $\delta = \delta^*$

iv) $I(\delta z) > 0$ *for* $0 < \delta \le \delta^*$, $I(\delta z) < 0$ *for* $\delta^* < \delta < \infty$ *and* $I(\delta^* z) = 0$.

Proof. i) From the definition of $J(z)$, i.e.,

$$J(z) = \frac{1}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{1}{q}\|z\|_q^q,$$

we know

$$J(\delta z) = \frac{\delta^2}{2}\|\Delta z\|^2 - \frac{\delta^q}{q}\|z\|_q^q, \tag{13}$$

which gives $\lim_{\delta\to 0} J(\delta z) = 0$ and $\lim_{\delta\to\infty} J(\delta z) = -\infty$.

ii) By differentiating (13) in δ, we have

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) = \delta\left(\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-2}\|z\|_q^q\right). \tag{14}$$

Let $\frac{d}{d\delta}J(\delta z) = 0$, by $0 < \delta < \infty$ and easy calculations, we obtain

$$\delta = \delta^* = \left(\frac{\|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}.$$

iii) Equation (14) gives

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) > 0 \text{ for } 0 < \delta \leq \delta^*$$

and

$$\frac{d}{d\delta}J(\delta z) < 0 \text{ for } \delta^* < \delta < \infty,$$

which is the conclusion of (iii).

iv) Combining the definition of $I(z)$ and conclusion of (iii), the conclusion follows from

$$\begin{aligned} I(\delta z) &= \delta^2\|\Delta z\|^2 - \delta^q\|z\|_q^q \\ &= \delta\frac{d}{d\delta}J(\delta z). \end{aligned}$$

For $\delta > 0$, we define

$$I_\rho(z) = \rho\|\Delta z\|^2 - \|z\|_q^q,$$

$$d(\rho) = \inf_{z\in N_\rho} J(z).$$

$$N_\rho = \left\{z \in H_0^2(\Omega)\backslash\{0\} \ : \ I_\rho(z) = 0\right\},$$

and

$$r(\rho) = \left(\frac{\rho}{C^q}\right)^{\frac{1}{q-2}}. \tag{15}$$

where C is imbedding constant for $H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$.

For $0 < \rho < \frac{q}{2}$, we define

$$W_\rho = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d(\rho),\ I_\rho(z) > 0\} \cup \{0\},$$

$$V_\rho = \{z \in H_0^2(\Omega):\ J(z) < d(\rho),\ I_\rho(z) < 0\}.$$

Next we shall give several lemmas to reveal the properties of the functionals, norns and depth of potential wells, which are related to potential well and the family of potential wells for the proofs of the main conclusions.

Lemma *6.* *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$.

i) *If* $0 < \|\Delta z\| < r(\rho)$, *then* $I_\rho(z) > 0$. *In particular,* $0 < \|\Delta z\| < r(1)$, *then* $I(z) > 0$.

ii) *If* $I_\rho(z) < 0$, *then* $\|\Delta z\| > r(\rho)$. *In particular, if* $I(z) < 0$, *then* $\|\Delta z\| > r(1)$.

iii) *If* $I_\rho(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$ *or* $\|\Delta z\| = 0$. *In particular, if* $I(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\| \geq r(1)$ *or* $\|\Delta z\| = 0$.

iv) *If* $I_\rho(z) = 0$ *and* $\|\Delta z\| \neq 0$, *then* $J(z) > 0$ *for* $0 < \rho < \frac{q}{2}$, $J(z) = 0$ *for* $\rho = \frac{q}{2}$, $J(z) < 0$ *for* $\rho > \frac{q}{2}$.

Proof. i) Using the embedding

$H_0^2(\Omega) \longrightarrow L^q(\Omega)$ and $0 < \|\Delta z\| < r(\rho)$, we have

$$\|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2 < \rho \|\Delta z\|^2.$$

By the definition of $I_\rho(z)$, (i) is proved.

ii) It is easy to see $\|\Delta z\| \neq 0$ from $I_\rho(z) < 0$. Thus, from

$$\rho \|\Delta z\|^2 < \|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2$$

we have $\|\Delta z\| > r(\rho)$.

iii) On the one hand, if $\|\Delta z\| = 0$, then $I_\rho(z) = 0$. On the other hand, if $I_\rho(z) = 0$ and $\|\Delta z\| \neq 0$, then by

$$\rho \|\Delta z\|^2 = \|z\|_q^q \leq C^q \|\Delta z\|^q = C^q \|\Delta z\|^{q-2} \|\Delta z\|^2$$

we have $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$.

iv) The conclusion follows from Lemma 6 (iii) and

$$J(z) = \left(\frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}\right) \|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z).$$

Lemma 7. *The depth function* $d(\rho)$ *satisfies the following properties:*

i) $d(\rho) \geq a(\rho)\, r^2(\rho)$ *for* $a(\rho) = \frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}$, $0 < \rho < \frac{q}{2}$;

ii) $\lim_{\rho \to 0^+} d(\rho) = 0$, $d\left(\frac{q}{2}\right) = 0$ *and* $d(\rho) < 0$ *for* $\rho > \frac{q}{2}$;

iii) $d(\rho)$ *is increasing on* $0 < \rho \leq 1$, *decreasing on* $1 < \rho \leq \frac{q}{2}$ *and takes the maximum* $d = d(1)$ *at* $\rho = 1$.

Proof. i) If $z \in N_\rho$, then by Lemma 6 (iii) we have $\|\Delta z\| \geq r(\rho)$. Hence from

$$\begin{aligned} J(z) &= \left(\frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}\right) \|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) \\ &= a(\rho)\, \|\Delta z\|^2 \geq a(\rho)\, r^2(\rho) \end{aligned}$$

we get $d(\rho) \geq a(\rho)\, r^2(\rho)$.

ii) For any $z \in H_0^2(\Omega)$, $\|\Delta z\| \neq 0$ we define $\delta = \delta(\rho)$ by

$$\rho \|\delta \Delta z\|^2 = \|\delta z\|_q^q \tag{16}$$

i.e.,

$$\rho \|\Delta z\|^2 = \rho^{q-2} \|z\|_q^q.$$

Hence, for any $\rho > 0$, there exists a unique parameter

$$\delta(\rho) = \left(\frac{\rho \|\Delta z\|^2}{\|z\|_q^q}\right)^{\frac{1}{q-2}} \tag{17}$$

satisfying (16), which implies that $\delta z \in N_\rho$. From (17) we obtain

$$\lim_{\rho \to 0^+} \delta(\rho) = 0.$$

Then we have

$$\lim_{\rho \to 0^+} J(\delta z) = 0.$$

By the definition of $d(\delta)$, we have

$$\lim_{\rho \to 0^+} d(\rho) = 0.$$

From Lemma 6 (iv), (ii) can be derived.

iii) It is enough to prove that for any $0 < \rho' < \rho'' < 1$ or $1 < \rho'' < \rho' < \frac{q}{2}$ and for any $z \in N_{\rho''}$, there exist a $z \in N_{\rho'}$ and a constant $\varepsilon(\rho', \rho'')$ such that $J(z) < J(w) - \varepsilon(\rho', \rho'')$. In fact, for above w we also define $\delta(\rho)$

by (16) then $I_\rho(\delta(\rho)\, z) = 0$ and $\delta(\rho'') = 1$. Let $f(\delta) = J(\delta z)$, we obtain

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\delta} f(\delta) &= \delta\left(\|\Delta z\|^2 - \delta^{q-2}\|z\|_q^q\right)\\ &= \frac{1}{\delta}\left(\|\delta\Delta z\|^2 - \|\delta z\|_q^q\right)\\ &= \frac{1}{\delta}\left((1-\rho)\,\|\delta\Delta z\|^2 + I_\rho(\delta z)\right)\\ &= (1-\rho)\,\delta\|\Delta z\|^2.\end{aligned}$$

Take $z = \delta(\rho')\, z$, then $z \in N_{\rho'}$.

For $0 < \rho' < \rho'' < 1$, by mean value theorem and Lemma 6 (iii), we have

$$\begin{aligned}J(z) - J(w) &= f(1) - f\left(\delta(\rho')\right)\\ &= (1-\rho')\,\|\Delta z\|^2\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &\geq (1-\rho')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &> (1-\rho'')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right) \equiv \varepsilon(\rho', \rho'').\end{aligned}$$

For $1 < \rho'' < \rho' < \frac{q}{2}$, we have

$$\begin{aligned}J(z) - J(w) &= f(1) - f\left(\delta(\rho')\right)\\ &= (1-\rho')\,\|\Delta z\|^2\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &\geq (1-\rho')\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho')\left(1-\delta(\rho')\right)\\ &> (\rho''-1)\,r^2(\rho'')\,\delta(\rho'')\,(\delta(\rho')-1) \equiv \varepsilon(\rho', \rho'').\end{aligned}$$

Therefore, we get (iii).

Lemma 8. *Let* $z \in H_0^2(\Omega)$ *and* $0 < \rho < \frac{q}{2}$. *Assume that* $J(z) \leq d(\rho)$.

i) *If* $I_\rho(z) > 0$, *then* $\|\Delta z\|^2 < \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, *where* $a(\rho) = \frac{1}{2} - \frac{\rho}{q}$. *In particular, if* $J(z) \leq d$ *and* $I(z) > 0$, *then*

$$\|\Delta z\|^2 < \frac{2q}{q-2}\, d.$$

ii) *If* $\|\Delta z\|^2 > \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, *then* $I_\rho(z) < 0$. *In particular, if* $J(z) \leq d$ *and*

$$\|\Delta z\|^2 > \frac{2q}{q-2}\, d.$$

then $I(z) < 0$.

iii) *If* $I_\rho(z) = 0$, *then* $\|\Delta z\|^2 \leq \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$. *In particular, if* $J(z) \leq d$ *and* $I(z) = 0$, *then*

$$\|\Delta z\|^2 \leq \frac{2q}{q-2} d.$$

Proof. We only consider the cases for I_ρ since the cases for I can be easily obtained by setting $\rho = 1$.

i) For $0 < \rho < \frac{q}{2}$, we obtain

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) = J(z) \leq d(\rho). \tag{18}$$

Then $\|\Delta z\|^2 < \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$.

ii) From (18) and $\|\Delta z\|^2 > \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$, we know

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) > d(\rho) + \frac{1}{q} I_\rho(z).$$

Therefore, we obtain

$I_$ 0.

iii) From $0 < \rho < \frac{q}{2}$ and $I_\rho(z) = 0$, it follows that

$$a(\rho)\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q} I_\rho(z) = J(z) = a(\rho)\|\Delta z\|^2 \leq d(\rho).$$

Then $\|\Delta z\|^2 \leq \frac{d(\rho)}{a(\rho)}$.

Lemma 9. *Assume* $0 < J(z) < d$ *for* $z \in H_0^2(\Omega)$, $\rho_1 < \rho_2$ *are two roots of equation* $d(\rho) = J(z)$ *and* $1 \in (\rho_1, \rho_2)$. *Then the sign of* $I_\rho(z)$ *doesn't change for* $\rho_1 < \rho < \rho_2$.

Proof. First $J(z) > 0$ implies that $\|\Delta z\| \neq 0$. Arguing by contradiction, if the sign of $I_\rho(z)$ changes on (ρ_1, ρ_2), from $\rho_1 < \rho_2$ are two roots of equation $d(\rho) = J(z)$ and Lemma 7 (iii), then we can choose $\bar{\rho} \in (\rho_1, \rho_2)$ and $I_{\bar{\rho}}(z) = 0$. Therefore, by the definition of $d(\rho)$ we can get $J(z) \geq d(\bar{\rho})$, whichcontradicts $J(z) < d(\bar{\rho})$.

2.2. Upper Bound of Blow Up Time

In this subsection, we estimate the upper bound of blow up time for $J(z_0) < 0$ and $0 < J(z_0) < d$ respectively in Theorem 10 and Theorem 12 by different methods. Suppose that z is the weak solution to problem (1) with initial data $z_0(x) \in H_0^2(\Omega)$ and denote

$$M(t) = \frac{1}{2}\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2\right), \quad t \in [0, T). \tag{19}$$

Which is useful while establishing Theorem 10 and Theorem 12.

Theorem 10 ***(The upper bound of blow up time when*** $J(z_0) < 0$ ***).*** *Let* $z_0(x) \in H_0^2(\Omega)$. *Suppose that* $J(z_0) < 0$, *then the weak solution* $z(t)$ *of problem (1) blows up in finite time with*

$$0 < T \leq -\frac{2M(0)}{(q^2 - 2q)\,J(z_0)}.$$

Proof. The assumption of negative initial energy implies that $z_0(x) \in H_0^2(\Omega)\backslash\{0\}$, then $M(t) > 0$ for all $t \in [0, T)$. In view of (4) and $J(z) = \frac{q-2}{2q}\|\Delta z\|^2 + \frac{1}{q}I(z)$, it holds that

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}M(t) &= \int_\Omega \frac{zz_t}{|x|^s}dx + \int_\Omega \Delta z \Delta z_t \\ &= \|z\|_q^q - \|\Delta z\|^2 \\ &= -I(z) \\ &= \frac{q-2}{2}\|\Delta z\|^2 - qJ(z). \end{aligned} \tag{20}$$

From (3) and (20), it follows that

$$\frac{d}{dt}M(t) \geq -qJ(z) \geq -qJ(z_0) > 0. \tag{21}$$

By differentiating (3) in t, we obtain

$$\frac{d}{dt}J(z) = -\left(\int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_t\|^2\right). \tag{22}$$

Combining (19), (20), (21) and (22), we obtain

$$
\begin{aligned}
-M(t)\,\frac{d}{dt}J(z) &= \frac{1}{2}\left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right)\left(\int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_t\|^2\right)\\
&= \frac{1}{2}\left(\begin{array}{l}\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx\int_\Omega \frac{z_t^2}{|x|^s}dx + \left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2\|\Delta z_t\|^2\\ \quad + \left\|\frac{z_t}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2\|\Delta z\|^2 + \|\Delta z\|^2\|\Delta z_t\|^2\end{array}\right)\\
&\geq \frac{1}{2}\left(\left(\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}},\frac{z_t}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right)^2 + (\Delta z,\Delta z_t)^2\right)\\
&\quad + \left\|\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|\left\|\frac{z_t}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|\|\Delta z\|\,\|\Delta z_t\|\\
&\geq \frac{1}{2}\left(\left(\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}},\frac{z_t}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right)^2 + (\Delta z,\Delta z_t)^2\right)\\
&\quad + \left(\frac{z}{|x|^{\frac{s}{2}}},\frac{z_t}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right)(\Delta z,\Delta z_t)\\
&= \frac{1}{2}\left(\frac{d}{dt}M(t)\right)^2\\
&\geq -\frac{q}{2}J(z)\,\frac{d}{dt}M(t),
\end{aligned}
$$

which implies that

$$
\begin{aligned}
\frac{d}{dt}\left(J(z)\left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}}\right) &= \left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}}\frac{d}{dt}J(z) - \frac{q}{2}J(z)\left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}-1}\frac{d}{dt}M(t)\\
&= \left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}-1}\left(M(t)\,\frac{d}{dt}J(z) - \frac{q}{2}J(z)\,\frac{d}{dt}M(t)\right)\\
&\leq 0
\end{aligned}
\tag{23}
$$

for all $t \in [0,T)$. Due to (23), $J(z_0) < 0$ and $M(0) > 0$, then we obtain

$$
J(z)\left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}} \leq J(z_0)\left(M(0)\right)^{\frac{-q}{2}} = -F < 0. \tag{24}
$$

From (21) and (24), it follows that

$$
\begin{aligned}
\frac{d}{dt}\left(M(t)\right)^{1-\frac{q}{2}} &= \left(1-\frac{q}{2}\right)\left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}}\frac{d}{dt}M(t)\\
&\leq q\left(\frac{q}{2}-1\right)\left(M(t)\right)^{\frac{-q}{2}}J(z)\\
&\leq \left(q-\frac{q^2}{2}\right)F < 0.
\end{aligned}
$$

Which implies that

$$0 < \left(M(t)\right)^{1-\frac{q}{2}} \leq \left(M(0)\right)^{1-\frac{q}{2}} - \left(q - \frac{q^2}{2}\right) Ft, \quad t \in [0, T).$$

Therefore, we obtain

$$T \leq \frac{\left(M(0)\right)^{1-\frac{q}{2}}}{\left(q - \frac{q^2}{2}\right) F} = \frac{2M(0)}{(q^2 - q)\, J(z_0)} < \infty.$$

In order to get the upper bound of the blow up time when $0 < J(z_0) < d$, we first introduce the following lemma.

Lemma 11. *Assume that a positive, twice differentiable function* $\Phi(t)$ *satisfies the inequality*

$$\Phi''(t)\,\Phi(t) - (1+\beta)\left(\Phi'(t)\right)^2 \geq 0, \quad t \in [0, \infty),$$

where $\beta > 0$ *is some constant. If* $\Phi(0) > 0$ *and* $\Phi'(0) > 0$, *then there exists* $0 < t_1 \leq \frac{\Phi(0)}{\beta\Phi'(0)}$ *such that* $\Phi(t) \to \infty$ *as* $t \to t_1$.

Theorem 12 ***(The upper bound of the blow up time when*** $\mathbf{0 < J(z_0) < d}$**).** *Let* $z_0(x) \in H_0^2(\Omega)$. *Suppose that* $0 < J(z_0) < d$, $I(z_0) < 0$, *then the weak solution* $z(t)$ *of problem (1) blows up in finite time with*

$$0 < T \leq \frac{8M(0)}{(q-2)^2\theta}$$

where $\theta \in \left(0, \frac{q(d - J(z_0))}{q-1}\right]$.

Proof. Now we prove the maximal existence time T is finite, i.e., $T < \infty$. Arguing by contradiction, we suppose $T = \infty$.

We define

$$H(t) = \int_0^t M(\tau)\, d\tau + (T-t)\, M(0) + \frac{1}{2}\theta(t+\alpha)^2, \quad t \in [0, T), \tag{25}$$

where $\theta > 0$ and $\alpha > 0$ which will be determined later, $M(t)$ is well defined by (19). It is easy to verify that $H(t) > 0$ for any $t \in [0, T)$. By (20), we get for any $t \in [0, T)$ that

$$\begin{aligned} H'(t) &= M(t) - M(0) + \theta(t+\alpha) \\ &= \int_0^t \frac{d}{d\tau} M(\tau)\, d\tau + \theta(t+\alpha) \\ &= \int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z \right) + (\Delta z_\tau, \Delta z) \right) d\tau + \theta(t+\alpha). \end{aligned} \tag{26}$$

Further from (3), (20) and (26) we also obtain

$$\begin{aligned} H''(t) &= \frac{d}{dt}M(t) + \theta \\ &= \frac{q-2}{2}\|\Delta z\|^2 - qJ(z) + \theta \\ &= \frac{q-2}{2}\|\Delta z\|^2 - q\left(J(z_0) - \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau\right) + \theta. \end{aligned} \tag{27}$$

Thus, by (26), we get

$$\begin{aligned} &H''(t)\,H(t) - \frac{q}{2}\left(H'(t)\right)^2 \\ &= H''(t)\,H(t) - \frac{q}{2}\left(\int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z\right) + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right) d\tau + \theta(t+\alpha)\right)^2. \end{aligned} \tag{28}$$

Next in order to simplify the following estimates, we set

$$I_1 = \left(\int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z\right) + (\Delta z_\tau, \Delta z)\right) d\tau + \theta(t+\alpha)\right)^2,$$

$$I_2 = \int_0^t \left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2\right) d\tau + \theta$$

and

$$I_3 = L(t) + \theta(t+\alpha)^2,$$

where $L(t) = \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s}dx + \|\Delta z\|^2\right) d\tau$.

Then (28) becomes

$$\begin{aligned} &H''(t)\,H(t) - \frac{q}{2}\left(H'(t)\right)^2 \\ &= H''(t)\,H(t) - \frac{q}{2}I_1 + \frac{q}{2}I_2I_3 - \frac{q}{2}I_2I_3 \\ &= H''(t)\,H(t) + \frac{q}{2}I_4 - \frac{q}{2}I_2I_3, \end{aligned} \tag{29}$$

where

$$
\begin{aligned}
I_4 &= I_2 I_3 - I_1 \\
&= L(t)\int_0^t \left(\left\| \frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau \\
&\quad - \left(\int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z \right) + (\Delta z_\tau, \Delta z) \right) d\tau \right)^2 \\
&\quad + \theta L(t) + \theta(t+\alpha)^2 \int_0^t \left(\left\| \frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau \\
&\quad - 2\theta(t+\alpha)\int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z \right) + (\Delta z_\tau, \Delta z) \right) d\tau.
\end{aligned} \tag{30}
$$

Next in order to estimate I_4, we set

$$
I_5 = \int_0^t \left(\left\| \frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}} \right\|^2 + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau \tag{31}
$$

and

$$
I_6 = \left(\int_0^t \left(\left(\frac{z_\tau}{|x|^s}, z \right) + (\Delta z_\tau, \Delta z) \right) d\tau \right)^2. \tag{32}
$$

Then (30) becomes

$$
I_4 = L(t)\, I_5 - I_6 + \theta L(t) + \theta(t+\alpha)^2 I_5 - 2\theta(t+\alpha)\,(I_6)^{\frac{1}{2}}.
$$

The structure of the first two terms in I_4 is same with

$$
\begin{aligned}
\phi(t) &= \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z_\tau^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z_\tau\|^2 \right) d\tau \int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z^2}{|x|^s} dx + \|\Delta z\|^2 \right) d\tau \\
&\quad - \left(\int_0^t \left(\int_\Omega \frac{z z_t}{|x|^s} dx + (\Delta z_\tau, \Delta z) \right) d\tau \right)^2.
\end{aligned}
$$

Hence we obtain the same conclusion as $\phi(t) \geq 0$ for these two terms, i.e.,

$$
L(t)\, I_5 - I_6 \geq 0. \tag{33}
$$

As $L(t)$, I_5 and I_6 are all positive, then

$$
\big(L(t)\big)^{\frac{1}{2}} (I_5)^{\frac{1}{2}} \geq (I_6)^{\frac{1}{2}}, \tag{34}
$$

thus we arrive at

$$
I_4 \geq 2\theta(t+\alpha)\left(L(t)\right)^{\frac{1}{2}} (I_5)^{\frac{1}{2}} - 2\theta(t+\alpha)\,(I_6)^{\frac{1}{2}} \geq 0. \tag{35}
$$

So, by (25), (27), (29) and (35), it holds that for any $t \in [0, T)$

$$
\begin{aligned}
&H''(t)\,H(t)-\frac{q}{2}\left(H'(t)\right)^2\\
&\geq H''(t)\,H(t)-\frac{q}{2}I_2I_3\\
&=H''(t)\,H(t)-\frac{q}{2}I_2\left(2H(t)-2(T-t)\,M(0)\right)\\
&\geq H(t)\left(H''(t)-q\left(\int_0^t\left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2+\|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau+\theta\right)\right)\\
&=H(t)\begin{pmatrix}\frac{q-2}{2}\|\Delta z\|^2-q\left(J(z_0)-\int_0^t\left(\int_\Omega\frac{z_\tau^2}{|x|^s}dx+\|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau\right)+\theta\\ -q\left(\int_0^t\left(\left\|\frac{z_\tau}{|x|^{\frac{s}{2}}}\right\|^2+\|\Delta z_\tau\|^2\right)d\tau+\theta\right)\end{pmatrix}\\
&=H(t)\left(\tfrac{q-2}{2}\|\Delta z\|^2-qJ(z_0)-(q-1)\,\theta\right).
\end{aligned}
\tag{36}
$$

Due to $0<J(z_0)<d,\ I(z_0)<0,$ we know $I(z)<0.$ Further by Lemma 6 (ii), (9) and (15), we obtain

$$\|\Delta z\|^2>r^2(1)=C^{\frac{-2q}{q-2}}=\frac{2q}{q-2}d. \tag{37}$$

Then it follows from (36) and (37) that

$$H''(t)\,H(t)-\frac{q}{2}\left(H'(t)\right)^2\geq H(t)\,(qd-qJ(z_0)-(q-1)\,\theta)>0$$

by setting $\theta\in\left(0,\frac{q(d-J(z_0))}{q-1}\right].$

Hence, by Lemma 11, it follows that there exists a t_1 such that

$$\lim_{t\to t_1^-}H(t)=\infty$$

and

$$0<t_1\leq\frac{2H(0)}{(q-2)\,H'(0)}. \tag{38}$$

As t_1 is contained in $H(0),$ we need estimate (38) further. By (25) and (26), we obtain

$$
\begin{aligned}
\frac{2H(0)}{(q-2)\,H'(0)}&=\frac{2\left(t_1M(0)+\frac{1}{2}\theta\alpha^2\right)}{(q-2)\,\theta\alpha}\\
&=\frac{2M(0)}{(q-2)\,\theta\alpha}t_1+\frac{\alpha}{q-2}
\end{aligned}
\tag{39}
$$

for any $\alpha>0$ and $0<\theta\leq\frac{q(d-J(z_0))}{q-1}.$ Combining (38) with (39), we obtain

$$\left(1-\frac{2M(0)}{(q-2)\,\theta\alpha}\right)t_1\leq\frac{\alpha}{q-2}.$$

Hence we choose $\alpha \in \left(\frac{2M(0)}{(q-2)\,\theta}, \infty\right)$ such that $0 < \frac{2M(0)}{(q-2)\,\theta\alpha} < 1$, then

$$\begin{aligned} t_1 &\leq \frac{\alpha}{q-2}\left(1 - \frac{2M(0)}{(q-2)\,\theta\alpha}\right)^{-1} \\ &= \frac{\theta\alpha^2}{(q-2)\,\theta\alpha - 2M(0)} \\ &= t_\theta(\alpha) \end{aligned}$$

and $t_\theta(\alpha)$ takes its minimum at $\alpha = \frac{4M(0)}{(q-2)\,\theta}$.

Therefore,

$$0 < t_1 \leq \left(\frac{4M(0)}{(q-2)\,\theta}\right) = \frac{8M(0)}{(q-2)^2\theta},$$

where $\theta \in \left(0, \frac{q(d-J(z_0))}{q-1}\right]$.

3. REFERENCES

[1] Abdellaoui, B., Peral, I., & Primo, A. (2009). Influence of the Hardy potential in a semilinear heat equation.

[2] Badiale, M., & Tarantello, G. (2002). A Sobolev-Hardy Inequality with Applications to a Nonlinear Elliptic Equation arising in Astrophysics. Archive for rational mechanics and analysis, 163(4), 259-293.

[3] Balinsky, A. A., Evans, W. D., & Lewis, R. T. (2015). The analysis and geometry of Hardy's inequality (Vol. 1). Cham: Springer.

[4] Cortazar, C., Elgueta, M., & Rossi, J. D. (2007). The blow-up problem for a semilinear parabolic equation with a potential. Journal of mathematical analysis and applications, 335(1), 418-427.

[5] Fidan, A., & Pişkin, E. (2024). Decay of solutions for a singular parabolic m-biharmonic equation with logarithmic nonlinearity. Türkiye Mathematical Sciences, 1.

[6] Fidan, A., & Pişkin, E. (2025). Existence and blow up of solutions for a singular higher-order viscoelastic parabolic equation with logarithmic nonlinearity. Filomat, 39(26), 9191-9211.

[7] Han, Y. (2022). Blow-up phenomena for a reaction diffusion equation with special diffusion process. Applicable Analysis, 101(6), 1971-1983.

[8] Hao, A., & Zhou, J. (2017). A new blow-up condition for a parabolic equation with singular potential. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 449(1), 897-906.

[9] Lian W., Wang J. and Xu R. Z.(2020). Global existence and blow up of solutions for pseudo-parabolic equation with singular potential. Journal of Differential Equations, 269.

[10] Lindqvist, P. (2017). Notes on the p-Laplace equation (No. 161). University of Jyväskylä.

[11] Petrowsky, I. (1937). Uber das cauchysche problem fur systeme von partiellen differentialgleichungen. Mathematical Collection, 2(5), 815-870.

[12] Petrowsky, I. G. (1939). Sur l'analyticité des solutions des systèmes d'équations différentielles. Mathematical Collection, 5(1), 3-70.

[13] Pişkin, E., Fidan, A., Boulaaras, S., & Guefaifia, R. (2025). Existence, decay and blow up of solutions for a parabolic type equation with logarithmic nonlinearity and singular potential. Journal of Inequalities and Applications, 2025(1), 110.

[14] Pişkin, E., Fidan, A., Ferreira, J., & Shahrouzi, M. (2026). Blow-up and global existence of solutions for a higher-order reaction diffusion equation with singular potential. CUBO, A Mathematical Journal, 79-97.

[15] Xu, R., & Niu, Y. (2016). Global existence and finite time blow-up for a class of semilinear pseudo-parabolic equations. Journal of Functional Analysis, 270(10), 4039-4041.

[16] Yang, C., Pan, X., & Chen, Y. (2025). Global and Non-Global Solutions for Pseudo-Parabolic Equation with Singular Potential. Journal of Partial Differential Equations, 38(3), 324-334.

CNC KESME-ÜFLEME SİSTEMLERİNDE TİTREŞİM TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMASI İLE ARIZA TESPİTİ

Seviye AYHAN[1] / Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL[2] / Doç. Dr. Yasemin ÖNAL[3]

[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği, E-posta: seviye_b@hotmail.com

ORCID: 0009-0005-7629-6113

[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Devreler ve Sistemler, E-posta: ucigdem.turhal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2387-1637

[3]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği, E-posta: yasemin.onal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-0173-0948

Özet

CNC kesme makinelerinde kullanılan üfleme sistemlerinin mekanik durumunun izlenmesi, bakım kararlarının desteklenmesi açısından önemlidir. Bu çalışmada, endüstriyel bir üfleme sisteminden elde edilen titreşim verileriyle makine öğrenmesi tabanlı arıza tespiti değerlendirilmiştir. Veri kümesi, 20, 30, 40 ve 50 Hz motor frekanslarında kaydedilmiş 25 ölçüm dosyasından türetilen 10,661 örnekten oluşmaktadır. Örneklerin 5.488'i arızalı, 5,173'ü sağlıklı çalışma durumuna karşılık gelmektedir. Başlangıçta doğrudan arıza etiketi bulunmayan veriler, kontrollü mekanik konfigürasyonlara göre kural tabanlı olarak etiketlenmiştir. Motor frekansına bağlı olarak yapılan normalizasyon sonrasında üç eksen ve bileşke titreşim hızından RMS ve tepe faktörü tabanlı sekiz özellik çıkarılmıştır. Temel bileşenler analizi destekleyici olarak kullanılmıştır. Veri dosyaları eğitim ve test seti olarak ayrılmıştır. Grup karıştırma bölünmesi yaklaşımıyla Lojistik Regresyon, Rastgele Orman Regresyon (RFR), Ekstra Ağaç Regresyon, Histogram Gradyan Artırma, Aşırı Gradyan Artırma ve Hafif Gradyan Artırma modelleri karşılaştırılmıştır. RFR kontrollü test kümesinde 0.869 ROC-AUC ve 0.585 PR-AUC ile en yüksek sonuçları vermiştir. Bununla birlikte, beş katlı grup bazlı doğrulama değerlendirmesinde ROC-AUC'nin 0.575 ± 0.092'ye düşmesi, farklı ölçüm gruplarına aktarılabilirliğin sınırlı olduğunu göstermektedir. Model çıktıları maliyet ağırlıklı alarm eşikleri, sağlık indeksi ve ölçüm bazlı risk sıralamasıyla değerlendirilmiştir. Bulgular, mevcut deneysel koşullarda durum izleme için bir ön değerlendirme sunmaktadır. Operasyonel kullanımdan önce gerçek bakım kayıtları ve daha çeşitli çalışma koşullarıyla doğrulama gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: CNC kesme-üfleme sistemi, titreşim analizi, arıza tespiti, makine öğrenmesi algoritması, grup bazlı doğrulama.

VIBRATION BASED FAULT DETECTION IN CNC CUTTER BLOWER SYSTEMS USING MACHINE LEARNING ALGORITHM

Seviye AYHAN[1] / Assoc. Prof. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL[2] / Assoc. Prof. Dr. Yasemin ÖNAL[3]

[1]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Electrical and Electronics Engineering, E-mail: seviye_b@hotmail.com; ORCID: 0009-0005-7629-6113

[2]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Circuits and Systems, E-mail: ucigdem.turhal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2387-1637

[3]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Electrical Machines and Power Electronics, E-mail: yasemin.onal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-0173-0948

Abstract

Monitoring the mechanical condition of blower systems used in CNC cutter machines supports maintenance decisions. This study evaluates vibration based machine learning for fault detection in an industrial blower system. The dataset comprises 10,661 observations derived from 25 measurement files recorded at motor frequencies of 20, 30, 40 and 50 Hz, including 5,488 observations assigned to faulty scenarios and 5,173 assigned to healthy scenarios. Initially unlabelled records were assigned rule based labels according to controlled mechanical configurations. After frequency-related normalization, eight root mean square and crest factor features were extracted from the three vibration velocity axes and their resultant magnitude. Principal component analysis supported interpretation of the feature space. Logistic Regression, Random Forest (RF), Extra Trees, Histogram Gradient Boosting, Extreme Gradient Boosting and Light Gradient Boosting were compared using a Group Shuffle Split partition that separated measurement files between training and testing. RF achieved the highest controlled test scores, with ROC-AUC 0.869 and PR-AUC 0.585. However, its ROC-AUC decreased to 0.575 ± 0.092 under five-fold K Fold validation, indicating limited transferability across measurement groups. Model outputs were also interpreted through cost-weighted alarm thresholds, a health index and measurement-level risk ranking. The findings provide a preliminary basis for condition monitoring under the studied configurations. Validation against actual maintenance records and a wider range of operating conditions remains necessary before operational deployment.

Keywords: CNC cutter blower systems, vibration analysis, fault detection, machine learning algorithm, group based validation.

1. INTRODUCTION

Blower systems used in CNC cutting operations remove particles from the machining area by creating suction. In these systems, the mechanical condition of the motor, propeller, and support structure is crucial for the continuity of the production process. In condition-based maintenance, measurements of the equipment's current condition are examined, and an approach is presented that correlates them with maintenance decisions. In this respect, fault detection and classification serve different purposes. While fault detection focuses on determining the presence and nature of an abnormal condition, classification aims to predict the future development of that condition (Jardine et al., 2006). Therefore, the success of a classifier that distinguishes between healthy and abnormal operating scenarios created under controlled conditions cannot be interpreted solely as a useful life estimation capability.

Vibration measurements are a widely used source of information in monitoring the condition of rotating machinery. Changes in the dynamic behavior of the system can affect the vibration level, the components with impact characteristics, and the distribution of these components across measurement directions. However, the measured vibration response reflects the combined effect of excitation sources, structural transmission characteristics, and operating conditions. Therefore, a signal pattern that distinguishes classes from each other cannot be considered a definitive indicator of a specific physical failure mechanism on its own. Randall and Antoni (2011) highlight the importance of masking signals and appropriate signal processing methods in diagnosing bearing failures. Envelope analysis methods used in bearing diagnosis provide a theoretical background for this study. However, it is not a component of the classification process based on the applied vibration velocity characteristics.

Effective diagnostics require an integrated approach to data collection, feature extraction, model evaluation, and decision support stages. Studies on monitoring machine health emphasize that instead of evaluating classifier selection in isolation, the informational content of features and the representational power of the data should be examined together (Lei et al., 2018). In this respect, root mean square (RMS) features summarize the overall magnitude of vibration, and the peak factor expresses the ratio of the peak amplitude to the RMS value. Although these features offer a low-dimensional and interpretable representation, they are not only affected by failure conditions. Factors such as operating speed, assembly conditions, and mechanical loading also cause changes in these features. Machine learning algorithms allow for the simultaneous evaluation of multiple features without the need to define independent threshold values for each sensor channel. The Random Forest (RF) algorithm combines the predictions of decision trees containing randomness (Breiman, 2001). The Extra Trees (ET) algorithm applies additional randomization in determining splitting points (Geurts et al., 2006). The gradient boosting algorithm, on the other hand, generates estimators sequentially in a way that reduces errors in previous stages (Friedman, 2001). These approaches offer different modeling possibilities. Studies in the field of predictive maintenance show that data preparation processes, implementation methods, and evaluation protocols play a decisive role in interpreting model performance (Carvalho et al., 2019).

One of the fundamental problems in such applications is that data derived from the same measurement file share common operating conditions and data collection history. Randomly distributing this data into training and test sets can lead the model to learn record-specific patterns instead of transferable state information across different measurements. Therefore, it is necessary to preserve the relationship between data file identities and derived observations and to interpret the evaluation results in terms of the group separation used. The success achieved in a specific grouped training-test separation should be distinguished from the transferability observed between different groups. In addition, the repeated use of the same evaluation data for model or hyperparameter selection can lead to optimistic bias in performance predictions (Cawley & Talbot, 2010). Group-based data separation addresses the problem associated with dependency between observations. Furthermore, using independent data for model selection aims to limit bias arising from the selection process.

This study performs scenario-based failure classification in the blower system of an industrial CNC cutting machine under 20, 30, 40, and 50 Hz motor frequency settings. Using eight features consisting of RMS and peak factor, the performance of Logistic Regression (LR, RF, ET), Histogram Gradient Boosting (HGB), Extreme Gradient Boosting (XGBoost), and Light GB (LightGB) methods is compared. Principal Component Analysis (PCA) is used for exploratory examination of the feature space. Group-based test separation and five-fold grouped cross-validation are applied to evaluate the success of the models in distinguishing classes and their intergroup transferability. Cost-weighted decision thresholds, a health index derived from classifier scores, and file-level risk ranking are used to interpret the model outputs within the scope of decision support. The main contribution of the study is to address classification performance and decision support outputs within a common evaluation framework. The results are not presented as validation that failure onset is predicted, the actual probability of physical failure is calculated, or production downtime is reduced. The analytical workflow is summarized in Fig. 1.

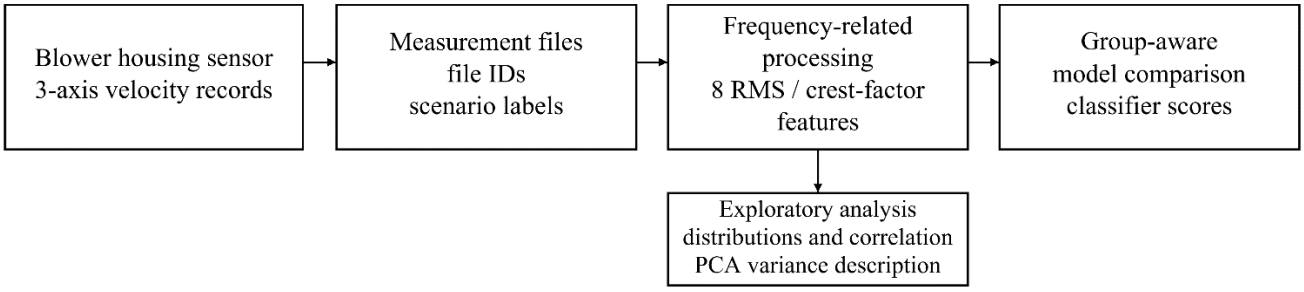


Figure 1. Analytical workflow for vibration-based blower condition classification

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Measurement system and dataset

A vibration sensor mounted on the blower housing provided the measurement records. The system was operated under normal and controlled abnormal mechanical configurations, including imbalance and loosening, at motor-frequency settings of 20, 30, 40 and 50 Hz. These values denote the recorded operating settings; they are not assumed to equal measured shaft rotational frequency. The dataset contains 25 measurement files and 10,661 observations derived from measurement windows: 5,488 observations were assigned to faulty scenarios and 5,173 to healthy scenarios. The file, rather than an individual derived observation, is the grouping unit.

The initial records did not contain independently confirmed fault labels. Labels were assigned using rules based on the controlled mechanical configuration and operating-frequency information. They consequently represent experimental scenarios, not maintenance-confirmed failures or measured degradation stages. Missing or invalid records were excluded during preprocessing. An observation inherits the identifier of its originating measurement file, and window construction must not combine samples from different files. Independent maintenance-linked labels remain necessary before interpreting classifier outputs as actual industrial failure outcomes.

For each measurement window w, let $v_x[n]$, $v_y[n]$ and $v_z[n]$ denote the three vibration-velocity components at sample n, and let N_w denote its sample count. The resultant magnitude $v_r[n]$ is defined by Eq. (1). It provides a direction-combined descriptor, while the three individual axes retain information about directional response. This notation does not establish a sampling rate or window duration; those acquisition and segmentation settings must be documented for reproducible replication.

$$v_r[n] = \sqrt{v_x[n]^2 + v_y[n]^2 + v_z[n]^2} \quad (1)$$

2.2. Feature extraction and exploratory analysis

For a velocity sequence $u[n]$ within window w, RMS is defined by Eq. (2), and crest factor by Eq.(3). RMS has the same physical unit as velocity and summarizes the sustained magnitude of the measured response. Crest factor is dimensionless and expresses how large the peak amplitude is relative to RMS. The ratio is defined for nonzero RMS; handling of zero-energy or otherwise invalid windows belongs to the preprocessing specification. Using both descriptors preserves information that a single amplitude statistic would discard.

$$RMS(u; w) = \frac{1}{N_w}\sum_{n=1}^{N_w} u[n]^2 \quad (2)$$

$$CF(u; w) = \frac{max_{1 \le N_w \le |u[n]|}}{RMS(u;w)}, \quad RMS(u; w) > 0 \quad (3)$$

The descriptor vector contains RMS and crest-factor values for the x, y and z axes and the resultant magnitude. Eq. (4) gives a convenient descriptor ordering, with $\varphi(w)$ denoting the unnormalized vector and N_f denoting the frequency-related normalization map at operating setting f. This symbolic map specifies the role of normalization without imposing an unreported inverse-frequency law, reference frequency or fitted scaling function. Uniform amplitude scaling alone leaves a crest-factor ratio unchanged, so the treatment of RMS and crest-factor components should be described separately when reporting the normalization procedure.

$$\varphi(w) = \left[R_x, R_y, R_z, R_r, C_x, C_y, C_z, C_r\right]^T$$

$$x_w = N_f(\varphi(w)), \qquad R_a = RMSN(v_a; w), \qquad C_a = CF(v_a; w) \quad (4)$$

Distributional comparisons and Spearman correlations describe variation among operating-frequency groups and relationships among velocity components. PCA additionally identifies orthogonal directions of feature variance. For a centred feature matrix Z with M observations, Eq. (5) defines its covariance matrix C and eigenpairs; Eq. (6) defines component scores and explained-variance ratios. Feature scaling matters when descriptors have different units or ranges (Jolliffe & Cadima, 2016). In this study PCA is an exploratory branch, not an established classifier-input transformation or evidence that PCA improves fault-classification accuracy.

$$C = \frac{1}{M-1} Z^T Z, \quad Cq_j = \lambda_j q_j \quad (5)$$

$$T_k = ZQ_k, \quad EVR_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{l=1}^{8} \lambda_l} \tag{6}$$

Any transformation estimated from observations, including centring, scaling or feature selection when used for prediction, must be learned within the relevant training groups and then applied to held-out groups. Exploratory plots of the complete dataset can support description, but cannot substitute for this separation in a predictive pipeline. Model selection and performance estimation must likewise be kept distinct to avoid selection bias (Cawley & Talbot, 2010). Complete replication requires the window definition, normalization map and transformation-fitting scope to be specified alongside the feature names.

2.3. Classifiers and validation

Logistic Regression provides a linear decision baseline. For an eight-dimensional input x, its score follows Eq. (7), where β_0 is the intercept and β is the coefficient vector. A limited result for this baseline can indicate that the evaluated feature-class relationship is poorly represented by a single linear boundary; it does not imply that the descriptors lack information for nonlinear learners. The classification threshold and score quality must be interpreted separately.

$$p_{LR}(x) = \frac{1}{1+exp[-(\beta_0+\beta^T x)]} \tag{7}$$

Random Forest combines trees trained with randomized sampling and feature selection. A standard forest score is the average of individual tree scores, as shown in Eq. (8), where B is the number of trees and $s_b(x)$ is the score of tree b. Randomization reduces dependence among tree predictors, while tree depth and leaf size regulate the detail of fitted partitions (Breiman, 2001; Biau & Scornet, 2016). The RFR configuration in this study used 500 trees, maximum depth 15, at least five observations per leaf and balanced class weights.

$$p_{RF}(x) = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} s_b(x), \quad B = 500 \tag{8}$$

ETR uses randomized candidate cut points in addition to randomized attribute choices, providing a different bias-variance trade-off from Random Forest (Geurts et al., 2006). Histogram Gradient Boosting, XGBoost and LightGBM instead update an additive predictor through successive trees. Eq. (9) summarizes an additive boosting score and a regularized objective; the displayed leaf-count and leaf-weight penalty is a standard XGBoost formulation (Chen & Guestrin, 2016). Here η is the learning rate, $\mathcal{L}$ the number of leaves, w_j a leaf weight, and γ and λ regularization parameters. Histogram-based split search supports efficient training, and LightGBM incorporates further efficiency-oriented methods (Ke et al., 2017). The general formulation does not prescribe the fitted models' learning rates or regularization values; full reproducibility requires those settings and software versions to accompany the experiment.

$$F_T(x) = F_0(x) + \sum_{t=1}^{T} \eta f_t(x)$$

$$\mathcal{L} = \sum_i l\,(y_i, F_T(x_i)) + \sum_{t=1}^{T} \Omega(f_t) \quad , \qquad \Omega(f) = \gamma\mathcal{L} + \frac{\lambda}{2}\sum_{j=1}^{L} w_j^2 \tag{9}$$

GroupShuffleSplit separates measurement file groups between training and testing. In Eq. (10), G_{train} and G_{test} are sets of originating file identifiers. Their intersection must be empty, and the analogous condition holds between training and validation groups in every GroupKFold. This is the defining grouping constraint, rather than a condition on arbitrary individual observations. All six classifiers were evaluated on the same controlled grouped test partition. Five-fold GroupKFold separately assessed RF performance on excluded measurement groups, it is not an additional independent machine field experiment.

$$G_{train} \cap G_{test} = \emptyset, \qquad G_{train}^{(j)} \cap G_{val}^{(j)} = \emptyset \tag{10}$$

Fig. 2 provides the group-based evaluation framework. Source file identifiers were retained for all observations derived from the 25 measurement files to preserve file-level grouping. Six classifiers were compared using a single group-separated holdout partition generated with GroupShuffleSplit, with performance assessed using ROC-AUC and PR-AUC. Random Forest was additionally evaluated through five-fold GroupKFold cross-validation, reporting the mean ROC-AUC and between-fold variability. In each training–evaluation pair, observations originating from the same measurement file were assigned exclusively to one subset.

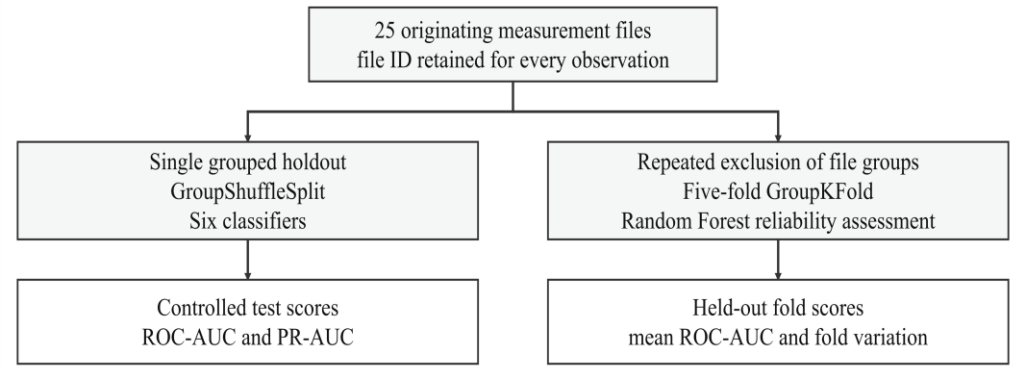


Figure 2. Group based model evaluation framework.

The two evaluations answer different questions. A controlled grouped split evaluates the selected mixture of training and test configurations, whereas grouped cross-validation examines sensitivity across several excluded group combinations. Groups can differ in class proportions and operating conditions, so agreement between their rankings is not guaranteed. Learned preprocessing, hyperparameter selection and any threshold search should be confined to training and model-selection groups; the grouping constraint alone does not prove that every other source of leakage or selection bias has been removed (Fawcett, 2006).

The abnormal-scenario class is treated as positive. TP, TN, FP and FN denote true positives, true negatives, false positives and false negatives, respectively. Eq. (11) defines true-positive rate, false-positive rate and precision. ROC curves summarize the relationship between the first two quantities across thresholds, while precision-recall curves expose how positive predictions and missed abnormal cases trade off (Saito & Rehmsmeier, 2015). $ROC-AUC$ is a discrimination summary, not a classification-accuracy percentage. $PR-AUC$ is interpreted against the positive-class prevalence of the particular evaluation partition; a nearly balanced complete dataset does not require every held-out partition to be balanced.

$$TPR=\frac{TP}{TP+FN}, \quad FPR=\frac{FP}{FP+TN}, \quad Precision=\frac{TP}{TP+FP} \tag{11}$$

For $K=5$ folds, let A_j be the held-out $ROC-AUC$ in fold j. Eq. (12) defines the mean fold score. Variation among the fold values indicates sensitivity to the selected groups, but is not automatically a confidence interval for generalization to all machines or future operating conditions. $PR-AUC$ summaries should also document whether they use numerical integration of the precision-recall curve or average precision, since these are different summaries. The reported test and cross-validation results are interpreted without substituting one metric for another.

$$\bar{A}=\frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K}A_j, \quad \mathrm{K}=5 \tag{12}$$

2.4. Decision support indicators

RF outputs are further interpreted as scores for inspection prioritization. The three examined cost scenarios are equal costs, a fivefold penalty on false negatives, and a fivefold penalty on false positives $(\mathcal{C}FN,\mathcal{C}FP)$=*(1,1), (5,1)* and *(1,5)*. These choices encode decision preferences, not empirically estimated financial losses. Cost-sensitive decisions depend on the consequences of different errors and cannot be reduced to maximizing recall alone (Elkan, 2001). Increasing the false-negative penalty prioritizes detecting abnormal scenarios, whereas increasing the false-positive penalty prioritizes avoiding unnecessary alarms. A defensible operating threshold must be selected using suitable model-selection data and checked on untouched evaluation groups. The optimal-cost threshold formula for a calibrated posterior probability is not assumed to hold for an uncalibrated classifier score. The distinction matters because good discrimination does not, by itself, establish accurate probabilities (Niculescu-Mizil & Caruana, 2005). The analysis concerns cost scenarios; it does not establish a calibrated posterior or a validated field operating threshold.

Eq. (13) defines the score-based health index HI_i and the mean score for measurement file g. A larger health index corresponds to a smaller model-assigned abnormal-scenario score. Mean file scores support ranking within the evaluated measurement collection. Neither transformation measures mechanical damage directly, establishes imminent failure, or estimates remaining useful life. An apparent healthy-to-faulty ranking therefore requires validation against actual maintenance events before it can become a physical reliability indicator. Fig. 3 separates the three decision-support outputs from their common score input.

$$HI_i = 100(1 - p_i), \quad \overline{p_g} = \frac{1}{n_g}\sum_{i:g(i)=g} p_i \tag{13}$$

Cost-weighted thresholds reflect the relative penalties assigned to false positives and false negatives, while a health index, calculated as $100(1 - p_i)$ provides an inverse representation of the abnormal-scenario score. Mean scores within each measurement file support file-level risk ranking. Together, these outputs inform inspection prioritization without constituting calibrated estimates of physical failure probability or remaining useful life.

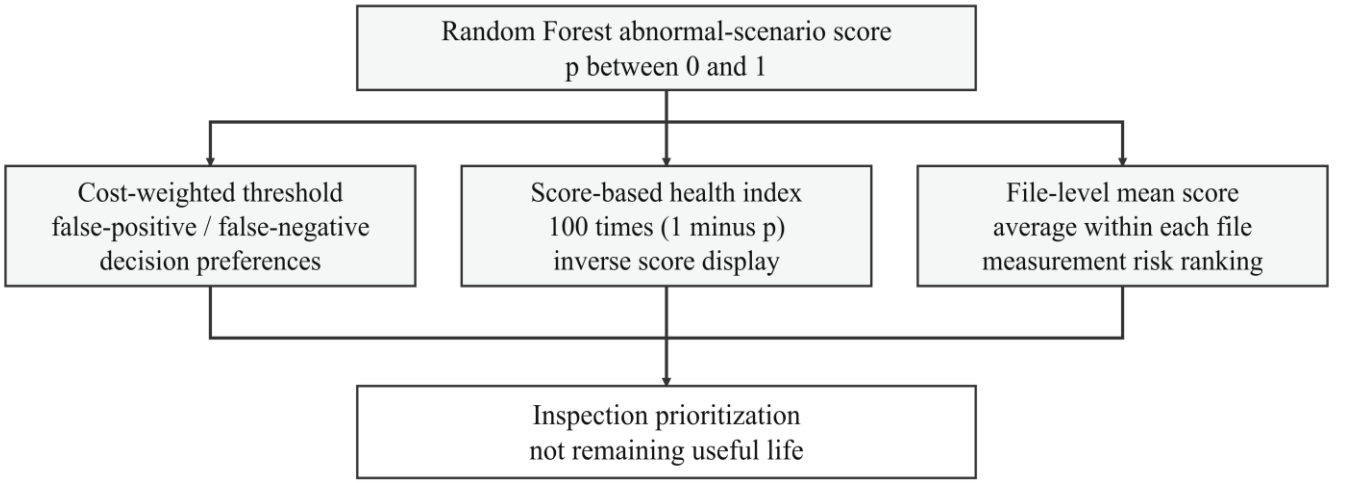


Figure 3. RF score-based framework for inspection prioritization.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Vibration characteristics and PCA

The results vibration velocity exhibited a right-skewed, multimodal distribution, reflecting heterogeneous responses across the investigated conditions. Higher motor-frequency groups showed broader distributions, emphasizing the need to consider operating conditions when interpreting vibration amplitudes. However, these patterns alone do not identify specific fault mechanisms or distinguish frequency effects from scenario-related differences. Spearman correlations between the resultant magnitude and individual axes ranged approximately from 0.86 to 0.94. These strong associations partly reflect the construction of the resultant from directional measurements, although axis-specific features may retain complementary information. Temperature showed less apparent separation than vibration descriptors within the evaluated dataset. PCA showed that the first component explained approximately 60% of feature variance, while the first four components accounted for approximately 90%. RMS features dominated the first component, whereas crest factor features contributed complementary variation. These findings describe the observed feature structure; they do not independently establish class separability or transferability to other machines and configurations.

3.2. Controlled test performance

Table 1 summarizes the performance of the six classifiers on the controlled test partition, in which measurement groups were separated between the training and test subsets. Random Forest achieved the highest $ROC-AUC$ and $PR-AUC$ values, followed by LightGBM and ET. Logistic Regression produced the lowest values for both metrics among the evaluated models. The results demonstrate that the choice of classifier materially affected ranking performance under the selected partition.

Table 1. Performance of the six classifiers on the controlled group-separated test partition

Model	**ROC-AUC**	**PR-AUC**
RF	0.869	0.585
LightGBM	0.789	0.357
ET	0.772	0.339
XGBoost	0.740	0.317
Histogram Gradient Boosting	0.713	0.315
Logistic Regression	0.706	0.271

RF outperformed LightGBM, the second-best model, by 0.080 in $ROC-AUC$ and 0.228 in $PR-AUC$ on the selected test partition. Although the numerical difference was larger for $PR-AUC$, differences across these metrics are not directly comparable because they summarize distinct aspects of predictive performance. Without uncertainty estimates or appropriate paired comparisons, the observed differences should not be interpreted as statistically significant superiority.

$ROC-AUC$ measures the model's ability to rank abnormal observations above normal observations, whereas $PR-AUC$ summarizes precision–recall performance for the abnormal-scenario class and depends on its prevalence in the evaluated subset. Neither metric represents classification accuracy; therefore, a $ROC-AUC$ of 0.869 should not be reported as 86.9% accuracy. Performance at a specific decision threshold should instead be assessed using the corresponding confusion matrix and threshold-dependent metrics.

The stronger controlled test performance of the tree ensembles relative to LR is consistent with the potential relevance of nonlinear feature relationships and interactions. Nevertheless, this comparison does not isolate the cause of the performance differences. Model configuration, regularization, training choices and the composition of the selected groups may also influence the results. The findings therefore support RF as the best-performing model within this particular comparison, rather than establishing its general superiority for industrial blower monitoring. Fig. 4 presents the ROC and precision–recall curves for RF. These curves complement the aggregate AUC values by showing how discrimination changes across decision thresholds. For maintenance applications, the useful operating region depends on the acceptable balance between missed abnormal scenarios and unnecessary inspections. A favorable overall ranking score alone is insufficient to identify an appropriate alarm threshold.

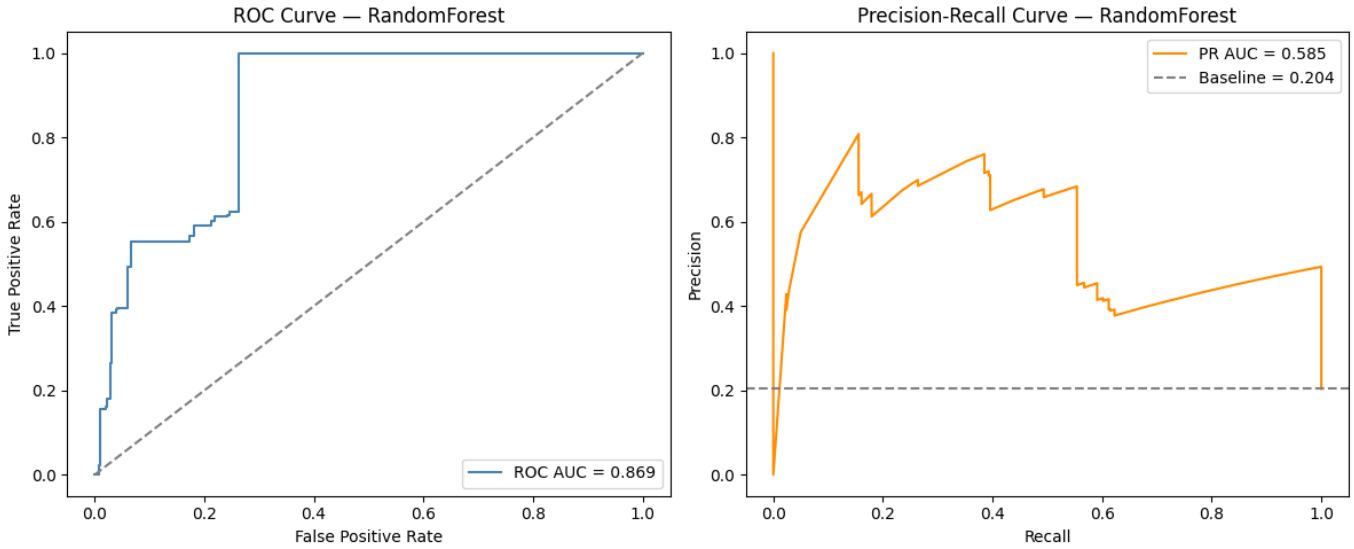


Figure 4. RF ROC and precision–recall curves on the controlled group-separated test partition.

The reported RF importance values for normalized RMS of the resultant, z, x and y vibration velocities were 0.1661, 0.1472, 0.1440 and 0.1363, respectively. These four rounded values sum to 0.5936, while crest factor features account for approximately 0.4064. This supports the prominence of RMS descriptors in the fitted model, but feature importance does not demonstrate a causal failure mechanism. This distribution is broadly consistent with the PCA findings, which identified vibration magnitude as a prominent source of feature variability. The two analyses nevertheless address different questions: PCA describes variance in the input space, whereas model-based importance characterizes feature contributions within a fitted predictive model. Their agreement supports the relevance of RMS descriptors in this dataset but does not establish a causal relationship between an individual feature and a physical fault mechanism. Moreover, the strong associations among vibration descriptors may distribute importance across related features, limiting the interpretation of individual rankings.

3.3. Group-based generalization

The group-based cross-validation results provide a more restrictive assessment of model transfer across measurement files. RF achieved a five-fold GroupKFold $ROC-AUC$ of 0.575 ± 0.092, substantially below its controlled test $ROC-AUC$ of 0.869. The absolute difference of approximately 0.294 is a central finding of the study and materially limits the interpretation of the controlled test results. Although both procedures preserve group separation, they evaluate different collections of training and validation groups. The controlled test result describes performance for one selected partition, whereas GroupKFold assesses performance across multiple exclusions of measurement groups. The discrepancy indicates that the favorable discrimination observed in the controlled partition was not consistently reproduced across the group-based validation folds. Accordingly, the controlled test score alone would provide an incomplete account of the model's robustness. The mean GroupKFold $ROC-AUC$ of 0.575 is only modestly above the chance-ranking reference of 0.5. The reported variability of ±0.092 further indicates sensitivity to the composition of the excluded measurement groups. These results suggest that the predictive relationships learned from the available files were not sufficiently stable to support strong claims of transferability. However, the aggregate cross-validation result does not identify which measurement characteristics caused the reduced performance.

Fig. 5 summarizes the reported group-validation distributions for the evaluated tree models. Such distributions are relevant because average scores can conceal substantial differences among validation folds. In practical terms, a model that performs favorably on some measurement groups but poorly on others may provide inconsistent inspection support when applied under changing conditions.

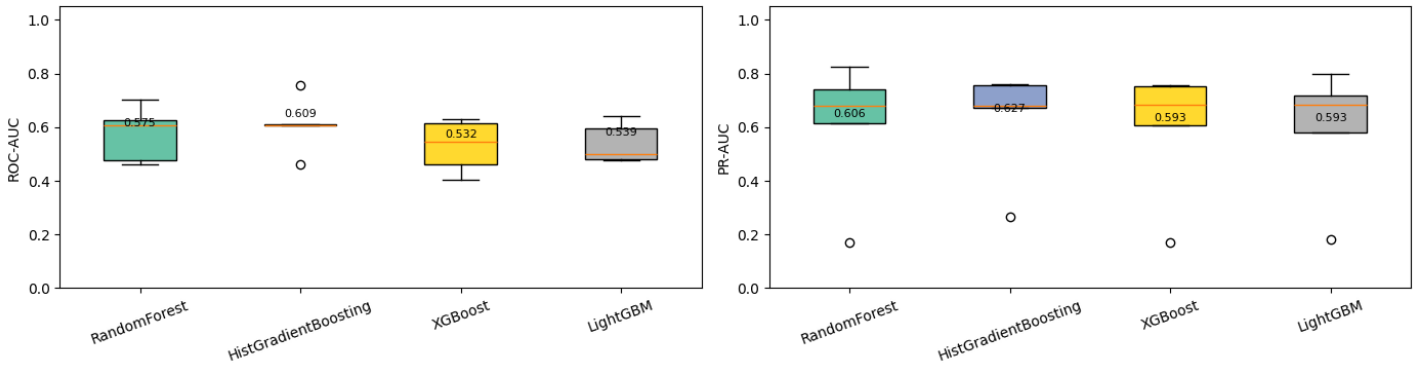


Figure 5. Reported group-based cross-validation distributions for the evaluated tree models.

Several characteristics of the experimental design may contribute to the observed discrepancy. The dataset contains only 25 measurement files and covers four motor-frequency settings. Differences in mechanical configuration and acquisition context may also influence the recorded vibration patterns. However, the experiment did not independently isolate these effects; their individual contributions therefore remain unresolved.

The results also delimit the interpretation of frequency normalization. Although normalization was intended to account for frequency-related differences, its application does not establish that all operating-condition dependence was removed. Residual differences may remain in signal magnitude, directional response or peak behavior. The observed group-validation performance indicates that the resulting feature representation should not be assumed to be invariant across measurement configurations.

Group separation is therefore necessary for evaluating dependence among observations from the same file, but it does not by itself establish generalization to an unseen machine. The scope of any generalization claim depends on what the groups represent. Where groups correspond to measurement files, successful validation supports transfer across those file-level conditions; machine-level transfer requires an evaluation explicitly designed around independent machines. Additional files, mechanical configurations, loads and mounting arrangements are needed to determine the conditions under which the approach remains reliable.

Cost-weighted thresholds, a score-based health index and file-level risk ranking translate classifier outputs into inspection indicators. Threshold selection reflects the trade-off between missed abnormal cases and false alarms and should be assessed using associated error counts, rather than recall alone. Selection and evaluation should use separate data to limit optimistic performance estimates. The test health index had a mean of 33.6, a median of 25.9 and a standard deviation of 34.4. These values support relative inspection prioritization within the evaluated dataset but do not establish degradation levels, calibrated failure probabilities or remaining useful life. The maintenance implications are constrained by controlled scenario labels, limited measurement groups and reduced performance under grouped cross-validation. Reproducibility requires complete documentation of acquisition settings, preprocessing, feature construction and model evaluation. Before deployment, the entire workflow should be validated using independent, maintenance-labelled records and prospective assessments of warning time and maintenance outcomes.

4. CONCLUSIONS

In this study, a vibration-based failure classification model was evaluated using 10,661 observations from 25 industrial fan measurement data obtained at 20, 30, 40, and 50 Hz motor frequencies. Eight normalized RMS and peak factor features support the comparison of six machine learning classifiers combining exploratory analysis, group-separated evaluation, and score-based inspection prioritization. RF achieved the highest controlled test performance with 0.869 *ROC-AUC* and 0.585 *PR-AUC*. RMS and peak factor features accounted for approximately 59.36% and 40.64% of the reported feature significance, respectively, indicating complementary contributions from vibration magnitude and peak-related features. However, these contributions do not reveal specific physical failure mechanisms. The key limitation was the significantly lower five-fold GroupKFold *ROC-AUC* value of 0.575 ± 0.092. This discrepancy suggests that performance in the selected test segment was not consistently maintained across the excluded measurement groups. It also highlights the importance of maintaining separation at the file level and evaluating multiple group allocations. Cost-weighted thresholds, a score-based health index, and file-level risk ranking provided preliminary support for audit prioritization. These indicators do not represent calibrated failure probabilities and remaining useful life estimates. Future work should expand the variety of machines, loads, assembly arrangements, and operating conditions.

REFERENCES

Biau, G., & Scornet, E. (2016). A random forest guided tour. *TEST, 25*(2), 197–227. https://doi.org/10.1007/s11749-016-0481-7

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning, 45*(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering, 137*, Article 106024. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024

Cawley, G. C., & Talbot, N. L. C. (2010). On over-fitting in model selection and subsequent selection bias in performance evaluation. *Journal of Machine Learning Research, 11*, 2079–2107. https://www.jmlr.org/papers/v11/cawley10a.html

Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 785-794).

Elkan, C. (2001). The foundations of cost-sensitive learning. In *Proceedings of the Seventeenth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 973–978). Morgan Kaufmann. https://www.ijcai.org/Proceedings/01/IJCAI-2001-k.pdf

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters, 27*(8), 861–874. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010

Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics, 29*(5), 1189–1232. https://doi.org/10.1214/aos/1013203451

Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). Extremely randomized trees. *Machine Learning, 63*(1), 3–42. https://doi.org/10.1007/s10994-006-6226-1

Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing, 20*(7), 1483–1510. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012

Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 374*(2065), Article 20150202. https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202

Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T.-Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems, 30*, 3146–3154.

Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., & Lin, J. (2018). Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction. *Mechanical Systems and Signal Processing, 104*, 799–834. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016

Niculescu-Mizil, A., & Caruana, R. (2005). Predicting good probabilities with supervised learning. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Machine Learning* (pp. 625–632). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1102351.1102430

Randall, R. B., & Antoni, J. (2011). Rolling element bearing diagnostics—A tutorial. *Mechanical Systems and Signal Processing, 25*(2), 485–520. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.07.017

Saito, T., & Rehmsmeier, M. (2015). The precision-recall plot is more informative than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets. *PLOS ONE, 10*(3), Article e0118432. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118432

ŞEBEKEYE BAĞLI FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE VERİ ODAKLI ARIZA TANILAMA: MAKİNE ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI

Seviye AYHAN[1] / Doç. Dr. Yasemin ÖNAL[2] / Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL[3]

[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği, E-posta: seviye_b@hotmail.com

ORCID: 0009-0005-7629-6113

[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği, E-posta: yasemin.onal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-0173-0948

[3]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye, çalışma alanı: Devreler ve Sistemler, E-posta: ucigdem.turhal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2387-1637

Özet

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerde arıza tespiti, sistemin güvenilir biçimde işletilmesi için önemlidir. Bu çalışmada, GPVS veri kümesi kullanılarak dört makine öğrenmesi ve iki derin öğrenme algoritmasının sınıflandırma performansı karşılaştırılmıştır. İncelenen veri kümesinde, maksimum ve ara güç noktası izleme çalışma modlarından elde edilen 15 dosya, 2.019.466 ölçüm kaydı ve 13 elektriksel özellik bulunmaktadır. Normal çalışma ile yedi arıza senaryosu, ikili ve sekiz sınıflı görevlerde ele alınmıştır. Lojistik Regresyon (LR), Rastgele Orman Regresyon (RF), Aşırı Gradyan Artırma (XGB) ve Hafif Gradyan Artırma (LGB), bir boyutlu evrişimli sinir ağı (1D-CNN) ve uzun kısa süreli bellek modelleri yüzde 80 eğitim ve yüzde 20 test ayrımıyla değerlendirilmiştir. Standardizasyon parametreleri yalnızca eğitim verisinden öğrenilmiştir. İkili sınıflandırmada LSTM, 0.9898 doğruluk, 0.9898 ağırlıklı F1 ve 0.9990 ROC-AUC ile en yüksek raporlanan performansa ulaşmıştır. Bir boyutlu CNN'nin ağırlıklı F1 değeri 0.9846 olmuştur. LGB, 0.9830 ağırlıklı F1, 0.9974 ROC-AUC ve 9.48 saniyelik eğitim süresiyle incelenen ağaç toplulukları arasında elverişli bir performans ve eğitim süresi dengesi sunmuştur. LGB için 300.000 kayıt üzerinde beş katlı doğrulama 0.9830 ± 0,0004 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, rastgele kayıt ayrımı ve standart tabakalı çapraz doğrulama, aynı deneydeki ardışık ölçümlerin farklı alt kümelere dağılmasından doğan bağımlılığı ortadan kaldırmaz. Sonuçlar mevcut deney düzenine ait sınıflandırma başarısını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler, arıza tanılama, veri odaklı yöntemler, makine öğrenmesi, derin öğrenme.

DATA-DRIVEN FAULT DIAGNOSIS IN GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS: MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING APPROACHES

Seviye AYHAN[1] / Assoc. Prof. Dr. Yasemin ÖNAL[2] / Assoc. Prof. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL[3]

[1]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Electrical and Electronics Engineering, E-mail: seviye_b@hotmail.com; ORCID: 0009-0005-7629-6113

[2]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Electrical Machines and Power Electronics, E-mail: yasemin.onal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-0173-0948

[3]Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Bilecik, Türkiye, Field of work: Circuits and Systems, E-mail: ucigdem.turhal@bilecik.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2387-1637

Abstract

Fault detection in grid-connected photovoltaic systems is essential for reliable system operation. This study compares the classification performance of four machine learning and two deep learning algorithms using the GPVS dataset. The dataset comprises 15 files containing 2,019,466 measurement records and 13 electrical features collected under maximum and intermediate power point tracking operating modes. Normal operation and seven fault scenarios are investigated through binary and eight-class classification tasks. Logistic Regression (LR), Random Forest Regression (RF), Extra Trees Regression, Histogram Gradient Boosting, Extreme Gradient Boosting (XGB), Light Gradient Boosting (LGB), a one-dimensional convolutional neural network (1D-CNN), and long short-term memory (LSTM) models are evaluated using an 80% training and 20% test split. Standardization parameters are learned exclusively from the training data. In binary classification, LSTM achieves the highest reported performance, with an accuracy of 0.9898, a weighted F1 score of 0.9898, and a ROC-AUC of 0.9990. The one-dimensional CNN achieves a weighted F1 score of 0.9846. With a weighted F1 score of 0.9830, a ROC-AUC of 0.9974, and a training time of 9.48 seconds, LGB offers a favorable balance between predictive performance and training time among the tree ensembles examined. Five-fold cross-validation of LGB on 300,000 records yields a score of 0.9830 ± 0.0004. However, random record splitting and standard stratified cross-validation do not eliminate the dependence arising from distributing consecutive measurements from the same experiment across different subsets. The results therefore reflect classification performance under the experimental setup used.

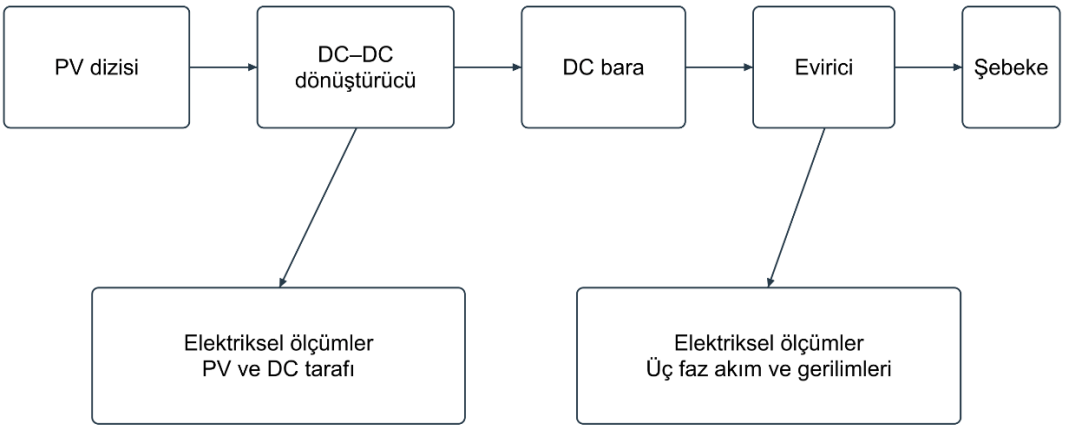
Keywords: Grid-connected photovoltaic systems, fault diagnosis, data-driven methods, machine learning, deep learning.

1 GİRİŞ

Şebekeye bağlı fotovoltaik (PV) sistemlerde üretim sürekliliği, PV dizisinin yanı sıra güç dönüştürücülerinin, eviricinin, bağlantı elemanlarının ve ölçüm altyapısının birlikte güvenilir çalışmasına bağlıdır. Bu bileşenlerde ortaya çıkan arızalar, enerji üretiminde azalmaya ve işletme koşullarının bozulmasına yol açabilir. Arıza tespiti ve tanılama yöntemlerinin değerlendirilmesinde tahmin doğruluğunun yanında ölçüm gereksinimi, uygulanabilirlik, hesaplama maliyeti ve farklı işletme koşullarına aktarılabilirlik de dikkate alınmalıdır (Mellit vd., 2018; Osmani vd., 2023).

PV sistemlerinin akım, gerilim ve güç karakteristikleri ışınım, sıcaklık ve denetleyici çalışma noktasından etkilenmektedir. Bu nedenle ölçülen bir değişimin arıza olarak yorumlanabilmesi, normal işletme değişkenliğinden ayrıştırılmasına bağlıdır. Silvestre ve arkadaşları, ölçülen ve modellenen elektriksel büyüklükler arasındaki sapmalardan yararlanan bir gözetim yaklaşımı geliştirmiştir (Silvestre vd., 2013). Garoudja ve arkadaşları ise tek diyot modeliyle elde edilen artıkların üstel ağırlıklı hareketli ortalama yöntemiyle izlenmesini incelemiştir (Garoudja vd., 2017). Bu çalışmalar, fiziksel model bilgisinin elektriksel gözlemlerle birleştirilmesinin tanılama sürecindeki yerini göstermektedir.

Veri odaklı yöntemlerde normal ve arızalı işletme durumları arasındaki ayrım, ölçüm örneklerinden öğrenilir. Chine ve arkadaşları PV sistemlerinde yapay sinir ağlarına dayalı arıza tanılama yaklaşımını deneysel verilerle değerlendirmiştir (Chine vd., 2016). Bakdi ve arkadaşları, yüksek frekanslı çok sensörlü ölçümlere dayalı çevrim içi izleme üzerinde çalışmıştır (Bakdi vd., 2021). GPVS-Arıza verilerini kullanan daha güncel bir araştırmada Harrou ve arkadaşları (Harrou vd., 2024), normal işletme verilerinden öğrenen varyasyonel otokodlayıcı tabanlı yarı denetimli anomali tespitini incelemiştir. Bu yaklaşımlar, etiketli tanılama yanında normal davranışın modellenmesine dayanan yöntemlerin de önemli bir araştırma yönü olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, farklı etiketleme ve veri bölme düzenleriyle elde edilen performans değerleri doğrudan bir başarı sıralamasına dönüştürülemez.



Şekil 1. Şebekeye bağlı PV sisteminde kavramsal güç dönüşüm zinciri ve elektriksel gözlem noktaları.

Şekil 1'de gösterilen güç dönüşüm zincirinde DC ve AC taraftaki ölçümler farklı sistem bileşenlerine ilişkin bilgi taşımaktadır. Bu kanalların ortak bir özellik vektöründe kullanılması, tek bir değişkendeki eşik aşımının ötesinde çok değişkenli ilişkilerin incelenmesini sağlar. Bununla birlikte, bir ölçümün tahminde belirleyici olması, belirli bir arızanın fiziksel nedenini tek başına ortaya koymaz. Makine öğrenmesi (ML) yöntemleri arasında Rastgele Orman (RF), rastgeleleştirilmiş karar ağaçlarını birleştirerek doğrusal olmayan ilişkileri modellemektedir (Breiman, 2001). Gradyan Artırma (GB) yaklaşımında ise yeni öğreniciler, mevcut tahminin kaybını azaltacak

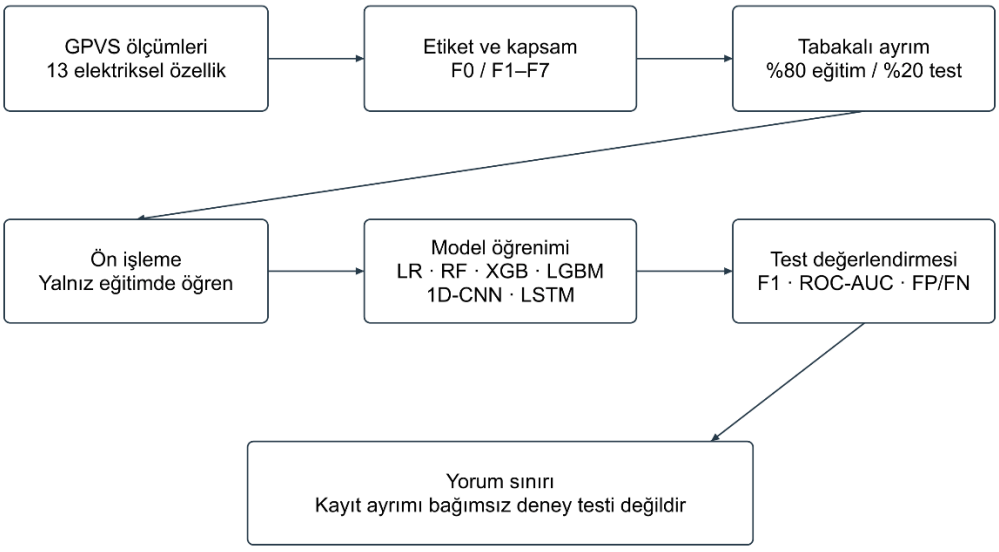
biçimde ardışık olarak oluşturulur (Friedman vd., 2001). Aşırı Gradyan Artırma (XGB) ve Hafif Gradyan Artırma (LGB), bu yaklaşımı farklı düzenlileştirme ve hesaplama stratejileriyle uygulamaktadır (Chen & Guestrin, 2016; Ke vd., 2017). Derin öğrenme (DL) yöntemleri çok katmanlı temsiller öğrenebilir (LeCun vd., 2015). Bir boyutlu evrişimli sinir ağları (1D-CNN) yerel örüntüleri, LSTM ağları ise uygun biçimde oluşturulmuş dizilerdeki bağımlılıkları işlemek için kullanılmaktadır (Kiranyaz vd., 2021; Krichen & Mihoub, 2025).

Yüksek örnek sayısı, gözlemlerin birbirinden bağımsız olduğu anlamına gelmez. Özellikle yüksek frekanslı deney verilerinde komşu kayıtların eğitim ve test kümelerinde birlikte temsil edilmesi, modelin yeni deneylerdeki başarısına ilişkin iyimser bir tahmin oluşturabilir. Bağımlılık yapısını koruyan doğrulama stratejileri bu nedenle önem taşımaktadır (Roberts vd., 2017). Veri hazırlama, örnekleme ve değerlendirme arasındaki uyumsuzluklar, makine öğrenmesine dayalı bilimsel çıkarımların tekrarlanabilirliğini de zayıflatabilir (Kapoor & Narayanan 2023). Bu çalışmanın amacı, GPVS-Arıza veri kümesinin (Bakdi vd., 2020) belirli bir analiz alt kümesinde Lojistik Regresyon (LR), RF, XGB, LGB, 1D-CNN ve LSTM yöntemlerini ortak bir değerlendirme çerçevesinde karşılaştırmaktır. Çalışma, ikili sınıflandırma başarısını yanlış alarm ve kaçırılan kayıt sayılarıyla birlikte incelemekte ve eğitim süresi ile tahmin başarısı arasındaki ilişkiyi değerlendirmektedir. Sekiz sınıflı senaryo tanıma problemi de ele alınmakla birlikte nicel karşılaştırma, eksiksiz olarak raporlanan ikili sonuçlarla sınırlandırılmıştır. Böylece algoritma performansı ile deney tasarımının desteklediği genelleme düzeyi birlikte tartışılmaktadır.

2 YÖNTEM

2.1. Problem Tanımı

Her ölçüm kaydı, *Ipv*, *Vpv, Vdc, ia, ib, ic, va, vb, vc, Iabc, If, Vabc ve Vf* değişkenlerinden oluşan 13 boyutlu bir gözlem vektörüyle temsil edilmiştir. Zaman sütunu model girdisine alınmamıştır. İkili görevde F_0 normal işletme senaryosunu, F_1–F_7 kodlarının birleşimi ise arıza senaryosunu göstermektedir. Sekiz sınıflı görevde hedef değişken F_0–F_7 kodlarından oluşmaktadır. Bu görev tanımı, senaryo sınıflandırması ile arızanın fiziksel başlangıç anının tespit edilmesi arasındaki ayrımı korumaktadır.



Şekil 2. Veri hazırlama ve model karşılaştırma akışı: LR, RF, XGB, LGB

Şekil 2'de veri kapsamının belirlenmesi, hedef kodlaması, eğitim ve test ayrımı, ön işleme, model öğrenimi ve değerlendirme aşamaları gösterilmiştir. Öğrenilen dönüşümlerin yalnızca eğitim verisine dayanması, test kümesinden ön işleme bilgisi aktarılmasını önlemek için gereklidir. Ancak bu işlem, aynı deneyden gelen ölçümlerin iki alt küme arasında paylaşılmasından kaynaklanan bağımlılığı ortadan kaldırmaz.

2.2 Makine Öğrenmesi Yöntemleri

LR özelliklerin doğrusal birleşimini sigmoid fonksiyonu aracılığıyla ikili sınıfa ilişkin bir olasılık çıktısına dönüştürür. Modelin genel gösterimi Eşitlik 1'de verilmiştir. Burada w katsayı vektörünü, b sabit terimi ve p arıza senaryosu sınıfına ilişkin model çıktısını belirtmektedir. Python ortamında sınıflandırma ve ön işleme işlemleri için yaygın kullanılan araçlardan biri scikit-learn kütüphanesidir (Roberts vd., 2017). Sınıf kararı, model çıktısının bir karar eşiğiyle karşılaştırılmasıyla elde edilir. Eşik seçimi yanlış alarm ve kaçırılan kayıt sayıları arasındaki dengeyi etkiler. Lojistik Regresyonun doğrusal karar yüzeyi, elektriksel değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimleri temsil etmekte sınırlı kalabileceğinden bu yöntem, daha karmaşık modellerin sağladığı iyileşmeyi değerlendiren temel karşılaştırma modeli olarak kullanılmıştır.

$$p(y = 1 \mid x) = \frac{1}{1 + exp(-(w^T x + b))} \quad (1)$$

RF bootstrap örnekleri üzerinde oluşturulan karar ağaçlarının çıktılarını birleştiren bir topluluk yöntemidir. Düğümlerde rastgele özellik alt kümelerinin değerlendirilmesi, ağaçlar arasındaki benzerliği azaltmayı ve topluluk tahminini daha kararlı hâle getirmeyi amaçlar (Breiman, 2001). Özellik etkileşimlerini açık bir fonksiyon biçimi tanımlamadan öğrenebilmesi, yöntemi çok değişkenli PV ölçümleri için uygun bir karşılaştırma seçeneği hâline getirmektedir. RF ailesi hem sınıflandırma hem de regresyon amacıyla kullanılabilir. İncelenen deneyin yöntem tanımında regresyon ifadesi bulunmasına karşılık sonuçlar sınıflandırma ölçütleriyle sunulmuştur. Bu nedenle uygulama düzeyinde kullanılan kestirici türü ve varsa sürekli çıktının sınıf etiketine dönüştürülme kuralı açıklığa kavuşturulmalıdır. Bu belirsizlik, sonuçların yeniden üretilebilirliğine ilişkin bir sınırlılık olarak korunmuştur.

XGB gradyan artırma çerçevesini düzenlileştirilmiş ağaç öğrenimiyle birleştirir (Friedman vd., 2001; Chen & Guestrin, 2016). Amaç fonksiyonu, gözlenen ve tahmin edilen hedefler arasındaki kayıp ile ağaç karmaşıklığına ilişkin cezanın toplamından oluşur. Denklem 2'de ℓ tahmin kaybını, f_m m'ninci ağacı ve Ω karmaşıklık cezasını göstermektedir. Öğrenme oranı, ağaç derinliği ve ağaç sayısı, temsil kapasitesini ve hesaplama maliyetini birlikte belirler. XGB bu çalışmada, elektriksel değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ayrımları modelleyebilen bir artırmalı topluluk yöntemi olarak değerlendirilmiştir.

$$L = \Sigma_i \, \ell(y_i, \hat{y}_i) + \Sigma_m \, \Omega(f_m) \quad (2)$$

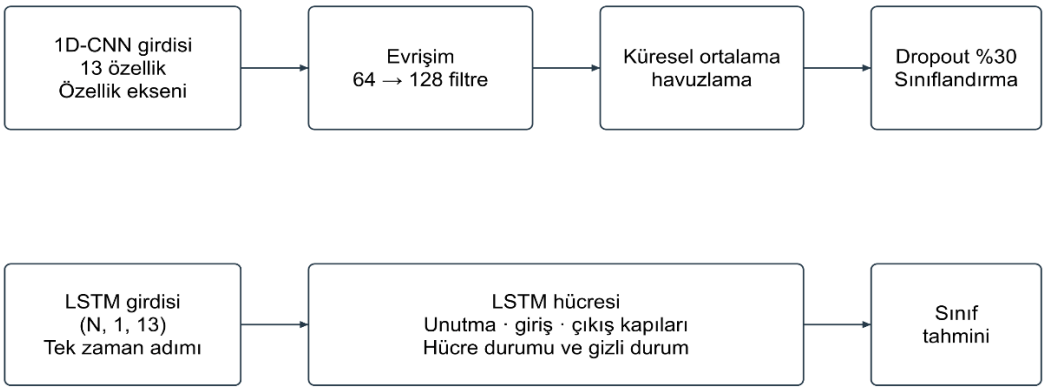
LGB, histogram tabanlı bölme araması ve yaprak odaklı ağaç büyümesiyle öğrenme maliyetini azaltmayı amaçlayan bir gradyan artırma yöntemidir (Ke vd., 2017). Özgün algoritmada gradyan temelli tek taraflı örnekleme ve birbirini dışlayan özelliklerin birleştirilmesi gibi hesaplama stratejileri tanımlanmıştır. Bu mekanizmaların genel algoritmada bulunması, tümünün mevcut deneyde etkinleştirildiği anlamına gelmemektedir. Yaprak sayısı, derinlik ve yaprak başına gözlem sayısı gibi parametreler model kapasitesini sınırlandırır. Bu çalışmada LightGBM, özellikle sınıflandırma başarısı ile eğitim süresi arasındaki ilişki

bakımından incelenmiştir. Farklı donanım ve yazılım ortamlarında ölçülen sürelerin doğrudan karşılaştırılabilmesi için ayrıca ortak bir hesaplama protokolü gerekmektedir.

2.3 Derin Öğrenme Yöntemleri

1D-CNN, bir çekirdeği girdi ekseni boyunca kaydırarak yerel örüntülerden temsiller öğrenir (Kiranyaz vd., 2021). İncelenen yapı, sırasıyla 64 ve 128 filtreli iki evrişim katmanı, küresel ortalama havuzlama ve %30 dropout içermektedir. Dropout, eğitim sırasında birimlerin bir bölümünü rastgele devre dışı bırakarak aşırı uyumu azaltmayı amaçlayan bir düzenlileştirme tekniğidir (Srivastava vd., 2014). Bu uygulamada girdinin tek ölçüm kaydındaki 13 özellikten oluşması, evrişim işleminin özellik ekseninde gerçekleştiğini göstermektedir. Dolayısıyla komşuluk, ardışık zaman örneklerinden değil sütun sırasından kaynaklanmaktadır. Elektriksel kanalların sırası mimari tanımın bir parçasıdır.

LSTM, hücre durumu ve kapılı bilgi aktarımı üzerinden dizisel verileri işlemek için geliştirilmiş bir yinelemeli sinir ağıdır (Krichen & Mihoub, 2025). Ancak mimarinin zamansal öğrenme kapasitesi, girdinin zaman boyutuna ve durum aktarımının nasıl kurulduğuna bağlıdır. Mevcut uygulamada girdi biçimi (N, 1, 13) olarak tanımlanmıştır; burada N kayıt sayısını, 1 zaman adımını ve 13 özellik sayısını göstermektedir. Bu temsil altında her örnek yalnızca bir ölçüm vektörü içermektedir. Örnekler arasında durum aktarımının kurulduğu ayrıca gösterilmediği sürece modelin uzun dönemli bağımlılıkları öğrendiği ileri sürülemez. Bu nedenle LSTM sonuçları, anlık elektriksel ölçümler arasındaki doğrusal olmayan ayrımlara ilişkin sınıflandırma performansı olarak yorumlanmıştır.



Şekil 3. 1D-CNN ve tek zaman adımlı LSTM için kullanılan girdi ve mimari bileşenler

2.4 Ön İşleme ve Ölçekleme

Özelliklerin farklı fiziksel büyüklükleri ve ölçekleri temsil etmesi nedeniyle standardizasyon uygulanmıştır. Denklem 3'te her j özelliğinin eğitim kümesinden hesaplanan ortalaması μ_j ve standart sapması σ_j kullanılarak dönüştürülen gözlem z_{ij} ile gösterilmektedir. Test verisi, eğitim kümesinde öğrenilen aynı parametrelerle dönüştürülmüştür.

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \tag{3}$$

Ölçekleme parametrelerinin test verisini içermemesi, ön işleme kaynaklı bilgi sızıntısını önler [16, 18]. Çapraz doğrulama yapılırken de ölçekleme ve öğrenilen diğer dönüşümler her eğitim katı içinde yeniden kurulmalıdır. Deneyler arası bağımlılık ise ayrı bir sorun olduğundan, yalnızca doğru standardizasyon uygulanması bağımsız genelleme değerlendirmesi için yeterli değildir (Roberts vd., 2017).

3 VERİ KÜMESİ VE DEĞERLENDİRME DÜZENİ

3.1 Veri Kapsamı

GPVS-Arıza şebekeye bağlı bir PV mikroşebekesinde gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinin elektriksel ölçümlerini içermektedir (Bakdi vd., 2020). Veri deposu 16 deney dosyası tanımlamaktadır. Dosya adlarındaki F_0 normal deneyi, F_1–F_7 arıza senaryolarını; L sınırlı güçte ara güç noktası izleme modunu (IPPT), M ise maksimum güç noktası izleme modunu (MPPT) belirtmektedir. Bu çalışmanın analiz dökümünde 15 dosya ve 2.019.466 kayıt bulunmaktadır. F_{4M} dosyası dökümde yer almadığından raporlanan örnek sayıları veri deposunun tamamını temsil etmemektedir.

Tablo 1'de senaryo kodlarının dağılımı verilmiştir. I_{pv} ve V_{pv} PV dizisinin akım ve gerilimini, V_{dc} DC bağlantı gerilimini, i_a–i_c ve va–vc üç faz akım ve gerilimlerini temsil etmektedir. I_{abc} ve V_{abc} büyüklük; I_f ve V_f ise frekans ölçümleridir. Fiziksel arıza türlerinin analizde kullanılan etiketlerle eşleştirilmesi ayrıca doğrulama gerektirdiğinden değerlendirme senaryo kodları üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 1. Analiz alt kümesindeki senaryo kodları ve kayıt sayıları

Kod	Dosyalar	Kayıt sayısı	Pay (%)
F_0	F_{0L}, F_{0M}	284,729	14.1
F_1	F_{1L}, F_{1M}	268,027	13.3
F_2	F_{2L}, F_{2M}	286,143	14.2
F_3	F_{3L}, F_{3M}	173,464	8.6
F_4	F_{4L}	144,014	7.1
F_5	F_{5L}, F_{5M}	287,029	14.2
F_6	F_{6L}, F_{6M}	288,030	14.3
F_7	F_{7L}, F_{7M}	288,030	14.3
Toplam	15	2019,466	100.0

İkili kodlamada normal sınıf 284,729 arıza senaryosu sınıfı ise 1734,737 kayıttan oluşmaktadır. İkinci grubun payı yaklaşık %85.9'dur. Bu oran, deney dosyalarının analizdeki dağılımını gösterir; sahadaki arıza sıklığının tahmini değildir. Ayrıca veri deposunda arızaların deneylerin ortasında oluşturulduğu belirtilmektedir [17]. Dolayısıyla bir dosyanın arıza senaryosu kodunu taşıması, dosyadaki her zaman adımının fiziksel olarak arızalı

olduğu anlamına gelmez. Bu ayrım, kayıt etiketlerinin arıza başlangıç anlarıyla eşleştirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

3.2 Eğitim ve Test Seti Ayrımı

Veriler, sınıf oranlarını koruyan tabakalı rastgele örneklemeyle %80 eğitim ve %20 test bölümlerine ayrılmıştır. Eğitim kümesi 1615,572 test kümesi 403,894 kayıttan oluşmaktadır. Bu düzen, aynı analiz kapsamındaki kayıtlar üzerinde model karşılaştırmasına olanak vermektedir. Ancak deney kimliği ayrım ölçütü olarak kullanılmadığı için aynı deneyin birbirine yakın ölçümleri her iki bölümde de bulunabilir. LGB için ayrıca 300,000 kayıttan oluşan rastgele bir alt örnek üzerinde beş katlı tabakalı çapraz doğrulama sonucu raporlanmıştır. Tabakalama sınıf oranlarını korumakta, deney kimliklerini ayırmamaktadır. Bu nedenle değerlendirme, mevcut örnekleme düzenindeki katlar arası değişkenliği açıklamakta; bağımsız deney veya saha koşullarında dış doğrulama yerine geçmemektedir. Alt örneğin ayrılmış test kümesiyle ilişkisi ve kat içi dönüşümlerin kurulumu da yeniden üretilebilirlik açısından açıklığa kavuşturulmalıdır.

3.3 Performans Ölçütleri

Sınıf dengesizliği, çoğunluk sınıfına yönelen bir modelin yüksek doğruluk elde etmesine karşın azınlık sınıfında yetersiz kalmasına neden olabilir (He & Garcia, 2009). Bu nedenle doğruluk, sınıf destekleriyle ağırlıklandırılmış kesinlik, duyarlılık ve F_1 birlikte değerlendirilmiştir. İkili görevde pozitif sınıf arıza senaryosudur. TP doğru pozitif, TN doğru negatif, FP yanlış alarm ve FN kaçırılan arıza senaryosu kayıt sayısını göstermektedir. Kesinlik, duyarlılık ve F_1'in tanımları Denklem 4'te verilmiştir.

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad R = \frac{TP}{TP + FN} \quad F_1 = \frac{2PR}{P + R} \tag{4}$$

Ağırlıklı F_1, sınıf bazındaki F_1 değerlerinin örnek sayılarıyla ağırlıklandırılmış ortalamasıdır. Bu nedenle ağırlıklı kesinlik ve ağırlıklı duyarlılığın harmonik ortalamasıyla zorunlu olarak aynı değildir. Tek etiketli sınıflandırmada ağırlıklı duyarlılığın doğruluğa eşit olması da beklenen bir özelliktir. Normal sınıfın doğru tanınma oranı olan özgüllük, $TN/\,TN + FP$ biçiminde ayrıca incelenmiştir. ROC-AUC, farklı karar eşikleri boyunca doğru pozitif ve yanlış pozitif oranları arasındaki ilişkiyi özetler; doğrudan doğru tahmin yüzdesi değildir (Fawcett, 2006). Kesinlik–duyarlılık eğrisi ise pozitif tahminlerin güvenilirliğini duyarlılıkla birlikte değerlendirmeye yardımcı olur (Saito & Rehmsmeier 2015). Bu çalışmada pozitif sınıf baskın olduğundan PR sonuçları, yaklaşık 0.859 olan pozitif sınıf oranıyla birlikte yorumlanmalıdır. Özellikle normal işletmedeki yanlış alarmların değerlendirilmesi için özgüllüğün ayrıca raporlanması gereklidir. Sonuçlarda kullanılan PR-AUC adlandırması ile ortalama kesinlik (AP) aynı hesaplama yöntemini zorunlu olarak ifade etmez. Bu iki özet, eğriyi farklı biçimde birleştirebildiğinden kullanılan fonksiyon ve yaklaşımın açıkça belirtilmesi gerekir (Davis, J., & Goadrich 2006). Mevcut PR değerleri bu hesaplama belirsizliği korunarak sunulmuştur. İkili etiketler için hesaplanan MSE ve RMSE ise güç tahmin hatası olarak yorumlanamayacağından temel model karşılaştırmasına alınmamıştır.

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 İkili Sınıflandırma Başarısı

Tablo 2, altı modelin ikili test sonuçlarını ağırlıklı F_1 değerine göre göstermektedir. LSTM 0.9898 doğruluk ve ağırlıklı F_1 ile en yüksek sonuca ulaşmıştır. 1D-CNN'nin ağırlıklı F_1 değeri 0.9846'dır. Ağaç toplulukları arasında LGB 0.9830 ile ilk sırada yer alırken RF ve XGB için ağırlıklı F1 değerleri sırasıyla 0.9794 ve 0.9789 olarak elde edilmiştir. LSTM ile LGB arasındaki doğruluk farkı 0.0068, diğer bir ifadeyle 0.68 yüzde puanıdır. Bu fark mevcut test bölmesine ilişkin betimleyici bir karşılaştırmadır; tekrarlı bağımsız deneyler ve belirsizlik analizi

olmadan istatistiksel üstünlük kanıtı olarak değerlendirilemez. LST için ROC-AUC 0.9990, LGB için 0.9974'tür. 1D-CNN'ye ait ayrı ROC-AUC ve PR-AUC değerleri raporlanmadığından bu modelin eşiklerden bağımsız ayırma performansı için ek bir sıralama yapılmamıştır. Lojistik Regresyonun 0.8539 doğruluğu, yaklaşık 0.8590 olan çoğunluk sınıfını sürekli tahmin etme düzeyinin altında kalmaktadır. Ağırlıklı F_1'in 0.7928 olması ve normal sınıfı tanıma başarısının çok düşük gerçekleşmesi, doğruluk ölçütünün tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Bu bulgu, model seçiminde sınıf bazındaki hata davranışının toplam başarı ölçütleri kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3'te beş modele ait karışıklık matrisi bileşenleri sunulmuştur. Her satırın toplamı 403894 test kaydına karşılık gelmektedir. LSTM 1,744 yanlış alarm ve 2,371 kaçırılan arıza senaryosu kaydıyla bu modeller arasında her iki hata türünde de en düşük sayıya ulaşmıştır. LGB'de aynı değerler sırasıyla 3,199 ve 3,664'tür.

Tablo 2. İkili test performansının karşılaştırılması

Model	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F_1	ROC-AUC	PR-AUC
LSTM	0.9898	0.9899	0.9898	0.9898	0.9990	0.9998
1D-CNN	0.9845	0.9848	0.9845	0.9846	-	-
LGB	0.9830	0.9831	0.9830	0.9830	0.9974	0.9996
RF	0.9794	0.9794	0.9794	0.9794	0.9962	0.9994
XGB	0.9788	0.9789	0.9788	0.9789	0.9963	0.9994
LR	0.8539	0.7548	0.8539	0.7928	0.7725	0.9585

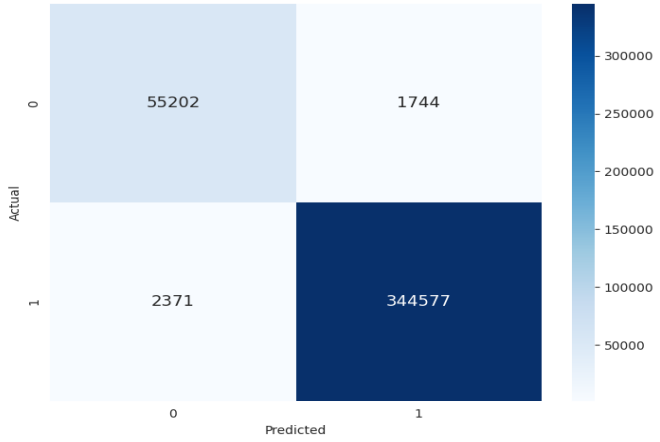
Tablo 3. İkili test karışıklık matrislerinin bileşenleri

Model	TN	FP	FN	TP
LR	330	56,616	2,397	344,551
RF	52,834	4,112	4,199	342,749
XGB	53,060	3,886	4,671	342,277
LGB	53,747	3,199	3,664	343,284
LSTM	55,202	1,744	2,371	344,577

Karışıklık matrislerinden hesaplanan normal sınıfı doğru tanıma oranı LSTM için yaklaşık %96.94, LGB için %94.38 ve LR için %0.58'dir. LR'nin arıza senaryosu duyarlılığı yaklaşık %99.31 olmasına rağmen normal kayıtların neredeyse tamamını pozitif sınıfa ataması, modelin yüksek duyarlılığının çok sayıda yanlış alarmla

birlikte oluştuğunu göstermektedir. Dolayısıyla işletme açısından uygun karar eşiği, iki hata türünün sonuçları birlikte değerlendirilerek seçilmelidir.

Şekil 4'teki hücreler bağımsız arıza olaylarını değil, yüksek frekanslı ölçüm kayıtlarını temsil etmektedir. Ardışık yanlış tahminler tek bir olayın farklı zaman adımlarına karşılık gelebilir. Bu nedenle kayıt sayılarından olay başına yanlış alarm, tespit gecikmesi veya bakım müdahalesi sayısı türetilemez. Düşey eksen gerçek, yatay eksen tahmin edilen sınıfı; 0 normal, 1 arıza senaryosunu göstermektedir. Hücreler ölçüm kaydı sayısıdır.



Şekil 4. LSTM için ikili test karışıklık matrisi

4.2. Eğitim ve Test Başarısı İle Çapraz Doğrulama

Tablo 4'te klasik modellerin eğitim ve test doğrulukları karşılaştırılmıştır. Fark, test doğruluğu eksi eğitim doğruluğu biçiminde tanımlanmıştır. Ağaç topluluklarında farkın mutlak değeri 0.002'nin altındadır. Bu yakınlık, mevcut rastgele bölmedeki performansın benzerliğini göstermektedir; bağımlı kayıtların iki alt kümede bulunabilmesi nedeniyle aşırı öğrenmenin bulunmadığını veya yeni deneylere yüksek genellenebilirlik sağlandığını tek başına kanıtlamaz. Tablo 4'de fark, test doğruluğu eksi eğitim doğruluğudur.

Tablo 4. Klasik modellerin eğitim ve test doğrulukları

Model	Eğitim	Test	Test − Eğitim
LR	0.8538	0.8539	+0.0001
RF	0.9812	0.9794	−0.0018
XGB	0.9797	0.9788	−0.0009
LGB	0.9836	0.9830	−0.0006

Tablo 5'de LGB'nin beş katlı değerlendirmesinde doğruluk 0.9823–0.9834 aralığında değişmektedir. Ortalama 0.9830 ve standart sapma 0.0004 olarak raporlanmıştır. Düşük katlar arası değişkenlik, aynı örnekleme protokolündeki tutarlılığa işaret etmektedir. Standart sapma bir güven aralığı değildir ve deneyler arasındaki performans değişkenliğini doğrudan ölçmemektedir.

Model seçimi ve performans tahmini aynı değerlendirme verisine tekrar tekrar dayandırıldığında seçim yanlılığı ortaya çıkabilir (Cawley & Talbot 2010). Bu nedenle sonraki değerlendirmelerde hiperparametre seçiminin yalnızca eğitim bölümünde yürütülmesi, test verisinin son karşılaştırmaya kadar ayrı tutulması ve veri bağımlılığını gözeten bir dış doğrulama katmanının kurulması gerekmektedir. Mevcut çapraz doğrulama sonucu, böyle bir dış değerlendirme gerçekleştirilmiş gibi yorumlanmamıştır. Tablo 6'da eğitim ve toplu çıkarım süreleri verilmiştir. İkili görevde en kısa eğitim süresi 3.78 saniye ile LR'ye aittir. LGB 9.48 saniyelik eğitim süresiyle ağaç toplulukları arasında en kısa sürede eğitilen modeldir. XGB ve RF için bu değerler sırasıyla 11.68 ve 219.65 saniyedir. Çıkarım süreleri 403.894 test kaydının tamamı içindir. Tire, süre raporlanmadığını belirtir

Tablo 5. LGB için beş katlı tabakalı çapraz doğrulama

Kat	Doğruluk	Ağırlıklı F_1
1	0.9829	0.9829
2	0.9823	0.9823
3	0.9834	0.9834
4	0.9829	0.9829
5	0.9833	0.9833
Ortalama	0.9830	0.9830

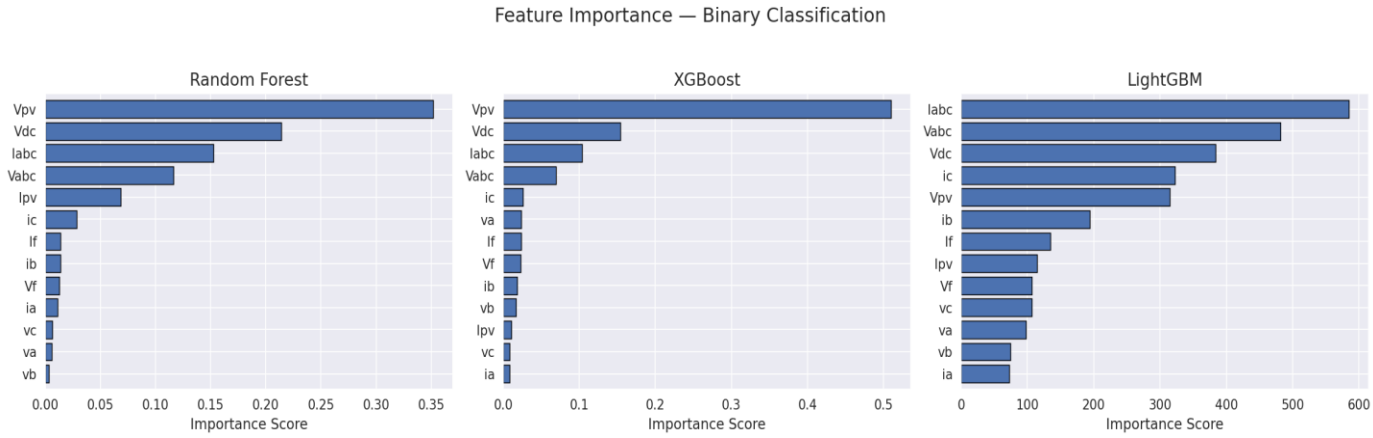
Tablo 6. Model eğitim ve toplu çıkarım süreleri

Model	İkili eğitim (s)	İkili çıkarım (s)	Çok sınıflı eğitim (s)
LR	3.78	0.011	4.03
XGB	11.68	0.192	57.23
LGB	9.48	0.956	40.06
RF	219.65	1.125	292.97
1D-CNN	-	14.38	-
LSTM	-	13.49	-

Eğitim süresi ile çıkarım süresi farklı uygulama gereksinimlerini temsil etmektedir. LGB eğitimde daha kısa süre gerektirirken XGB'nin 403,894 kayıt üzerindeki toplu çıkarım süresi 0.192 saniye ile LGB'nin 0.956 saniyelik değerinden düşüktür. Derin modeller için eğitim süreleri bulunmadığından tüm yöntemleri kapsayan bir toplam hesaplama maliyeti sıralaması yapılamamaktadır. Ayrıca donanım, yazılım sürümleri, iş parçacığı sayısı, yığın büyüklüğü ve zaman ölçümünün kapsamı belirtilmeden bu sürelerden gerçek zamanlı veya gömülü uygulama yeterliliği çıkarılamaz.

4.3. Özellik Önem Grafikleri

Şekil 5'de model bazındaki özellik önem sıralamaları gösterilmiştir. RF için V_{pv} ve V_{dc} önemleri sırasıyla 0.3518 ve 0.2138; XGB için 0.5099 ve 0.1544'tür. LGB'de bölme sayıları bakımından I_{abc} 585, V_{abc} 482 ve V_{dc} 384 ile öne çıkmaktadır. Modellerin farklı değişkenleri öne çıkarması, öğrenme yaklaşımının ve önem tanımının sıralamaya yansıdığını göstermektedir. Özellik önem ölçütleri, kullanılan bölme mekanizmasına ve değişkenlerin yapısına bağlı yanlılıklar içerebilir (Strobl vd., 2007). Ayrıca normalize önem değerleri ile ham bölme sayıları ortak bir ölçek üzerinde değildir. Bu nedenle Şekil 5, hangi değişkenlerin belirli bir modelde daha çok kullanıldığını açıklamakta; değişkenlerin nedensel etkisini veya bazı sensörlerin güvenle kaldırılabileceğini göstermemektedir. Sensör azaltımı için özellik çıkarma deneyleri ve bağımsız deneylerde performans doğrulaması gerekmektedir. Sekiz sınıflı görevde amaç, normal durum ile yedi arıza senaryosunu birbirinden ayırmaktır. F_3 ve F_4'ün diğer arıza senaryolarına göre daha düşük örnek sayısına sahip olması, ağırlıklı toplam ölçütlerin sınıflar arasındaki başarı farklarını gizleyebilmesine neden olabilir. Bu nedenle sınıf bazında duyarlılık ve F_1 ile makro F_1'in birlikte değerlendirilmesi gerekir (He & Garcia, 2009). Ancak eksiksiz sayısal çok sınıflı performans dökümü bulunmadığından modeller için nicel bir başarı sıralaması oluşturulmamıştır. Çok sınıflı eğitim süreleri de tek başına tanılama başarısının göstergesi değildir.



Şekil 5. İkili sınıflandırmada RF, XGB ve LGB modelleri için özellik önem grafikleri

Elde edilen bulgular, incelenen kayıt ayrımı altında doğrusal olmayan yöntemlerin LR'den daha yüksek sınıflandırma başarısı sağladığını göstermektedir. LSTM en yüksek ağırlıklı F_1 değerine ulaşmış, LGBM ise ağaç toplulukları arasında yüksek başarıyı daha kısa eğitim süresiyle birleştirmiştir. Buna karşılık model tercihinin yalnızca en yüksek doğruluk değerine dayandırılması yeterli değildir. Yeniden eğitim gereksinimi, çıkarım süresi, normal işletmedeki yanlış alarm oranı ve farklı deneylere aktarılabilirlik birlikte değerlendirilmelidir. Literatürde fiziksel model artıkları, denetimli sınıflandırma ve normal işletmeden öğrenen anomali tespiti farklı problem

varsayımları altında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın senaryo etiketleriyle yapılan kayıt sınıflandırması, arızanın oluşma anını çevrim içi belirleyen veya yalnızca normal verilerle eğitilen bir yöntemle aynı değerlendirme hedefini taşımamaktadır.

Çalışmanın temel sınırlılığı, yüksek frekanslı kayıtların rastgele ayrılmasından kaynaklanan deney bağımlılığıdır. Deney kimliği, işletme modu veya ortak ölçüm koşulları hedef sınıfla ilişkili olduğunda model, fiziksel arıza örüntüsünün yanında deneye özgü bilgileri de öğrenebilir. Bağımlılık yapısını gözeten doğrulama ve veri sızıntısı denetimi, performans iddiasının hedeflenen kullanım koşullarıyla uyumlu olmasını gerektirir. Etiket geçerliliği ikinci önemli sınırlılıktır. Arıza deney sırasında oluşturulmuşsa dosya kodunun tüm kayıtlara atanması, arıza öncesindeki normal davranışın da arıza sınıfında temsil edilmesine yol açabilir. Bu durumda modelin öğrendiği ayrım, anlık sağlık durumundan ziyade senaryo kimliğine yaklaşabilir. Arıza başlangıç zamanlarının ve geçiş aralıklarının doğrulanması, değerlendirme hedefinin fiziksel karşılığını netleştirecektir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, GPVS-Arıza veri kümesinin 15 dosya, 2,019466 kayıt ve 13 elektriksel özellikten oluşan alt kümesinde altı öğrenme yönteminin arıza senaryosu sınıflandırma performansı incelenmiştir. İkili görevde LSTM 0.9898 doğruluk ve ağırlıklı F_1 ile en yüksek sonuca ulaşmıştır. LGB 0.9830 ağırlıklı F_1 ve 9.48 saniyelik eğitim süresiyle ağaç tabanlı yöntemler arasında uygun bir başarı ve eğitim maliyeti dengesi sağlamıştır. Karışıklık matrisi analizi, LR'nin normal sınıfı tanımakta yetersiz kaldığını ve yalnızca doğrulukla yapılan değerlendirmenin yanıltıcı olabileceğini göstermiştir. Bulgular, elektriksel ölçümlerdeki doğrusal olmayan ilişkilerin kayıt düzeyindeki sınıflandırmada yararlı olduğunu desteklemektedir. Bununla birlikte, rastgele kayıt ayrımı, senaryo etiketlerinin anlık sağlık durumuyla eşleştirilmesi gereği ve eksik yeniden üretim ayrıntıları, sonuçların genelleme kapsamını sınırlandırmaktadır.

KAYNAKLAR

Bakdi, A., Guichi, A., Mekhilef, S., & Bounoua, W. (2020). GPVS-Faults: Experimental Data for fault scenarios in grid-connected PV systems under MPPT and IPPT modes (Sürüm 1) [Veri kümesi]. *Mendeley Data*. https://doi.org/10.17632/n76t439f65.1

Bakdi, A., Bounoua, W., Guichi, A., & Mekhilef, S. (2021). Real-time fault detection in PV systems under MPPT using PMU and high-frequency multi-sensor data through online PCA-KDE-based multivariate KL divergence. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 125, 106457. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106457

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Cawley, G. C., & Talbot, N. L. C. (2010). On over-fitting in model selection and subsequent selection bias in performance evaluation. *Journal of Machine Learning Research*, 11(70), 2079–2107. https://jmlr.org/papers/v11/cawley10a.html

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD *International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (ss. 785–794). https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Chine, W., Mellit, A., Lughi, V., Malek, A., Sulligoi, G., & Massi Pavan, A. (2016). A novel fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural networks. *Renewable Energy*, 90, 501–512. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.036

Davis, J., & Goadrich, M. (2006). The relationship between Precision-Recall and ROC curves. *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning* (ss. 233–240). https://doi.org/10.1145/1143844.1143874

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874. https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010

Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232. https://doi.org/10.1214/aos/1013203451

Garoudja, E., Harrou, F., Sun, Y., Kara, K., Chouder, A., & Silvestre, S. (2017). Statistical fault detection in photovoltaic systems. *Solar Energy*, 150, 485–499. https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.04.043

Harrou, F., Dairi, A., Taghezouit, B., Khaldi, B., & Sun, Y. (2024). Automatic fault detection in grid-connected photovoltaic systems via variational autoencoder-based monitoring. *Energy Conversion and Management*, 314, 118665. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118665

He, H., & Garcia, E. A. (2009). Learning from imbalanced data. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21(9), 1263–1284. https://doi.org/10.1109/TKDE.2008.239

Kapoor, S., & Narayanan, A. (2023). Leakage and the reproducibility crisis in machine-learning-based science. *Patterns*, 4(9), 100804. https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100804

Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T.-Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 3146–3154. https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/hash/6449f44a102fde848669bdd9eb6b76fa-Abstract.html

Kiranyaz, S., Avci, O., Abdeljaber, O., Ince, T., Gabbouj, M., & Inman, D. J. (2021). 1D convolutional neural networks and applications: A survey. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 151, 107398. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107398

Krichen, M., & Mihoub, A. (2025). Long short-term memory networks: A comprehensive survey. *AI*, *6*(9), 215.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

Mellit, A., Tina, G. M., & Kalogirou, S. A. (2018). Fault detection and diagnosis methods for photovoltaic systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 1–17. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.062

Osmani, K., Haddad, A., Lemenand, T., Castanier, B., Alkhedher, M., & Ramadan, M. (2023). A critical review of PV systems' faults with the relevant detection methods. *Energy Nexus*, 12, 100257. https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100257

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, É. (2011).Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12(85), 2825–2830. https://jmlr.org/papers/v12/pedregosa11a.html

Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Arroita, G., Hauenstein, S., Lahoz-Monfort, J. J., Schröder, B., Thuiller, W., Warton, D. I., Wintle, B. A., Hartig, F., & Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography*, 40(8), 913–929. https://doi.org/10.1111/ecog.02881

Saito, T., & Rehmsmeier, M. (2015). The precision-recall plot is more informative than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets. *PLOS ONE*, 10(3), e0118432. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118432

Silvestre, S., Chouder, A., & Karatepe, E. (2013). Automatic fault detection in grid connected PV systems. *Solar Energy*, 94, 119–127. https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.05.001

Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(56), 1929–1958. https://jmlr.org/papers/v15/srivastava14a.html

Strobl, C., Boulesteix, A.-L., Zeileis, A., & Hothorn, T. (2007). Bias in random forest variable importance measures: Illustrations, sources and a solution. *BMC Bioinformatics*, 8, 25. https://doi.org/10.1186/1471-2105-8-25

NAGIOS ALARM YÖNETİMİNDE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ BAĞLAMSAL KARAR DESTEĞİ

Kevser BOZKURT[1] / Dr. Öğr. Üyesi, Kadir TOHMA[2]

1Ericsson Araştırma Geliştirme; İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisi, Operasyon Uzmanı, kevoksosyalmedya@gmail.com, ORCİD: 0009-0006-3994-9151

[2]İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Doğal Dil İşleme ve Büyük Dil Modelleri, kadir.tohma@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2631-7810

Özet

Geleneksel sistem izleme araçları çoğunlukla statik eşiklere dayalı reaktif alarm üretir. Aynı sunucu ve servisten kısa aralıklarla gelen uyarılar birbirinden bağımsız değerlendirildiğinde operatörün olay bütünlüğünü kurması güçleşir; bu durum yanlış pozitifleri ve alarm yorgunluğunu artırabilir. Bu çalışma, Nagios tarzı izleme çıktıları üzerine gpt-4 ile çalışan bir meta-kontrol katmanı ekleyerek ham alarmı bağlamsal yorum, kök neden adayı, öncelik ve gerekçeli eylem önerisine dönüştürmektedir. Tür eşleştirmesi düzenli ifade ve anahtar sözcük kurallarıyla, doğal dil üretimi büyük dil modeli ile yapılır. Sistem eşik ve z-skor sinyallerini, son 30 dakikalık olay özetini ve web karar arayüzünü Python/Flask arka ucu ile SQLite arşivi üzerinde tek uygulama akışında birleştirmektedir. Değerlendirme betimsel bir sistem incelemesidir. Arşivde 10.216 alarm ve 10.211 gpt-4 yorumu bulunmaktadır. Eylem önerilerinde müdahale 6.244, izleme 3.944, eskalasyon 7 ve bastırma 16 kayıttır; bastırma oranı %0,157'dir. Araştırmacı beyanına göre iki işletme ortamından birleştirilen Nagios erişilebilirlik envanterinde 1.236 sunucu ve 10.365 host–servis satırı sayılmıştır; bu envanter alarm arşivi değildir. Ortalama işlem süresi 886,5 ms ölçülmüştür. Alarmların büyük bölümü simülasyon anomali türleriyle ilişkilidir. Benzersiz yorum oranı ve sunucu adının yorumda geçmesi çeşitlilik ve özgüllük göstergesidir; karar doğruluğu, yanlış pozitif azalımı veya operatör süresi kazancı bu sürümde kanıtlanmamıştır. Kural tabanlı, bağlamsız ve bağlamlı yorumu uzman etiketleriyle aynı alarmlar üzerinde karşılaştıracak bir doğrulama protokolü önerilmiştir. Ancak alarmın saptanması ile operatöre gerekçeli eylem önerisinin sunulması arasındaki geçiş, ayrıca değerlendirilmesi gereken bir karar destek katmanı gerektirir. Bu çalışma ile kaynak ölçeklendirilmesi ile bağlamsal yapıyı koruyarak etkili sonuç hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alarm yönetimi, karar desteği, büyük dil modelleri, anomali tespiti, gözlenebilirlik

CONTEXTUAL DECISION SUPPORT WITH A LARGE LANGUAGE MODEL FOR NAGIOS ALARM MANAGEMENT

Kevser BOZKURT[1] / Dr. Öğr. Üyesi, Kadir TOHMA[2]

1Ericsson Research and Development; İskenderun research and development, Computer Engineer, Operations Specialist, kevoksosyalmedya@gmail.com , ORCİD : 0009-0006-3994-9151

[2]İskenderun Technical University, Computer Engineering, Natural Language Processing and Large Language Models, kadir.tohma@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2631-7810

Abstract

Traditional monitoring tools mostly generate reactive alarms from static thresholds. When alerts from the same host and service arrive at short intervals and are judged independently, operators struggle to reconstruct event integrity; false positives and alert fatigue may increase. This study adds a gpt-4 meta-control layer on Nagios-style monitoring output and turns a raw alarm into a contextual interpretation, a root-cause candidate, a priority, and a justified action recommendation. Type matching uses regular-expression and keyword rules; natural-language generation uses a large language model. The system combines threshold and z-score signals, a 30-minute event summary, and a web decision interface in a single Python/Flask and SQLite application flow. The evaluation is a descriptive system study. The archive contains 10,216 alarms and 10,211 gpt-4 interpretations. Action recommendations comprise 6,244 interventions, 3,944 monitoring cases, 7 escalations, and 16 suppressions (0.157%). A Nagios availability inventory merged from two operator environments, according to the researcher statement, includes 1,236 hosts and 10,365 host–service rows; this inventory is not the alarm archive. The mean processing time is 886.5 ms. Most alarms are associated with simulation anomaly types. Unique wording and host-name inclusion are diversity and specificity indicators; decision accuracy, a causal reduction in false positives, and operator-time gain are not demonstrated in this version. A validation protocol is proposed to compare rule-based, context-free, and contextual interpretation against expert labels on the same alarms. However, the transition between detecting the alarm and presenting the operator with a reasoned course of action requires a separate layer of decision support that needs to be considered.

Keywords: Alarm management, decision support, large language models, anomaly detection, observability

GİRİŞ

Bilgi teknolojileri altyapılarında hizmet sürekliliği, işlemci, bellek, disk ve ağ göstergelerinin düzenli izlenmesini gerektirir. İzleme aracının metrik toplaması ile bu metriklerden operasyonel karar üretilmesi farklı problemlerdir. Duman ve Eliiyi [1], sürdürülebilir ağ yönetiminde performans metrikleri ile izleme araçlarını birlikte ele alırken; He ve diğerleri [2], güvenilirlik mühendisliğinde günlük verisinin ayrıştırılması, anomali tespiti ve tanılama arasındaki bağı sistematik biçimde açıklamaktadır. Bu çerçevede bir alarmın üretilmesi, nedeninin belirlenmesi veya önerilen müdahalenin doğrulanması anlamına gelmez.

Merkezi izleme ortamlarında aynı sunucu ve servisten kısa aralıklarla gelen uyarılar birbirinden bağımsız değerlendirildiğinde operatörün olay bütünlüğünü kurması güçleşir. Statik eşikler önemli bir başlangıç noktası olmakla birlikte geçmiş davranış, eş zamanlı uyarılar ve servis özellikleri kararın yorumlanmasını etkileyebilir. Yazıcı ve Zengin [3], merkezi izlemeyi anomali tespiti ve kapasite planlama ile birleştiren yapay zekâ destekli bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak alarmın saptanması ile operatöre gerekçeli eylem önerisinin sunulması arasındaki geçiş, ayrıca değerlendirilmesi gereken bir karar destek katmanı gerektirir.

Bu çalışma, söz konusu boşluğu Nagios tarzı izleme çıktıları üzerinde çalışan büyük dil modeli destekli bir bağlamsal karar destek sistemi ile ele almaktadır. Önerilen Nagios Meta-Kontrol katmanı, eşik ve istatistiksel anomali sinyallerini koruyarak alarm metnini, sunucu–servis bilgisini ve son 30 dakikalık olay özetini gpt-4 aracılığıyla yapılandırılmış bir yoruma dönüştürmektedir. Çıktı; alarm değerlendirmesi, kök neden adayı, öncelik, önerilen eylem ve eşik önerisini aynı şemada sunar. Tür eşleştirmesi düzenli ifade ve anahtar sözcük kurallarıyla, doğal dil üretimi ise büyük dil modeli ile yapılır. Böylece klasik izlemenin ürettiği ham alarm, operatörün okuyabileceği gerekçeli bir karar kartına bağlanır. Meta-kontrol terimi burada otomatik kapalı çevrim denetimi değil, alarm üretiminin üstünde yer alan yorumlama, önceliklendirme ve eylem önerme katmanını ifade eder.

Çalışmanın özgün katkıları üç noktada toplanabilir. Birincisi mimari katkıdır: veri toplama, anomali tespiti, büyük dil modeli ile yorumlama ve karar arayüzü tek uygulama akışında birleştirilmiştir. Bu düzen, eşik aşımını gösteren klasik izleme ile gerekçeli eylem önerisini aynı sistemde buluşturur; büyük dil modeli katmanı olmadığında yapılandırılmış yorum kartı oluşmaz. İkincisi yöntem katkısıdır: alarm türü kural tabanlı eşleştirilirken yorum, kök neden adayı, öncelik ve eylem gpt-4 ile ve yakın olay bağlamı kullanılarak üretilir. Üçüncüsü değerlendirme katkısıdır: 10.216 alarm ve 10.211 gpt-4 yorumu üzerinde eylem dağılımı, işlem süresi, metinsel çeşitlilik ve sunucu özgüllüğü açık paydalarla raporlanmış; araştırmacı beyanına göre iki işletme izleme ortamından birleştirilen erişilebilirlik envanteri betimlenmiş; kural tabanlı, bağlamsız ve bağlamlı yorumlamayı aynı alarmlar üzerinde karşılaştırmak üzere bir doğrulama protokolü tanımlanmıştır. Bu protokol uygulanmış bir deney değil, mevcut değerlendirmeyi tamamlamak için önerilen araştırma tasarımıdır.

Araştırma soruları şu şekilde sınırlandırılmıştır: Sistem, izleme verisini gerekçeli ve yapılandırılmış karar çıktısına nasıl dönüştürmektedir? Mevcut arşiv, işlem kapsamı ve öneri davranışı hakkında ne göstermektedir? Bağlamın karar doğruluğuna katkısını ve hatalı bastırma riskini ölçmek için hangi ek kanıtlar gereklidir? Çalışma bir sistem tasarımı ve betimsel durum incelemesidir; alarm doğruluğunda artış, yanlış pozitiflerde azalma veya operatör karar süresinde iyileşme sağlandığına ilişkin nedensel bir sonuç ileri sürülmemektedir.

1. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

1.1. Geleneksel ve Öğrenmeye Dayalı Günlük Analizi

Günlük analizi hattında ilk aşama, değişken alanları olay şablonlarından ayırmaktır. Drain [4], sabit derinlikli bir ağaç yapısıyla çevrim içi günlük ayrıştırmayı ele almaktadır. Bu tür bir ön işleme, farklı zamanlarda oluşan benzer olayların karşılaştırılmasını kolaylaştırır. Bununla birlikte şablon eşleştirmesi, olayın operasyonel önemini veya müdahale gerekliliğini tek başına belirlemez. Bu çalışmadaki düzenli ifade ve anahtar sözcük kuralları da benzer

biçimde alarm türünü sınıflandıran yardımcı mekanizmalardır; öğrenilmiş bir anomali modeli olarak değerlendirilmemektedir.

DeepLog [5], sistem günlüklerindeki sıralı örüntüleri derin öğrenme ile modelleyerek anomali tespiti ve tanılamayı ele almaktadır. LogAnomaly [6], günlüklerdeki sıralı ve nicel sapmaları birlikte incelemektedir. LogBERT [7] ise günlük dizilerinin bağlamsal temsilini öğrenen bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmalar, mevcut makaledeki eşik ve z-skor yaklaşımının karşılaştırılabileceği yöntem ailesini tanımlasa da görevleri doğrudan aynı değildir: burada temel araştırma nesnesi yeni bir günlük anomali sınıflandırıcısı eğitmek değil, üretilmiş alarmın karar destek amacıyla yorumlanmasıdır.

Le ve Zhang [8], derin öğrenmeye dayalı günlük anomali tespitinde veri bölme, gruplama, sınıf dengesizliği ve gürültü gibi deneysel tercihlerin değerlendirmeyi önemli ölçüde etkileyebildiğini göstermektedir. Dolayısıyla farklı çalışmalardan alınan başarı oranlarını aynı tabloda sıralamak, ortak veri ve protokol bulunmadığında yanıltıcı olabilir. Şanlıalp ve Yıldız [9] da sistem çağrısı verilerinde performans ile enerji verimliliğini birlikte değerlendirerek yalnızca doğruluğa dayalı seçimlerin eksik kalabileceğine işaret etmektedir. Bu makalede doğruluk, gecikme ve kaynak maliyetinin ayrı ölçütler olarak tasarlanmasının gerekçesi bu ayrımdır.

1.2. Büyük Dil Modelleriyle Sistem Günlüğü Yorumlama

Son çalışmalar, büyük dil modellerini günlük ayrıştırma ve yorumlamada farklı biçimlerde kullanmaktadır. DivLog [10], istem içindeki örneklerin seçimini ve bağlam içi öğrenmeyi günlük şablonu çıkarımına taşımaktadır. LILAC [11], dil modeli destekli ayrıştırmayı uyarlanabilir bir ayrıştırma önbelleğiyle birleştirmektedir. Her iki yaklaşımda da bilgi sunumunun ve tekrar kullanımının tasarımı önemlidir. Bununla birlikte bir ayrıştırma önbelleğinin başarısı, alarm için önerilen eylemin doğruluğuna doğrudan kanıt oluşturmaz; mevcut sistemde böyle bir önbelleğin uygulandığına ilişkin doğrulanmış kayıt da bulunmamaktadır.

LogPrompt [12], sıfır örnekli ve yorumlanabilir günlük analizini istem mühendisliği açısından ele almaktadır. LogRules [13], kurallar aracılığıyla büyük dil modellerinin günlük analiz yeteneğini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmalar, kurallar ile dil modeli kullanımının birbirini dışlayan seçenekler olmadığını göstermektedir. Ancak kuralın yalnızca alarm türünü belirlediği bir sistem ile kuralların modelin akıl yürütme sürecini yönlendirdiği bir sistem eşdeğer değildir. Mevcut uygulamada tür eşleştirme, doğal dil üretimi ve hata durumunda kullanılan kural şablonu ayrı işlem yolları olarak ele alınmalıdır.

LogLM [14], görev bazlı günlük analizinden talimat bazlı bir kullanım biçimine geçişi araştırmaktadır. LLM-LADE [15], anomali tespitini açıklama üretimiyle birlikte ele almakta; veri artırma ve modele uyarlama mekanizmaları içermektedir. Bu iki çalışmanın ortak önemi, açıklama üretiminin bağımsız bir değerlendirme boyutu gerektirmesidir. Mevcut uygulama, genel amaçlı bir modele alarm bağlamı sunmakta; yeni bir model eğitimi veya ince ayar çalışması bildirmemektedir. Bu nedenle elde edilen çıktıların başarısı, söz konusu yöntemlerin yayımlanmış sonuçlarıyla doğrudan sayısal olarak karşılaştırılmamıştır.

AdaptiveLog [16], küçük ve büyük dil modellerini iş birliği içinde kullanarak analiz sürecini uyarlamaktadır. Belirsizlik temelli yönlendirme, her alarm için aynı maliyetli işlem yolunu çalıştırma zorunluluğunu sorgulayan bir tasarım seçeneğidir. LogLLaMA [17] ise LLaMA tabanlı anomali tespitini model uyarlaması üzerinden incelemektedir. Bu yaklaşımlar, ileride gerçekleştirilecek maliyet ve gecikme çalışmalarına seçenek sunmaktadır; mevcut arşivde küçük model yönlendirmesi, yerel model çıkarımı veya LogLLaMA deneyinin yapıldığı varsayılmamaktadır.

1.3. Kök Neden Analizi ve Kanıta Dayalı Değerlendirme

RCACopilot [18], bulut olaylarında alarm türüne göre tanısal bilgileri bir araya getirerek büyük dil modeliyle kök neden analizi gerçekleştiren bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışma, yakın alarm geçmişinin yanında çalışma

anındaki tanısal bilginin önemini göstermesi bakımından doğrudan ilişkilidir. RCAEval [19], mikroservis sistemleri için telemetriye dayalı kök neden değerlendirmesini ortak bir kıyaslama zeminiyle ele almaktadır. Loghub [20] ise günlük analizi araştırmaları için gerçek sistemlerden toplanan veri kümeleri sağlamaktadır. Bununla birlikte açık günlük verileri, Nagios ortamındaki eylem etiketlerini veya kuruma özgü servis bağımlılıklarını kendiliğinden içermez; aktarım yapılacaksa görev uyumu ayrıca kurulmalıdır.

Dil modeli açıklamalarında akıcılık ile olgusal doğruluk aynı özellik değildir. Ji ve diğerlerinin [21] halüsinasyon derlemesi, kaynakla desteklenmeyen içerik üretiminin değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Lewis ve diğerleri [22], dış bilgiye erişimle desteklenen üretim yaklaşımını tanımlamaktadır. Bu yaklaşım, ileride onaylı işletim yönergelerinin alarm yorumuna kaynak olarak eklenmesine temel sağlayabilir. Ancak bilgi getirme mekanizması tek başına doğru müdahaleyi garanti etmez; getirilen belgenin güncelliği ve alarm ile ilişkisi de denetlenmelidir.

Liu ve diğerleri [23], uzun bağlamdaki bilginin konumunun dil modeli performansını etkileyebildiğini göstermektedir. Dolayısıyla son 30 dakikanın tamamını isteme eklemek yerine olay seçimi, sıralama ve kısaltma kararlarının değerlendirilmesi gerekir. Guo ve diğerleri [24] tarafından ele alınan kalibrasyon problemi de bu çalışmadaki güven puanına ışık tutmaktadır: modelin verdiği yüksek puan, etiketli veride doğrulanmadıkça doğru karar olasılığı olarak yorumlanamaz. Bu kaynaklar birlikte değerlendirildiğinde araştırma boşluğu, bir yorum arayüzünün bulunmasından çok, bağlamla üretilen eylemin kanıta bağlı doğrulanmasıdır.

Tablo 1. İlgili yöntem aileleri ve bu çalışmanın konumu

Yaklaşım	**Temel araştırma odağı**	**Bu çalışma bakımından anlamı**
Drain, DeepLog, LogAnomaly, LogBERT [4–7]	Ayrıştırma ve günlük anomali tespiti	Alarm üretimi ile karar desteğinin ayrı görevler olması
DivLog, LILAC [10, 11]	Bağlam içi ayrıştırma ve önbellek	Bağlam seçimi ve tekrar kullanımına tasarım örneği
LogPrompt, LogRules, LogLM [12–14]	İstem, kural ve talimatla analiz	Kural katmanı ile model katkısının ayrı ölçülmesi
LLM-LADE, AdaptiveLog, LogLLaMA [15–17]	Açıklama, uyarlama ve model iş birliği	Doğruluk, maliyet ve gecikmenin birlikte değerlendirilmesi
RCACopilot, RCAEval [18, 19]	Tanısal bağlam ve kök neden değerlendirmesi	Uzman etiketi ve olay düzeyinde kanıt gerekliliği
Mevcut çalışma	Nagios alarmından yapılandırılmış eylem önerisi	Betimsel uygulama bulguları; karşılaştırmalı doğrulama henüz yok

2. MATERYAL VE YÖNTEM

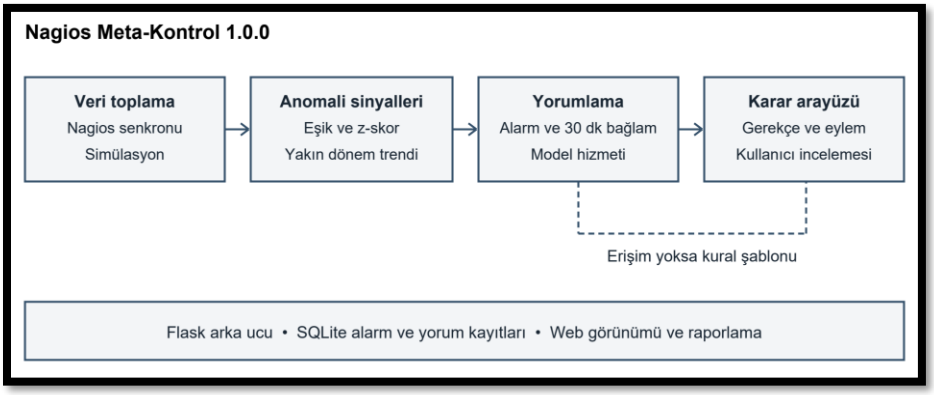
2.1. Araştırma Tasarımı ve Kanıt Kapsamı

Çalışma, geliştirilen Nagios Meta-Kontrol 1.0.0 uygulamasının yapılandırmasını, arşiv kayıtlarını, arayüz çıktılarını ve iki izleme ortamından birleştirilmiş bir Nagios erişilebilirlik envanterini birlikte değerlendiren betimsel bir sistem incelemesidir. Alarm ve yorum sayıları SQLite arşivinden; host–servis erişilebilirlik yüzdeleri ise envanter satırlarından alınmıştır. Ortam etiketleri araştırmacı beyanına dayanır; yüzdeler ölçülen tam sayılardan hesaplanmıştır.

Kanıtlar dört düzeyde ele alınmıştır. Arşiv özetleri kayıt hacmini ve öneri dağılımını; ekran görüntüleri belirli bir oturumdaki görünür alanları ve kullanıcı etkileşimlerini; Nagios erişilebilirlik envanteri iki dökümün birleşik ve ayrıştırılmış host–servis süre yüzdelerini; önerilen doğrulama protokolü ise henüz ölçülmemiş başarı boyutlarını temsil etmektedir. Uygulanan değerlendirme, arşiv sayımları, erişilebilirlik envanteri, çeşitlilik/sunucu adı/kritik kalıp göstergeleri ve arayüz işlev gözlemleriyle sınırlıdır. Bir ekranda alanın bulunması, arka plandaki her kaydın aynı işlem yolundan geçtiğini göstermez. Özellikle model adı etiketi, tek başına başarılı bir dış servis çağrısının kanıtı sayılmamıştır.

2.2. Sistem Mimarisi ve İşlem Akışı

Uygulama Python/Flask arka ucu, SQLite veritabanı ve web arayüzünden oluşmaktadır. Veri toplama katmanı sunucu ve servis mesajlarını ortak alarm alanlarına dönüştürmektedir. Anomali katmanı yapılandırılabilir eşikleri, standartlaştırılmış sapmayı ve yakın dönem davranışını değerlendirmektedir. Dil modeli katmanı alarmı açıklama, öncelik ve eylem alanlarıyla yorumlamaktadır. Karar arayüzü ise yorumları, alarm durumlarını ve raporları kullanıcıya sunmaktadır. Şekil 1, sistem bileşenlerini ve işlem yollarını özetlemektedir.



Şekil 1. Sistem mimarisi. Kesikli yol, dış model hizmetine erişilemediğinde kullanılabilen kural şablonunu göstermektedir. Eylemler öneri niteliğindedir; otomatik müdahale doğrulanmamıştır.

Alarm nesnesinin sunucu, servis, zaman, şiddet, metrik, eşik ve ham mesaj alanları, yorum ile kaynak olay arasında izlenebilirlik kurulmasını sağlar. İstem, bu alanlara son 30 dakikalık alarm ve metrik özetini eklemektedir. Ancak geçmişten hangi kayıtların seçildiği, özetin uzunluğu ve aynı olayın tekrarlarının nasıl elendiği burada ayrıntılandırılmamıştır. Bu nedenle bağlam işleme mekanizması bir uygulama tercihi olarak açıklanmış, yeniden üretilebilirliği tamamlanmış bir algoritma olarak sunulmamıştır.

2.3. Veri Kaynakları ve Anomali Sinyalleri

Veri toplama, simülasyon ile Nagios senkronizasyonunu içeren karma bir yapıdadır. Yapılandırma dosyasında 58 sunucu tanımlanmış; son senkron kaydında 59 sunucu ve 830 servis okunmuştur. Alarm arşivinde ise 17 farklı sunucu ve 42 servis/tür bulunmaktadır. Erişilebilirlik katmanı bunlardan ayrıdır. Araştırmacı beyanına göre

birinci Nagios dökümü Türk Telekom izleme ortamına aittir; birleşik döküm, bu listeye sonradan eklenen Türkcell proje sunucularını da içerir. Türkcell tarafındaki birkaç servis uygulama yapılandırmasına da eklenmiştir; eklenen uygulama servis sayısı ayrı bir günlük alanında sayılmamıştır.

Sunucu adları yayımlanmamıştır. Birinci döküm dosyası başlık ve Average satırı dahil 10.216 satırdır; Average hariç 1.215 sunucu ve 10.214 host–servis satırı vardır. Birleşik döküm 10.367 satırdır; Average hariç 1.236 sunucu ve 10.365 satır, benzersiz servis adı 2.232'dir.

İki listenin farkı 21 sunucu ve 151 satırdır; bu 151 satırın tamamı birleşik listede olup birinci dökümde yoktur. Ek kümede 19 benzersiz servis adı vardır; bunlardan üçü birinci dökümde geçmez. Birleşik envanter alarm arşivi değildir. Birinci dökümün 10.216 satırlık dosya boyutu ile 10.216 alarmlık arşiv toplamı sayıca çakışır; bu çakışma eşleştirme değildir ve iki sayı toplanamaz. Dosyalarda rapor dönemi yoktur; yüzdeler takvim aralığına bağlanamaz. 58–59 sunucu ile 830 servis, birleşik listenin bir alt kümesi olarak okunmalıdır; 21 ek sunucunun veya 151 satırın tamamının uygulamaya aktarıldığı gösterilmemiştir. Yapılandırılmış bir servisin alarm üretmemesi mümkündür.

Metrik arşivi 10.02.2026–07.09.2026 döneminde 212.364 kayıt, yorum arşivi 21.06.2026–07.09.2026 döneminde 10.211 kayıt içermektedir. Alarmların %98,7'si simülasyon anomali türleriyle, %1,3'ü Nagios benzeri servis adlarıyla ilişkilendirilmiştir. Özgün kayıtlarda bu ayrım adlandırma aileleriyle kurulmuştur: memory_anomaly, cpu_anomaly ve network_latency_anomaly gibi türler simülasyon grubunda; check_disk_usage, check_cpu_usage ve check_invalid_procedures gibi servis adları ise Nagios benzeri grupta yer almaktadır. Sınıflandırma adlandırmaya dayandığından %1,3'lük bölüm doğrulanmış gerçek saha verisi olarak kabul edilmemiştir. Gerçek veri ile simülasyonun ayrı doğruluk veya gecikme sonuçları, kayıt düzeyinde kaynak alanı ayrılmadığı için hesaplanamamaktadır.

Tablo 2. Uygulama yapılandırması ve yeniden üretilebilirlik bilgileri

Bileşen	Değer	**Açıklama**
İşlemci eşikleri	Uyarı %70; kritik %85	Eşiklerin uygulandığı örnekleme sıklığı belirtilmemiştir
Bellek eşikleri	Uyarı %75; kritik %90	Sunucu bazlı uyarlama bilgisi bulunmamaktadır
Disk eşikleri	Uyarı %80; kritik %95	İstatistiksel alarm şiddetiyle birleştirme kuralı açık değildir
Ağ gecikmesi	Uyarı 100 ms; kritik 500 ms	Ölçüm hedefi ve yoklama aralığı ayrıntılandırılmalıdır
İstatistiksel sapma	Mutlak z-skor > 2,5	En az 30 nokta; referans pencere ve sıfır varyans işlemi belirsizdir
Hareketli ortalama	10 örnek	Hızlı artış ölçütünün karar eşiği tanımlanmamıştır
Simülasyon	Anomali 0,05; zincir olay 0,02	Olasılıkların uygulandığı birim ve rastgelelik tohumu verilmemiştir
Dil modeli	gpt-4; sıcaklık 0,3; üst sınır 1.000 token	Tam model sürümü ve istek kayıtları mevcut değildir
Bağlam ve çıktı	Son 30 dakika; JSON şeması	Seçme/kısaltma kuralı ve şemanın tam tanımı paylaşılmamıştır

Standartlaştırılmış sapma, gözlenen metrikten referans ortalamanın çıkarılıp referans standart sapmaya bölünmesiyle elde edilen z-skorla ifade edilir. Karar koşulu mutlak z-skorun 2,5'i aşmasıdır. On örnekli hareketli ortalama ise yakın dönem düzeyini özetlemektedir. Bununla birlikte ortalama ve standart sapmanın hesaplandığı referans kümesi, güncel örneğin bu kümeye dahil edilip edilmediği ve trend sinyalinin eşik sinyaliyle nasıl birleştirildiği açık değildir. Bu ayrıntılar burada tamamlanmış yöntem varsayımı olarak eklenmemiştir.

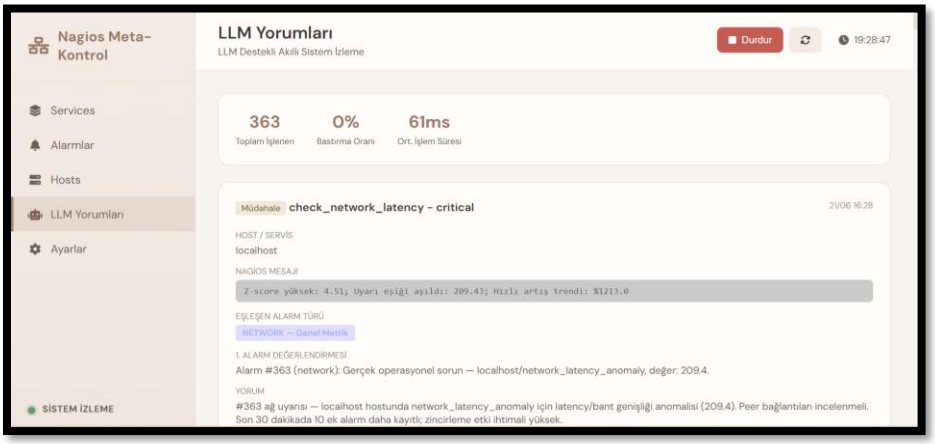
2.4. Dil Modeli ile Yorumlama ve Kural Yolu

Çalışmada OpenAI uygulama programlama arayüzü üzerinden gpt-4 kullanılmış; sıcaklık 0,3, yanıt uzunluğu üst sınırı 1.000 token ve yanıt biçimi JSON şeması olarak sabitlenmiştir. Düzenli ifade ve anahtar sözcük kuralları bellek, disk, TCP/HTTP, Oracle ve geçersiz prosedür mesajlarını sınıflandırmaktadır. Modelden alarm değerlendirmesi, kök neden adayı, öncelik, önerilen eylem ve eşik önerisi istenmektedir. Kök neden alanı bu çalışmada doğrulanmış neden değil, araştırılacak aday açıklama anlamındadır.

Eylem alanı izle, müdahale, eskalasyon ve bastırma kategorilerinden oluşmaktadır. Dış hizmet kullanılamadığında aynı çıktı yapısı kural şablonlarıyla doldurulabilmektedir. Bu nedenle uygulama başarısız çağrılarda boş sonuç üretmek zorunda değildir; buna karşılık yalnızca toplam yorum sayısı üzerinden model hizmetinin başarı oranı hesaplanamaz. Gerçek model çağrısı, kural geri dönüşü, önbellek kullanımı varsa önbellek yanıtı ve yeniden işleme kayıtlarının ayrı işaretlenmesi gerekmektedir.

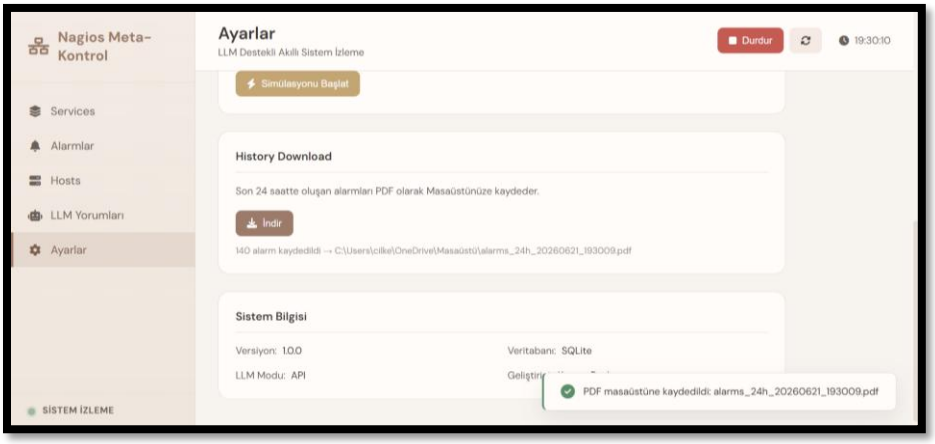
2.5. Arayüz ve İşlevsel Gözlemler

Web arayüzünde Services, Alarmlar, Hosts, LLM Yorumları ve Ayarlar menüleri bulunmaktadır. Services menüsü özet metrikleri, son alarmları ve karar özetini; servis detayı ise Nagios durum alanlarını ve durdurma panelini sunmaktadır. Yorum kartları, ham alarm metni ile açıklamayı aynı görünümde sunmaktadır. Şekil 2'de ağ gecikmesi alarmı, z-skor bilgisi ve geçmiş alarm bağlamının yorumda kullanıldığı görülmektedir. Sunucu adının açıklamaya aktarılması gözlenebilir bir metin özelliğidir; geçmişteki olayların doğru yorumlandığını veya önerilen eylemin uygunluğunu kanıtlamaz.



Şekil 2. Özgün yorum arayüzü. 363 yorum ve 61 ms göstergeleri bu ekran kaydının görünümüne aittir; arşiv toplamını veya doğrulanmış model çıkarım süresini temsil ettiği varsayılmamıştır.

Ayarlar ekranında eşik değerlerinin kaydedilmesi, simülasyonun başlatılması ve son 24 saatlik alarm geçmişinin raporlanması için alanlar bulunmaktadır. Şekil 3'te sürüm 1.0.0, model modu API ve veritabanı SQLite bilgileri ile 140 alarmlık rapor indirme bildirimi yer almaktadır. Aynı indirme oturumunda çıktının 21.06.2026 tarihinde üretildiği ve 14 sayfa olduğu görülmüştür. Hosts menüsünde yapılandırılmış sunucu kartları listelenmekte; kartlardan erişilen paneller işlemci, bellek, disk ve ağ değerlerini göstermektedir. Alarmlar menüsünde durum, seviye ve zaman süzgeçleri ile anomali tetikleme ve "Alarm çözüldü" bildirimi bulunmaktadır. Özgün bir liste görünümünde işlenen yorum sayacı 9.983 olarak okunmuştur; bu değer günlük veya oturum kapsamına aittir ve 10.211'lik arşiv toplamının yerine kullanılmamıştır. Diğer özgün kayıtlarda 334 alarm için 334 yorumun yeniden işlendiği mesajı görülmektedir. Tablo 3 bu arayüz gözlemlerini arşiv toplamlarından ayırmaktadır. Bu bulgular işlevsel etkileşimleri belgelemekte; çağrı başarısı, veri bütünlüğü veya karar doğruluğunun uçtan uca testi yerine geçmemektedir.



Şekil 3. Özgün ayarlar ve raporlama görünümü. Sistem bilgileri ve rapor bildirimi arayüz kanıtıdır; arşivdeki her yorumun üretim kaynağını doğrulamaz.

Tablo 3. Arayüzde belgelenen işlevler ve oturum sayımları

Gözlem	Görülen değer	Kapsam
Eşik formu kaydı	"Eşik değerleri güncellendi" bildirimi	Ayarlar oturumu
24 saatlik rapor	140 alarm; 14 sayfa; 21.06.2026	History Download çıktısı
Yorum yenileme	334 alarm / 334 yorum	Tek çalıştırma
Yorum oturumu A	363 yorum; %0 bastırma; 61 ms	Şekil 2 ekranı
Yorum oturumu B	334 yorum; %0 bastırma; 6 ms	İkinci yorum ekranı
Alarm listesi sayacı	9.983 işlenen yorum	Günlük/oturum görünümü
Alarm durum alanları	requires_action; monitoring; çözüldü	Liste ve 24 saatlik rapor

3. BULGULAR

3.1. Kayıt Kapsamı ve Kaynak Ayrımı

Tablo 4, envanter, metrik ve alarm sayımlarını farklı paydalarla sunmaktadır. Alarm sayısı ile yorum sayısı arasındaki fark beştir. Bu toplamların oranı 10.211/10.216 = %99,95'tir. Bu değer yorum/alarm sayı oranıdır; kayıt düzeyinde bire bir eşleştirme yapılmadığından eşsiz alarmların yorumlanma kapsamı veya başarılı model çağrısı oranı olarak yorumlanmamalıdır. Eksik, tekrarlı veya yeniden işlenmiş kayıtların etkisi kimlikler üzerinden incelenmelidir.

Tablo 4. Arşiv ve envanter kapsamı

Gösterge	Değer	**Kapsam**
Yapılandırılan sunucu	58	Yapılandırma dosyası
Son senkron sunucu / servis	59 / 830	Senkronizasyon görünümü
Birleşik erişilebilirlik envanteri	1.236 sunucu / 10.365 satır	Average hariç; iki dökümün birleşimi; alarm arşivi değil
Türk Telekom dökümü (beyan)	1.215 sunucu / 10.214 satır	Average hariç; birleşik listenin alt kümesi
Eklenen küme (Türkcell projesi, beyan)	21 sunucu / 151 satır	Yalnızca birleşik listede
Döküm dosya satırı (başlık+Average)	10.216 (Türk Telekom) / 10.367 (birleşik)	Arşivdeki 10.216 alarmla karıştırılmamalı
Alarmdaki sunucu / servis veya tür	17 / 42	Alarm arşivinin çeşitliliği
Metrik kayıtları	212.364	10.02.2026–07.09.2026
Alarm / yorum sayısı	10.216 / 10.211	Yorum dönemi 21.06.2026–07.09.2026
Simülasyon türü / Nagios benzeri ad	%98,7 / %1,3	Adlandırma temelli; kaynak doğrulaması yok
Gerçek ve simülasyon alt küme sonuçları	Hesaplanamadı	Kayıt düzeyinde kaynak alanı gerekli

Mevcut alarm dağılımı simülasyon ağırlıklı bir değerlendirmeye işaret etmektedir. Bunun sonucu yalnızca genelleme sınırı değildir: alarm şiddeti ve öneri dağılımı da simülasyon üretim kurallarından etkilenebilir. Kaynak başına alarm sayısı, şiddet dağılımı ve eylem sonucu ayrılmadan gerçek işletim ortamındaki beklenen davranış tahmin edilemez. Bu nedenle %98,7 ve %1,3 oranlarından yaklaşık tam sayılar türetilmemiş; iki alt kümeye ait doğruluk sonuçları oluşturulmamıştır.

Erişilebilirlik envanteri bu sınırlılığı tamamlar ama alarm doğruluğunun yerine geçmez. Birleşik listenin Average satırında OK %96,399, uyarı %2,572, bilinmeyen %0,723 ve kritik %0,268'dir. Aynı dört yüzde, Average hariç 10.365 satırın ağırlıksız satır ortalamasının üç ondalığa yuvarlanmasıyla elde edilmiştir; özet sunucu eşit ağırlıklı değildir. 9.641 satır (%93,01) %100 OK'tir. En az bir uyarı 386 satırda (%3,72), en az bir kritik 292 satırda (%2,82), uyarı/kritik/bilinmeyen birlikte 720 satırda (%6,95) görülür. Kritik süre 132 sunucuda (%10,68) vardır. 890 sunucuda (%72,01) bütün servisler %100 OK'tir. Satırların 3.879'u dosya sistemi (%37,42), 1.214'ü bellek, 1.210'u işlemci ve 1.143'ü CORE kontrolüdür; CHECK_ önekli satır 2.813'tür (%27,14). Kritik süre görülen 292 satırda en sık aile CHECK_URL'dir (86); uyarı görülen 386 satırda dosya sistemi (117) ve bellek (116) öndedir. Birinci dökümde (1.215 sunucu / 10.214 satır) ağırlıksız ortalama OK %96,417, uyarı %2,540, bilinmeyen %0,733 ve kritik %0,270'tir. Eklenen 151 satırda ortalama OK %95,19'dur; 12 satırda (%7,95) uyarı veya kritik

süre vardır (10 uyarı, 2 kritik, 0 bilinmeyen). Ek kümede 9 sunucuda uyarı, 2 sunucuda kritik süre görülür. Bu ayrım izleme kapsamını genişletir; 10.216 alarmlık arşivin hangi ortamdan geldiğini veya yorum doğruluğunu göstermez. Tablo 5 bu sayıları alarm arşivinden ayrı tutar.

Tablo 5. Nagios erişilebilirlik envanteri (birleşik liste; Average satırı hariç)

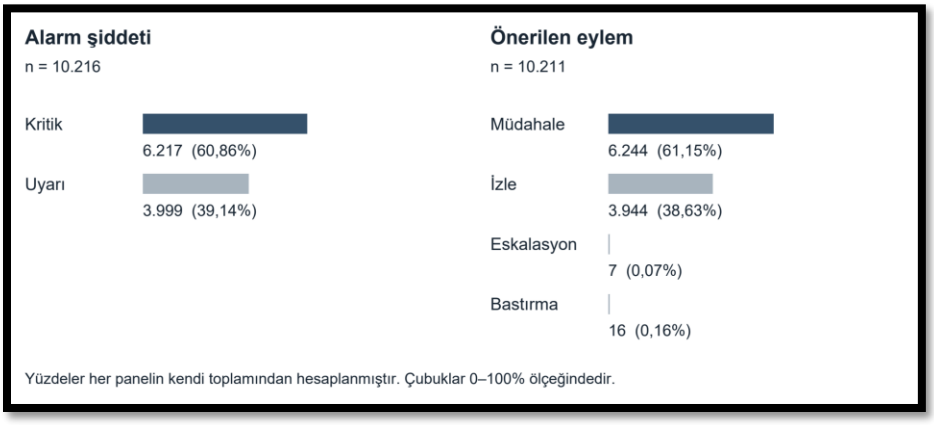
Gösterge	Değer	Kapsam
Birleşik sunucu sayısı	1.236	Average özeti hariç
Host–servis satırı	10.365	Yinelenen çift yok
Benzersiz servis adı	2.232	Ad çeşitliliği
Average OK / uyarı / bilinmeyen / kritik	%96,399 / %2,572 / %0,723 / %0,268	Dosyadaki özet; OK–kritik ortalaması doğrulandı
%100 OK satır	9.641 / 10.365; %93,01	Uyarı ve kritik 0
En az bir uyarı	386 / 10.365; %3,72	Süre yüzdesi > 0
En az bir kritik	292 / 10.365; %2,82	Süre yüzdesi > 0
En az bir sorun (uyarı/kritik/bilinmeyen)	720 / 10.365; %6,95	Satır düzeyi
Kritik süre görülen sunucu	132 / 1.236; %10,68	Host düzeyi
Tüm servisi %100 OK sunucu	890 / 1.236; %72,01	Host düzeyi
FILESYSTEM / MEMORY / CPU / CORE	3.879 / 1.214 / 1.210 / 1.143	Satır sayımı
CHECK_ önekli satır	2.813 / 10.365; %27,14	Ad öneki
Türk Telekom dökümü	1.215 sunucu / 10.214 satır	Average hariç; birleşik alt küme
Birinci döküm OK / uyarı / bilinmeyen / kritik	%96,417 / %2,540 / %0,733 / %0,270	10.214 satır; ağırlıksız ortalama
Eklenen küme	21 sunucu / 151 satır	19 benzersiz ad; 3 yeni ad
Ek kümede sorun satırı	12 / 151; %7,95	10 uyarı, 2 kritik, 0 bilinmeyen

3.2. Alarm Şiddeti ve Eylem Dağılımları

Arşivde 6.217 kritik ve 3.999 uyarı alarmı ölçülmüştür. Bunlar toplam alarm sayısının sırasıyla %60,86 ve %39,14'ünü oluşturmaktadır. Yorumlarda 6.244 müdahale, 3.944 izle, 7 eskalasyon ve 16 bastırma önerisi bulunmaktadır. Eylem kategorileri toplamı 10.211'dir. Şekil 4, bu sayımlardan yeniden çizilmiştir; yeni bir deneyin çıktısı değildir. Alarm şiddeti ile eylem kategorisinin ortak dağılımı verilmediğinden, kritik alarmların tamamına müdahale önerildiği sonucuna ulaşılamaz.

Tablo 6. Betimsel göstergeler ve yorum sınırları

Gösterge	**Sonuç**	**Bilimsel yorum**
Müdahale önerisi	6.244/10.211; %61,15	Öneri dağılımı; doğruluk ölçütü değildir
İzle önerisi	3.944/10.211; %38,63	İzleme tercihi; gereksiz alarm etiketi değildir
Eskalasyon önerisi	7/10.211; %0,069	Nadir sınıf; ayrıca değerlendirilmelidir
Bastırma önerisi	16/10.211; %0,157	Bastırma oranı; yanlış pozitif azalması değildir
Benzersiz yorum	10.194/10.211; %99,83	Metinsel çeşitlilik; anlamsal doğruluk değildir
Yorumda sunucu adı geçmesi	%100	Sözcüksel eşleşme; bağlam doğruluğu değildir
Kritik disk/bellek alt kümesi	39/44; %88,64	Müdahale/eskalasyon kalıp uyumu; uzman etiketi yok
Ortalama güven puanı	0,78	Kalibre edilmemiş model öz değerlendirmesi



Şekil 4. Arşiv sayımlarından hesaplanan alarm şiddeti ve eylem dağılımları. Panellerin paydaları farklıdır: alarm için 10.216, yorum için 10.211. Küçük eylem sınıfları ayrıca sayısal olarak gösterilmiştir.

Benzersiz yorum sayısı ile toplam yorum sayısı arasında 17 fark bulunmaktadır. Ancak benzersizlik hesabında kullanılan metin normalizasyonu veya özetleme yöntemi belirtilmediğinden, küçük sözcük değişimlerinin ayrı yorum sayılma olasılığı dışlanamaz. Benzer biçimde sunucu adının tüm yorumlarda geçmesi, isim alanının istemden yanıta taşındığını gösterebilir; bağlamın karara katkısını tek başına göstermez. Bu göstergeler, dil modeli olmayan bir kontrol kolu bulunmadığı için modelin kurala göre üstünlüğünün kanıtı olarak kullanılmamıştır.

Kritik disk/bellek kalıplarıyla ilişkilendirilen 44 mesajın 39'unda müdahale veya eskalasyon önerisi ölçülmüştür. Kalan beş kayıt, beklenen kalıpla uyuşmayan kararların incelenmesi için adaydır. Bununla birlikte kayıt içerikleri ve uzman değerlendirmeleri bulunmadığından beşinin de yanlış karar olduğu söylenemez. Aynı sınırlılık bastırma önerileri için de geçerlidir: 16 bastırmanın güvenli veya hatalı olduğu, yalnızca toplam sayısından belirlenemez.

3.3. Süre Ölçümleri ve Ekran Bulgularının Ayrılması

Arşiv için ortalama 886,5 ms, ortanca 765 ms ve yüzde 90'lık dilim 1.058 ms ölçülmüştür. Buna karşılık özgün ekranlarda 61 ms ve 6 ms ortalama işlem süresi göstergeleri görülmektedir. Aynı iki yorum ekranında bastırma oranı %0 olarak okunmuştur; bu anlık görünüm, arşivdeki 16/10.211 = %0,157 bastırma oranının yerine kullanılmamalıdır. Tablo 7, değerleri aynı performans serisine dönüştürmeden birlikte sunmaktadır. Çağrı, kuyruk, veri hazırlama, kural geri dönüşü ve kayıt okuma süreleri ayrıştırılmadığından 886,5 ms değeri yalnızca arşiv işlem süresi olarak adlandırılmıştır.

Tablo 7. Süre göstergeleri ve ölçüm belirsizliği

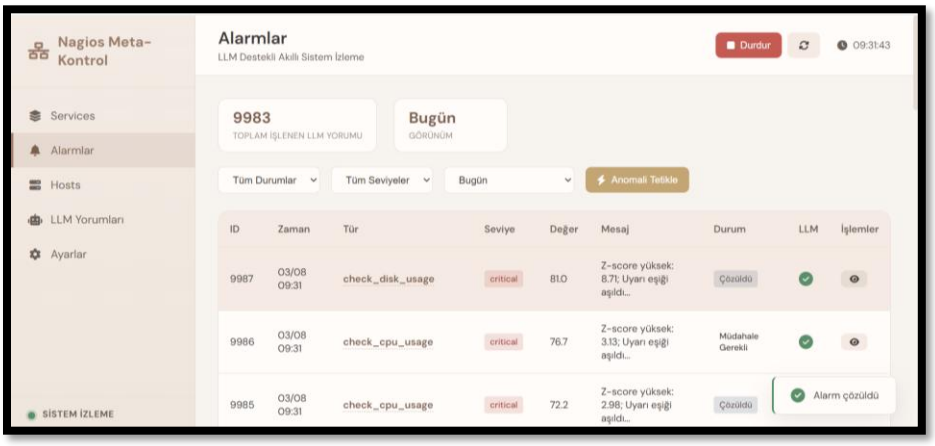
Gösterge	Değer	Mevcut kanıtın sınırı
Arşiv ortalaması	886,5 ms	Başlangıç/bitiş noktaları ve kapsanan yollar açıklanmamıştır
Arşiv ortancası / p90	765 / 1.058 ms	Aynı ölçüm serisine aittir; ham dizi paylaşılmamıştır
Yorum ekranı, 363 kayıt	61 ms; %0 bastırma	Oturum, filtre veya işlem yolu kapsamı doğrulanmamıştır
Diğer yorum ekranı, 334 kayıt	6 ms; %0 bastırma	Model çağrısı, geri dönüş veya kayıt okuma ayrımı bilinmemektedir

Bu farklar tek başına tutarsız bir yazılım davranışını kanıtlamaz; farklı ölçüm kapsamlarıyla açıklanabilir. Ancak böyle bir açıklama şu anda varsayımdır. Saf model çıkarımının 6 ms'de tamamlandığı, önbelleğin belirli hız kazancı sağladığı veya arşiv ortalamasının uçtan uca gecikmeyi temsil ettiği ileri sürülmemektedir. Sürelerin karşılaştırılabilir olması için aynı alarm grubunda tek zamanlayıcı tanımı ve işlem yolu etiketi gereklidir.

3.4. İncelenmesi Gereken Karar ve Sunum Örnekleri

Ekran görüntüleri bazı doğrulama sorularını görünür kılmaktadır. Ağ gecikmesi örneğinde 209,4 ms değer ve 4,51 z-skoru bulunmakta; yorum, son 30 dakikada 10 ek kaydın zincirleme olasılığını yükselttiğini belirtmektedir. Bu 10 kaydın aynı olay grubuna ait olduğu ayrıca doğrulanmamıştır. Şekil 5'teki alarm listesinde disk kullanımı %81,0 ve z-skor 8,7; işlemci kullanımı %76,7 ve z-skor 3,13 ile %72,2 ve z-skor 2,98 olan kritik kayıtlar görülmektedir. 24 saatlik raporda bellek kullanımı %58,82 ve z-skor 3,90 olan bir kritik satır da yer almaktadır. Statik kritik eşikler disk için %95, işlemci için %85 ve bellek için %90 olduğundan, bu atamalar tek başına eşik aşımıyla açıklanamaz. Bu örnekler bir hata hükmü değil, üç sinyalin şiddete nasıl dönüştürüldüğünün açıklanması gereken durumlardır.

Özgün bir yorum kartında geçersiz prosedür kalıbı, Nagios benzeri bir servis adıyla eşleşmiş ve kural katmanının tür ataması olarak görülmüştür. Ham mesaj içeriği yayımlanmamıştır. Rapor ve liste satırlarında requires_action, monitoring ve çözüldü durumları birlikte bulunmaktadır; bu alanlar eylem önerisinden ayrı bir kayıt durumudur.



Şekil 5. Özgün alarm listesi ve çözümleme bildirimi. Disk ve işlemci örnekleri ile 9.983 işlenen yorum sayacı bu ekran kaydına aittir; arşiv toplamını temsil etmez.

Tablo 8. Özgün kayıtlardan türetilen doğrulama soruları

Gözlem	Çıkarılabilecek sınırlı sonuç	Gerekli ek kanıt
Ağ 209,4 ms; z-skor 4,51; yorumda 10 ek kayıt	İstatistiksel sapma ve bağlam cümlesi gösterilmiştir	10 kaydın kimlikleri ve uzman eylem etiketi
Disk %81,0; z-skor 8,7; kritik	Statik kritik eşik %95'in altındadır	Birleşik karar kuralı ve referans pencere
İşlemci %76,7; z-skor 3,13 ve %72,2; z-skor 2,98; kritik	Statik kritik eşik %85'in altında kritik atama	Aynı kuralın işlemci için doğrulanması
Bellek %58,82; z-skor 3,90; kritik	Statik kritik eşik %90'ın altında kritik atama	24 saatlik rapor satırının ham kaydı
44 kritik kalıpta 39 uygun yönlü öneri	Beş kayıt ayrıntılı inceleme adayıdır	Kayıt içerikleri ve bağımsız uzman kararı
16 bastırma önerisi	Bastırma davranışı nadirdir	Her kayıt için bastırılabilirlik ve sonraki olay sonucu
Geçersiz prosedür kalıbı, Nagios benzeri ad	Kural tabanlı tür eşlemesi görünür	Yayımlanabilir anonim kayıt özeti

4. TARTIŞMA , SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. TARTIŞMA

4.1.1. Katkının Yorumu ve Geçerlik Sınırları

Mevcut bulgular, alarm bilgisi ile yapılandırılmış doğal dil yorumunun tek arayüzde sunulabildiğini ve sistemin yüksek kayıt hacmi için betimsel özetler ürettiğini göstermektedir. Eşik kaydı, 140 alarmlık 14 sayfalık rapor, 334/334 yorum yenileme ve çözümleme bildirimi işlevsel etkileşimi belgelemektedir. Anlık yorum ekranlarında görülen %0 bastırma, 363 ve 334 kayıtlı oturumlara aittir; arşivdeki %0,157 oranının yerine kullanılmamalıdır. Statik eşiğin altında kalan ancak kritik atanan disk, işlemci ve bellek örnekleri, üç sinyalin birleştirilme kuralının açık yazılmasını gerektirmektedir. Buna karşılık %99,83 benzersiz yorum oranı, %100 sunucu adı geçmesi ve %88,64 kritik kalıp uyumu farklı gözlem türleridir. Bunların tek bir doğruluk göstergesi altında birleştirilmesi uygun değildir. Dil modeli katkısının gösterilmesi için L0–L1 ve K–L1 karşılaştırmaları gereklidir; mevcut veriler bu karşılaştırmaları içermemektedir. Nagios erişilebilirlik envanteri araştırmacı beyanına göre iki işletme ortamını birleştirir: birinci dökümde 1.215 sunucu / 10.214 satır, eklenen kümede 21 sunucu / 151 satır, birleşikte 1.236 sunucu / 10.365 satır vardır. Birleşik Average satırındaki %96,399 OK oranı yeniden hesaplanarak doğrulanmıştır. Birinci döküm dosyasının 10.216 satırı, 10.216 alarmlık arşivle karıştırılmamalıdır.

RCACopilot ve RCAEval ile ilişki, alarmdan tanısal bilgiye ve kök neden değerlendirmesine geçiş noktasındadır [18, 19]. Mevcut sistem daha sınırlı bir kanıt düzeyindedir: yakın alarm özeti ve yorum kartları bulunmaktadır; bağımsız kök neden etiketi, kapsamlı servis bağımlılık bilgisi ve ortak kıyaslama deneyi bulunmamaktadır. Bu ayrım, çalışmanın katkısını azaltan bir söylem tercihi değil, yöntemlerin farklı görevler ve kanıt düzeyleri üzerinden doğru konumlandırılmasıdır.

İç geçerliği sınırlayan başlıca unsurlar, kontrol kolunun bulunmaması ve model ile kural geri dönüşünün kayıt düzeyinde ayrıştırılmamasıdır. Yapı geçerliği açısından metin benzersizliğinin doğruluk yerine kullanılması uygun değildir. Dış geçerlik, simülasyon ağırlığı ve alarm arşivinde işletme/kaynak alanının ayrılmamış olmasıyla sınırlıdır. Erişilebilirlik dökümleri araştırmacı beyanına göre iki ortamdan birleştirilmiştir; bu ayrım alarm ve yorum kayıtlarına taşınmamıştır. Yeniden üretilebilirlik ise tam istem, sürümlenmiş kod, ham ölçüm dizileri, bağlam seçme kuralları ve rastgelelik tohumlarının yokluğundan etkilenmektedir. Ayrıca yalnızca alarm kayıtları üzerinden anomali dedektörünün duyarlılığı hesaplanamaz; alarm üretmeyen normal ve anormal durumların da etiketlenmesi gerekir.

4.1.2. Sistemin Geliştirilmesine Yönelik Tasarım Önerileri

İlk geliştirme önceliği daha uzun açıklamalar üretmek değil, öneriyi dayandığı kanıtla ilişkilendirmektir. Her yorumda kullanılan alarm ve metrik kimliklerinin gösterilmesi; kök neden cümlelerinin gözlem, çıkarım ve doğrulanması gereken varsayım olarak ayrılması önerilmektedir. Onaylı işletim yönergelerini getiren bir bilgi erişim katmanı, önerinin kaynağını görünür kılabilir [22]. Yönerge sürümü, geçerlilik tarihi ve ilgili servis bilgisi saklanmalı; kaynaksız bir müdahale cümlesi doğrulanmış prosedür gibi sunulmamalıdır.

İkinci öncelik bağlamın seçilmesidir. Aynı olayın tekrarlayan alarmlarının gruplanması, servis ilişkileriyle bağlantısız kayıtların elenmesi ve kritik olayların istem içinde açık biçimde işaretlenmesi araştırılmalıdır. Uzun bağlamın konum etkileri dikkate alınarak [23], yalnızca zaman penceresi büyütülmemeli; kısa ve uzun bağlam seçenekleri ortak etiketli kümede karşılaştırılmalıdır. Bu geliştirmeler mevcut uygulamada gerçekleştirilmiş özellikler değildir.

Üçüncü öncelik işlem maliyeti ile hata riskini birlikte yönetmektir. Sık tekrar eden ve kurallarla açık biçimde çözümlenebilen alarmların ayrılması, belirsiz örneklerin daha güçlü modele yönlendirilmesi ve önbelleğin sürümlü anahtarlarla kullanılması değerlendirilebilir [11, 16]. Ancak bu tasarımın getirisi, çağrı sayısı ve gecikme

azalırken kritik hata oranının değişmediğini gösteren ölçümlerle doğrulanmalıdır. Operasyonel müdahale ve eşik değişikliği gibi eylemlerde insan onayı, işlemin kapsamı ve geri alma kaydı ayrıca tasarlanmalıdır. Mevcut çalışmada otomatik müdahalenin güvenli olduğu gösterilmemiştir.

4.2. SONUÇ

Bu çalışmada büyük dil modeli destekli meta-kontrol katmanı, 10.216 alarm ve 10.211 gpt-4 yorumu üzerinde işletilmiştir. Ortalama işlem süresi 886,5 ms'dir (ortanca 765 ms; p90 1.058 ms). Arşivde benzersiz yorum oranı %99,83 (10.194/10.211), yorumda sunucu adı geçme oranı %100 bulunmuştur. Bu iki gösterge, host–servis bağlamı ve alarm metni ile üretilen çıktının bağlama özel olacağına ilişkin hipotezi çeşitlilik ve özgüllük boyutunda desteklemektedir. Kritik disk ve bellek Nagios mesajlarında müdahale veya eskalasyon önerisi oranı %88,64 (39/44) ölçülmüştür. Eylem dağılımı izle 3.944, müdahale 6.244, eskalasyon 7 ve bastırma 16'dır; bastırma oranı %0,157'dir.

Bu sayılar sistemin ürettiği yorum ve öneri davranışını göstermektedir. Erişilebilirlik envanteri araştırmacı beyanına göre iki izleme ortamını birleştirir (1.215 + 21 sunucu; 10.214 + 151 satır); bu sayımlar alarm arşivi değildir. Yanlış pozitif azalımının nedensel kanıtı, kök neden cümlelerinin uzman doğruluğu ve operatör karar süresi kazancı bu sürümde ölçülmemiştir. Benzersiz yorum ve sunucu adı geçmesi metinsel çeşitlilik ile özgüllük göstergeleridir; eylem doğruluğu yerine kullanılmamıştır. %88,64 değeri, sınırlı bir kritik kalıp alt kümesinde öneri yönü uyumudur; uzman onayı değildir. Veri setinin %98,7'sinin simülasyon anomali türlerinden oluşması genelleme sınırıdır. Gelecek çalışmalarda uzman etiketli değerlendirme, kural-yalnız kontrol kolu ve operatör süresi A/B deneyi önerilir.

KAYNAKLAR

[1] İ. Duman, U. Eliiyi, "Sürdürülebilir Ağ Yönetimi için Performans Metrikleri ve İzleme Araçları", Bilişim Teknolojileri Dergisi, cilt 14, sayı 1, ss. 37–51, 2021. doi: 10.17671/gazibtd.780504

[2] S. He, P. He, Z. Chen, T. Yang, Y. Su, M.R. Lyu, "A Survey on Automated Log Analysis for Reliability Engineering", ACM Computing Surveys, cilt 54, sayı 6, ss. 1–37, 2021. doi: 10.1145/3460345

[3] A. Yazıcı, A. Zengin, "Merkezi İzleme Yazılımı ile Anomali Tespiti ve Yapay Zekâ Destekli Kapasite Planlama: AIOps Odaklı Bir Yaklaşım", Journal of Smart Systems Research, cilt 7, sayı 1, ss. 16–29, 2026. doi: 10.58769/joinssr.1891109

[4] P. He, J. Zhu, Z. Zheng, M.R. Lyu, "Drain: An Online Log Parsing Approach with Fixed Depth Tree", IEEE International Conference on Web Services (ICWS), ss. 33–40, 2017. doi: 10.1109/icws.2017.13

[5] M. Du, F. Li, G. Zheng, V. Srikumar, "DeepLog: Anomaly Detection and Diagnosis from System Logs through Deep Learning", ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS), ss. 1285–1298, 2017. doi: 10.1145/3133956.3134015

[6] W. Meng ve diğerleri, "LogAnomaly: Unsupervised Detection of Sequential and Quantitative Anomalies in Unstructured Logs", 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), ss. 4739–4745, 2019. doi: 10.24963/ijcai.2019/658

[7] H. Guo, S. Yuan, X. Wu, "LogBERT: Log Anomaly Detection via BERT", International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), ss. 1–8, 2021. doi: 10.1109/ijcnn52387.2021.9534113

[8] V.H. Le, H. Zhang, "Log-based anomaly detection with deep learning: how far are we?", 44th International Conference on Software Engineering (ICSE), ss. 1356–1367, 2022. doi: 10.1145/3510003.3510155

[9] İ. Şanlıalp, M. Yıldız, "Sistem Çağrısı Verilerinde Derin Öğrenme Mimarileri Kullanılarak Anomali Tespitinin Değerlendirilmesi: Performans ve Enerji Verimliliği", Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 29, sayı 2, ss. 388–396, 2025. doi: 10.19113/sdufenbed.1655066

[10] J. Xu, R. Yang, Y. Huo, C. Zhang, P. He, "DivLog: Log Parsing with Prompt Enhanced In-Context Learning", 46th International Conference on Software Engineering (ICSE), ss. 1–12, 2024. doi: 10.1145/3597503.3639155

[11] Z. Jiang ve diğerleri, "LILAC: Log Parsing using LLMs with Adaptive Parsing Cache", Proceedings of the ACM on Software Engineering, cilt 1, sayı FSE, ss. 137–160, 2024. doi: 10.1145/3643733

[12] Y. Liu, S. Tao, W. Meng, F. Yao, X. Zhao, H. Yang, "LogPrompt: Prompt Engineering Towards Zero-Shot and Interpretable Log Analysis", 46th International Conference on Software Engineering, Companion Proceedings, ss. 364–365, 2024. doi: 10.1145/3639478.3643108

[13] X. Huang, T. Zhang, W. Zhao, "LogRules: Enhancing Log Analysis Capability of Large Language Models through Rules", Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2025, ss. 452–470, 2025. doi: 10.18653/v1/2025.findings-naacl.28

[14] Y. Liu ve diğerleri, "LogLM: From Task-Based to Instruction-Based Automated Log Analysis", IEEE/ACM International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice (ICSE-SEIP), ss. 401–412, 2025. doi: 10.1109/icse-seip66354.2025.00041

[15] Z. Zhang, S. Li, L. Zhang, J. Ye, C. Hu, L. Yan, "LLM-LADE: Large language model-based log anomaly detection with explanation", Knowledge-Based Systems, cilt 326, makale 114064, 2025. doi: 10.1016/j.knosys.2025.114064

[16] L. Ma ve diğerleri, "AdaptiveLog: An Adaptive Log Analysis Framework with the Collaboration of Large and Small Language Model", ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, cilt 35, sayı 5, ss. 1–42, 2026. doi: 10.1145/3749840

[17] Z. Yang, I.G. Harris, "LogLLaMA: Transformer-based log anomaly detection with LLaMA", International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), ss. 1–8, 2025. doi: 10.1109/ijcnn64981.2025.11227209

[18] Y. Chen ve diğerleri, "Automatic Root Cause Analysis via Large Language Models for Cloud Incidents", 19th European Conference on Computer Systems (EuroSys), ss. 674–688, 2024. doi: 10.1145/3627703.3629553

[19] L. Pham, H. Zhang, H. Ha, F. Salim, X. Zhang, "RCAEval: A Benchmark for Root Cause Analysis of Microservice Systems with Telemetry Data", Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2025, ss. 777–780, 2025. doi: 10.1145/3701716.3715290

[20] J. Zhu, S. He, P. He, J. Liu, M.R. Lyu, "Loghub: A Large Collection of System Log Datasets for AI-driven Log Analytics", IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE), ss. 355–366, 2023. doi: 10.1109/issre59848.2023.00071

[21] Z. Ji ve diğerleri, "Survey of Hallucination in Natural Language Generation", ACM Computing Surveys, cilt 55, sayı 12, ss. 1–38, 2023. doi: 10.1145/3571730

[22] P. Lewis ve diğerleri, "Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks", Advances in Neural Information Processing Systems, cilt 33, 2020. Yayın kaydı

[23] N.F. Liu ve diğerleri, "Lost in the Middle: How Language Models Use Long Contexts", Transactions of the Association for Computational Linguistics, cilt 12, ss. 157–173, 2024. doi: 10.1162/tacl_a_00638

[24] C. Guo, G. Pleiss, Y. Sun, K.Q. Weinberger, "On Calibration of Modern Neural Networks", Proceedings of Machine Learning Research, cilt 70, ss. 1321–1330, 2017. Yayın kaydı

BİR ÇELİK BORU ÜRETİCİSİNDE KURUMSAL BİLGİ ASİSTANININ AŞAMALI GELİŞİMİ: VEKTÖR ARAMASINDAN ÇOK AŞAMALI VE ÇOK MODELLİ RAG MİMARİSİNE

Morteza REZAEI[1]/ Dr. Öğr. Üyesi, Kadir TOHMA[2]

[1]İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Doğal Dil İşleme ve Büyük Dil Modelleri, mortezarezaei950@gmail.com, ORCID: 0009-0001-3619-9766

[2]İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Doğal Dil İşleme ve Büyük Dil Modelleri, kadir.tohma@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2631-7810

Özet

Kalite prosedürleri, uluslararası ürün standartları ve iç talimatlar gibi kurumsal belgelere doğru ve kaynaklı erişim, imalat işletmelerinde bilgi yönetiminin süregelen sorunlarındandır. Bu çalışmada, Türkiye'de faaliyet gösteren bir çelik boru üreticisi için geliştirilen geri getirme destekli üretim (RAG) tabanlı kurumsal asistanın Mayıs–Ekim 2026 arasındaki gelişimi incelenmektedir. Tasarım bilimi araştırması yaklaşımıyla yürütülen bu sistem geliştirme çalışmasında sürüm kontrol geçmişi, tasarım belgesi, kaynak kod, birim testleri ve kullanıcı geri bildiriminden türetilen değerlendirme setleri veri kaynağı olarak kullanılmıştır. RAG bileşenlerine ilişkin 103 değişiklik kaydı (commit) on tematik aşamaya ayrılmış; her aşama, kayıtlarda kanıt bulunan ölçüde sorun, kök neden, denenen ve bırakılan yöntem ile seçilen çözümün gerekçesi açısından çözümlenmiştir. Yalnız yoğun vektör aramasına dayanan çift hatlı ilk sürüm zamanla vektör, tam metin ve tam eşleşme sonuçlarını karşılıklı sıra birleştirmesiyle (RRF) bütünleştiren hibrit bir yapıya dönüşmüştür. Sisteme kaynak yetersizse cevap üretmeyen bir kanıt kapısı, günlük dili belge diline çeviren sorgu planlayıcı ve kanıt eleştirmeni, Türkçe–İngilizce terim köprüsü, tablo bütünlüğünü koruyan öğe tabanlı parçalama ve sorgu anında tablo kurtarma eklenmiştir. Kişisel veri maskeleme, yetki tabanlı ön filtreleme ve istem enjeksiyonu savunması mimarinin yapısal parçaları hâline gelmiştir. İncelenen on dört hata türünden dokuzunun dil modelinden değil, belge ayrıştırma, parçalama, sıralama, veritabanı sorgu planı ve altyapı katmanlarından kaynaklandığı görülmüştür. Kullanıcı geri bildirimleri düzeltmelerle birlikte değerlendirme maddelerine dönüştürülmüş; eşiğin altında kalan sonucu başarısız sayan kalite kapıları eklenmiştir. Sonuçta metin gömme modeli, çok kipli büyük dil modeli, belge okumada görsel model ve konuşma tanıma modelinin görev paylaştığı çok aşamalı ve çok modelli bir mimariye ulaşılmıştır. Aynı indeks üzerinde 25 karar maddesiyle yapılan karşılaştırmada doğru kaynağı getirme ya da doğru biçimde reddetme oranı, ilk sürüme yakın yapılandırmada %84 iken güncel hatta %92–96'ya yükselmiş, kapsam dışı soruların tamamı reddedilmiştir. Çalışma, sanayide benzer asistan geliştiren ekiplere aşama aşama karar gerekçeleri sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Geri getirme destekli üretim, Kurumsal bilgi yönetimi, Hibrit arama, Çelik boru imalatı, Tasarım bilimi araştırması

STAGED DEVELOPMENT OF AN ENTERPRISE KNOWLEDGE ASSISTANT AT A STEEL PIPE MANUFACTURER: FROM VECTOR SEARCH TO A MULTI-STAGE, MULTI-MODEL RAG ARCHITECTURE

Morteza REZAEI[1]/ Asst. Prof. Dr., Kadir TOHMA[2]

[1]İskenderun Technical University, Computer Engineering, Natural Language Processing and Large Language Models, mortezarezaei950@gmail.com, ORCID: 0009-0001-3619-9766

[2]İskenderun Technical University, Computer Engineering, Natural Language Processing and Large Language Models, kadir.tohma@iste.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2631-7810

Abstract

Accurate, source-backed access to corporate documents such as quality procedures, product standards and internal instructions is a persistent knowledge-management problem in manufacturing. This study examines how a retrieval-augmented generation (RAG) based assistant developed for a steel pipe manufacturer in Türkiye evolved between May and October 2026. Following a design science research approach, the study draws on version-control history, a design document, source code, unit tests and feedback-derived evaluation sets. The 103 commits that modified RAG components were grouped into ten thematic phases, each analysed, as far as the records allow, by problem, root cause, abandoned methods and the rationale for the chosen solution. A dual-pipeline first release relying only on dense vector search became a hybrid design fusing vector, full-text and exact-match results through reciprocal rank fusion (RRF). An evidence gate that withholds answers when sources are insufficient, a query planner with an evidence critic, a Turkish–English terminology bridge, element-based chunking that preserves tables, and query-time table recovery were added. Personal-data masking, permission-based pre-filtering and prompt-injection defences were built in. Nine of the fourteen failure types examined originated not in the language model but in document parsing, chunking, ranking, the database query plan and infrastructure. User feedback was turned into evaluation items alongside the fixes, and threshold-based quality gates were added. The outcome is a multi-stage, multi-model architecture in which a text-embedding model, a multimodal large language model, a vision model for document reading and a speech-recognition model share the work. On the same index, the share of 25 decision items for which the correct source was retrieved or the question was correctly refused rose from 84% in a configuration close to the first release to 92–96% in the current pipeline, and all out-of-scope questions were refused. The study offers phase-by-phase design rationale for similar industrial assistants.

Keywords: Retrieval-augmented generation, Enterprise knowledge management, Hybrid retrieval, Steel pipe manufacturing, Design science research

GİRİŞ

İmalat işletmelerinde üretimin sürekliliği, belgelerdeki bilgiye gereken anda ve yetkili kişilerce erişilebilmesine bağlıdır. Nonaka'nın (1994) kurumsal bilgi yaratımı kuramında açık bilgi olarak nitelenen bu birikim, çelik boru üretiminde kalite yönetim sistemi prosedürleri, uluslararası ürün standartları (EN, API, ASTM gibi), müşteri şartnameleri, sertifikalar, insan kaynakları talimatları ve toplantı kayıtlarından oluşur. Bu belgelerin bir kısmı İngilizce, onları kullanan çalışanların soruları ise çoğunlukla Türkçedir. Teknik bilgi düz metnin yanı sıra tablolarda, formüllerde ve madde numaralı hükümlerde yer alır. Erişim de herkese açık değildir; belgeye kimin, hangi koşulla ulaşabileceğini departman yetkileri belirler; kişisel veri içeren belgelerde buna kişisel verilerin korunması yükümlülüğü eklenir.

Büyük dil modelleri (LLM) doğal dilde soru sorma olanağı sunsa da kaynağa dayanmayan, akıcı ama yanlış çıktılar üretebilmeleri, yani halüsinasyon (Ji vd., 2023), kurumsal kullanımın önündeki temel engellerden biridir. Geri getirme destekli üretim (retrieval-augmented generation, RAG), bilgiyi modelin parametreleri dışında, aranabilir bir indekste tutar ve cevabı bu indeksten getirilen pasajlara dayandırır (Lewis vd., 2020); getirilen pasajlar cevabın kaynağı olarak kullanıcıya da gösterilebilir. Alan yazında RAG'ın basit (naif) biçimden gelişmiş ve modüler biçimlere evrildiği (Y. Gao vd., 2023), alana özgü bilgi gereksinimlerinde üretilen içeriğin doğruluğunu ve ilgililiğini artıran bir çözüm olarak ele alındığı görülmektedir (Murtiyoso vd., 2025). Endüstriyel bağlamda akıllı üretim ve Endüstri 5.0 için bilgi grafiği ile vektör getirmeyi birleştiren hibrit çerçeveler (Arazzi vd., 2025; Wan vd., 2025), endüstriyel protokol belgelerinde farklı RAG stratejilerinin karşılaştırılması (Medeiros vd., 2025), uzun endüstriyel belgeler için hiyerarşik ve çok kipli parçalama (Shin vd., 2025) ve endüstriyel belge üretiminde getirme destekli istem öğrenme (Shi vd., 2025) RAG'ın endüstriyel kullanımına örnektir.

Anılan çalışmaların çoğu son mimariyi ve bir kıyaslama kümesindeki başarımı raporlar. Buna karşılık, kullanıma alınmış bir sistemin gerçek kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda adım adım nasıl değiştiği, hangi yöntemlerin neden bırakıldığı ve hataların hangi katmanlarda yoğunlaştığı daha az belgelenmiştir. Barnett vd. (2024) üç farklı alandaki RAG uygulamasından edindikleri deneyimle bu sistemlerin yedi başarısızlık noktasını tanımlamıştır. Bu bildiri, Türkçe–İngilizce karışık teknik belgelerin ve kişisel veri kısıtlarının bulunduğu bir imalat ortamından boylamsal bir gelişim anlatısı sunarak bu boşluğun doldurulmasına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Çalışmanın amacı, bir çelik boru üreticisinin kurumsal asistanının ilk çalışan sürümünden bugünkü çok aşamalı ve çok modelli RAG mimarisine nasıl ulaştığını, her aşamada hangi sorunun hangi gerekçeyle nasıl çözüldüğünü kanıta dayalı olarak ortaya koymaktır. Bu amaçla dört araştırma sorusu (AS) belirlenmiştir: **AS1:** Asistanın gelişimini hangi sorun sınıfları yönlendirmiş, bu sorunların kök nedenleri hangi katmanlarda yer almıştır? **AS2:** Denenen ve bırakılan yöntemler hangi gerekçelerle değiştirilmiştir? **AS3:** Halüsinasyon, yetkilendirme ve kişisel verilerin korunması gereksinimleri mimariye hangi yapısal denetimlerle yansımıştır? **AS4:** Kullanıcı geri bildirimi değerlendirme ve öğrenme döngüsüne nasıl bağlanmıştır?

Bildirinin katkıları şunlardır: (i) beş ay boyunca canlı ortamda çalışan bir sistemin, değişiklik kayıtlarıyla denetlenebilir aşama aşama gelişim anlatısı; (ii) on dört sınıflı bir hata taksonomisi ve bunun Barnett vd. (2024) başarısızlık noktalarıyla eşlenmesi; (iii) Türkçe soru ile İngilizce standart arasında köprü kuran indeks ve sorgu deseni; (iv) tablo bütünlüğü için çıkarıcı düzeltmesi ile sorgu anında kaynaktan yeniden okumayı birleştiren iki katmanlı yaklaşım; (v) kişisel verilerin korunmasına yönelik teknik denetimlerin ve sınırlarının açıkça raporlanması; (vi) "çok modelli RAG" kavramının kod incelemesine dayanarak tanımlanması ve sistemin çok modelli yapıya geçişinin izlenmesi; (vii) güncel sorgu hattının, ilk sürüme ve birleşik motora yakın yapılandırmalarla aynı indeks üzerinde karşılaştırmalı ölçümü. Bildirinin geri kalanında önce kuramsal çerçeve, ardından yöntem verilmekte; bulgular aşamalar, güncel mimari, çok modelli yapının oluşumu, bırakılan yöntemler, hata taksonomisi, değerlendirme altyapısı ve karşılaştırmalı ölçüm başlıklarında sunulmakta; son bölümde bulgular alan yazınla tartışılmaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Geri Getirme Destekli Üretim

Lewis vd. (2020) RAG'ı, önceden eğitilmiş bir üretici modelin (parametrik bellek) yoğun vektör dizinine dayalı bir getiriciyle (parametrik olmayan bellek) birleştirilmesi olarak tanımlamıştır. Çalışma, önceden eğitilmiş dil modellerinde kararların kaynağını göstermenin (provenance) ve dünya bilgisini güncellemenin açık sorunlar olduğunu belirterek parametrik olmayan bir bellekle birleştirilmiş üretici modeli bu sorunlara bir çözüm yolu olarak önermiş; parametrik olmayan belleğin değiştirilmesiyle modelin bilgisinin yeniden eğitim gerekmeden güncellenebildiğini de göstermiştir. Y. Gao vd. (2023) RAG sistemlerini üç evrede sınıflandırır: belgeyi parçalayıp en benzer parçaları modele veren *naif RAG*; getirme öncesinde sorguyu dönüştüren ve getirme sonrasında yeniden sıralayan *gelişmiş RAG*; arama, bellek, yönlendirme, kestirim ve görev uyarlayıcı gibi bileşenlerin değiştirilebilir modüller olarak düzenlendiği *modüler RAG*. Bu çalışmada incelenen asistan, naif ile gelişmiş RAG arasında bir ara biçimde başlamış (bk. 3.2) ve beş ay içinde sorgu dönüştürme, yeniden sıralama ve ayrı yapılandırılabilen bileşenler içeren bir yapıya ulaşmıştır. RAG halüsinasyonu tümüyle ortadan kaldırmaz: Barnett vd. (2024), cevabı belgelerde bulunmayan ama içerikle ilişkili sorularda sistemin yine de cevap vermeye yönlendirilebildiğini, ayrıca doğru belgenin getirilememesi ya da bağlama girmemesi gibi başarısızlık noktalarını tanımlamıştır. Bu nedenle kurumsal sistemlerde getirme kalitesi kadar "kaynak yoksa cevap verme" davranışı da tasarım hedefidir.

1.2. Sözcüksel, Yoğun ve Hibrit Getirme

Sözcüksel getirmenin temsilcisi BM25, terim sıklığı ve belge uzunluğu normalizasyonuna dayanan olasılıksal bir sıralama işlevidir (Robertson ve Zaragoza, 2009). Yoğun getirme ise soru ve pasajı aynı vektör uzayına gömerek anlamsal benzerlikle arar; iki kodlayıcılı yoğun getirmenin açık alan soru-cevapta sözcüksel aramayı geçebildiği gösterilmiştir (Karpukhin vd., 2020). Çok dilli ortamlar için bilgi damıtmayla çok dilli hâle getirilmiş cümle gömme modelleri (Reimers ve Gurevych, 2020) ve zayıf denetimli karşıtsal (contrastive) ön eğitimle elde edilen E5 ailesi ile çok dilli sürümü (L. Wang vd., 2022, 2024) bu amaçla kullanılabilecek seçenekler arasındadır. Bununla birlikte BEIR kıyaslamasında BM25'in alan dışı genellemede güçlü bir temel olduğu, yeniden sıralama tabanlı ve geç etkileşimli modellerin ise ortalamada en iyi sonuçları verdiği raporlanmıştır (Thakur vd., 2021). Standart numarası, madde kodu ve çelik sınıfı adı gibi tam eşleşme gerektiren ifadelerin yoğun olduğu teknik belgelerde bu bulgu, iki yaklaşımı birleştiren hibrit getirmeyi gerekçelendirir.

Farklı getiricilerin sıralamalarını birleştirmede karşılıklı sıra birleştirmesi (reciprocal rank fusion, RRF), puanların ölçeğini değil yalnızca sıra numaralarını kullanan basit bir yöntemdir; her aday için $\Sigma\ 1/(k + \text{sıra})$ toplamı hesaplanır ve yöntemin tek tek sistemlerden ve Condorcet birleştirmesinden tutarlı biçimde daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir (Cormack vd., 2009). Büyük vektör kümelerinde aramayı ölçeklemek için hiyerarşik gezinilebilir küçük dünya (HNSW) grafiği yaklaşık en yakın komşu araması sağlar (Malkov ve Yashunin, 2020). pgvector eklentisi PostgreSQL'e vektör veri türünü ve bu dizini ekler; böylece vektörler ilişkisel veriyle aynı veritabanında tutulabilir (pgvector, t.y.). PostgreSQL'in tam metin araması ise *tsvector* belgeleri üzerinde *ts_rank* gibi sıralama işlevleri sunar (PostgreSQL Global Development Group, t.y.); bu işlev BM25 ile aynı değildir ve bu ayrım bulgular bölümünde ayrıca belirtilmiştir.

1.3. Sorgu Dönüştürme, Yeniden Sıralama ve Düzeltici RAG

Kullanıcının günlük dille sorduğu soru ile belgedeki resmî ifade arasındaki boşluk, sorgunun getirmeden önce dönüştürülmesini gerektirir. Ma vd. (2023) sorgu yeniden yazımını RAG hattına ayrı bir adım olarak eklemiş; L. Gao vd. (2023) ise modelin ürettiği varsayımsal bir cevap belgesinin gömmesiyle arama yapan HyDE yöntemini önermiştir. Medeiros vd. (2025) endüstriyel protokol belgelerinde temel RAG, sorgu ayrıştırma ve HyDE stratejilerini farklı modellerle karşılaştırmıştır. Getirme sonrasında aday pasajların yeniden sıralanması için sorgu

ile pasajı birlikte işleyen BERT tabanlı bir model önerilmiş ve o dönemin en iyi sonuçları elde edilmiştir (Nogueira ve Cho, 2019); büyük dil modellerinin aday listesini doğrudan sıralayan liste tabanlı yeniden sıralayıcı olarak kullanılabildiği de gösterilmiştir (Sun vd., 2023).

Düzeltici RAG yaklaşımlarında getirilen belgelerin yeterliliği değerlendirilir ve gerekirse ek arama ya da düzeltme yapılır. CRAG, getirilen belgelerin kalitesini puanlayan hafif bir değerlendirici ile düzeltici eylemleri tetikler (Yan vd., 2024); Self-RAG ise modelin ne zaman getirme yapacağına ve kendi çıktısını eleştirmeye yansıtma belirteçleriyle (reflection tokens) karar vermesini öğretir (Asai vd., 2024). Bağlama konan pasajların sayısı ve sırası da önemlidir: ilgili bilgi uzun bağlamın ortasında kaldığında model başarımının düştüğü gösterilmiştir (N. F. Liu vd., 2024).

1.4. Belge Yapısı, Parçalama ve Tablolar

Sabit uzunluklu parçalama, bölüm sınırlarını, tabloları ve başlık hiyerarşisini bozarak bilgi kaybına yol açabilir. Shin vd. (2025) uzun endüstriyel belgelerde görsel ayrıştırma, optik karakter tanıma (OCR) ve LLM ile bölüm hiyerarşisini çıkaran hiyerarşik ve çok kipli bir parçalama hattı önermiş; Pesl vd. (2026) API belirtimlerinin (OpenAPI) parçalanmasında farklı stratejilerin getirme doğruluğuna etkisini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Hiyerarşik anlamsal dizinleme (Yang ve Wang, 2026) ve parçaları özyinelemeli olarak özetleyip ağaç biçiminde getiren RAPTOR (Sarthi vd., 2024) yapıyı korumaya yönelik diğer yaklaşımlardır. Her parçaya, gömme ve sözcüksel dizinleme öncesinde o parçaya özgü bağlam metninin eklenmesi "bağlamsal getirme" olarak adlandırılmıştır (Anthropic, 2024). Tablolar ise düz metinden farklı bir yapı taşıdığından ayrı ele alınmayı gerektirir; tablo üzerinde soru-cevap için özel olarak ön eğitilmiş modellerin geliştirilmesi bu farkın bir göstergesidir (Herzig vd., 2020).

1.5. Güvenilirlik, Güvenlik ve Kişisel Verilerin Korunması

RAG sistemleri, getirdikleri belgelerdeki talimatlarla yönlendirilmeye açıktır: Greshake vd. (2023) getirilen veriye gömülü talimatlarla LLM entegre uygulamaların ele geçirilebildiğini (dolaylı istem enjeksiyonu) göstermiştir. Carlini vd. (2021) GPT-2 üzerinde, eğitim verisindeki ad, telefon ve e-posta gibi (kamuya açık) kişisel bilgiler dâhil metin dizilerinin sorgulama yoluyla çıkarılabildiğini göstermiştir. Bu bulgu doğrudan RAG'a ilişkin olmasa da, dış bir servise gönderilen kişisel verinin en aza indirilmesini gerekçelendiren dolaylı bir kanıt olarak değerlendirilmiştir. Türkiye'de kişisel verilerin işlenmesi 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu ile düzenlenmektedir (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, 2016). Düzenleyici metinler üzerinde izlenebilir ve düşük halüsinasyonlu RAG tasarımı (Ali vd., 2026) güvenilirliğin mühendislik boyutuna örnektir. Değerlendirme açısından RAGAs sadakat, cevap alakası ve bağlam alakası gibi referanssız ölçütler önerir (Es vd., 2024). RAG'ın getirme adımından kaynaklanan gecikmeyi azaltmak için dinamik bilgi önbellekleme de kurumsal uygulamalarda önerilmektedir (Khaliq ve Adebayo, 2026).

1.6. Endüstriyel RAG Uygulamaları ve Çalışmanın Konumu

Endüstriyel alandaki LLM destekli bilgi erişimi çalışmalarının bir kısmı yapılandırılmış bilgiyi bilgi grafiğiyle temsil eder: akıllı üretimde meta veriyle zenginleştirilmiş bilgi grafiği ile vektör getirme (Wan vd., 2025), Endüstri 5.0'da bilgi grafiği ile gömme tabanlı getirmenin birleşimi (Arazzi vd., 2025) ve otomotiv çipi üretiminde LLM ile zenginleştirilmiş nedensel bilgi grafiği (S. Liu vd., 2026) bunlara örnektir. Güç ekipmanı durum değerlendirmesinde sorgu yeniden yazımı ile hiyerarşik ve küresel getirmenin birleştirilmesi (Ye vd., 2025) ve endüstriyel parti süreçlerinde deterministik kurallarla LLM'in birlikte kullanıldığı karar destek mimarisi (González-Potes vd., 2026) da endüstriyel LLM uygulamalarına örnektir. Bu çalışma iki açıdan ayrışır: incelenen sistem bilgi grafiği yerine ilişkisel meta veri, hafif parça ilişkileri ve yapılandırılmış kurum verisi kullanır; çalışmanın odağı da son mimariden çok, mimariye götüren karar dizisidir.

1.7. Bu Çalışmada "Çok Modelli RAG" Kavramı

"Çok modelli" ifadesi alan yazında farklı anlamlarda kullanıldığından bu çalışmadaki kapsamı baştan tanımlanmıştır. Burada çok modelli RAG, farklı görev ve kiplere hizmet eden model ailelerinin aynı sistem içinde iş bölümü yaptığı ve bunların ayrı ayrı yapılandırılabildiği bir RAG sistemini ifade eder. İncelenen sistemde bu aileler şunlardır: parça ve sorguları vektöre çeviren *metin gömme modeli*; sorgu planlama, yeniden sıralama, kanıt eleştirisi ve cevap üretimini yürüten, cevap sırasında kaynak görsellerini de girdi olarak alabilen *çok kipli büyük dil modeli*; taranmış ya da metin katmanı bozuk sayfaları okuyan *görsel model*; toplantı kayıtlarını metne döken *konuşma tanıma modeli*. Kavram, "her RAG aşamasında ayrı bir LLM" anlamına gelmez: güncel kodda planlayıcı, yeniden sıralayıcı, eleştirmen ve cevap üretici aynı istek kapsamlı sohbet modeliyle çağrılmaktadır. Sistem aynı zamanda *çok kiplidir*: metin, tablo ve görsel öğeleri ayrı ayrı işler. Model ailelerinin görevleri ve zaman içindeki değişimi bulgular bölümünde ayrıca tablolaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Çalışma, tasarım bilimi araştırması (design science research) yaklaşımıyla kurgulanmıştır. Hevner vd. (2004) bu yaklaşımı, bir sorunu çözmek üzere yapıt (artifact) geliştirilmesi ve yapıtın yinelemeli olarak değerlendirilip iyileştirilmesi olarak tanımlar. Peffers vd. (2007) süreci altı etkinlikte toplar: sorunun tanımlanması, çözüm hedeflerinin belirlenmesi, tasarım ve geliştirme, gösterim, değerlendirme ve iletişim. Bu çalışmada sorun, giriş bölümünde tanımlanan kurumsal bilgiye erişim güçlüğüdür; çözüm hedefi, birleşik motorun tasarım belgesinde "cevap vermeden önce doğru kaynağı bul; doğru kaynak yoksa dürüstçe cevap verme" ilkesiyle ifade edilmiştir; tasarım ve geliştirme on tematik aşamada gerçekleşmiş; gösterim canlı kullanım ve kullanıcı geri bildirimleriyle, değerlendirme kalite kapıları, birim testleri ve karşılaştırmalı ölçümle (3.16) yapılmış; iletişim bu bildiriyle sağlanmaktadır. Çalışma, geliştirilen yapıtın (kurumsal RAG asistanı) tasarım ve değerlendirme döngülerinin geliştirme kayıtları üzerinden geriye dönük olarak çözümlendiği bir tasarım bilimi araştırmasıdır.

2.2. Uygulama Ortamı

Asistan, Türkiye'de faaliyet gösteren çelik boru üreticisi Hatboru'nun kurumsal iç platformu için geliştirilmiştir. Çalışma, uygulamanın yapıldığı şirketle yapılan gizlilik sözleşmesine tabidir; şirket adı yalnızca uygulama ortamını tanımlamak amacıyla anılmaktadır. Ticari sır niteliğindeki belge içerikleri, kişisel veriler, müşteri ve ihale bilgileri ile üretim ve fiyat verileri çalışmaya dâhil edilmemiştir. Platform PHP tabanlı bir web uygulaması, PostgreSQL veritabanı ve pgvector eklentisi ile Python tabanlı bir RAG servisinden oluşur. Asistan, şirket bilgisi dâhil on bilgi bankasındaki (ör. kalite, üretim, insan kaynakları, satış) belgeler ile toplantı bilgi bankası üzerinde, kullanıcının yetkili olduğu kapsamda soru cevaplar. İlk değişiklik kaydı 16 Mayıs 2026 tarihlidir; depodaki canlıya alma kaydına göre ilk sürüm 18 Mayıs 2026'da kullanıma alınmış, incelenen dönem 17 Ekim 2026'da sona ermiştir.

2.3. Veri Kaynakları ve Çözümleme

Veri kaynakları Tablo 1'de özetlenmiştir. Sürüm kontrol geçmişinde RAG servisinin kaynak klasöründe ya da PHP tarafındaki RAG hizmet katmanında değişiklik yapan 103 kayıt (commit) belirlenmiş; her kaydın açıklama metni ve değişiklik özeti okunmuştur. Birleşik motorun tasarım belgesi, sonradan kod deposundan kaldırıldığı için sürüm geçmişindeki kopyasından okunmuştur. Güncel mimari, incelenen dönemin son sürümündeki kaynak kodun statik okunmasıyla çıkarılmış; belirli bir aşamaya ait davranışlar, o aşamadaki kod sürümleri karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Değerlendirme setlerindeki madde sayıları ve test fonksiyonları betiklerle sayılmıştır. Birim testleri bu çalışma kapsamında çalıştırılmamıştır; değerlendirme setleri yalnızca 3.16'daki karşılaştırmalı ölçümde, yerel geliştirme ortamında çalıştırılmıştır.

Tablo 1. Çalışmanın veri kaynakları

Kaynak	Kapsam	Kullanım
Sürüm kontrol geçmişi	RAG bileşenlerine ilişkin 103 değişiklik kaydı (16.05–17.10.2026), açıklama metinleri ve aşama başına kod sürümleri	Aşama kodlaması; sorun, gerekçe ve bırakılan yöntemlerin çıkarımı
Tasarım belgesi	Birleşik RAG motorunun mimari belgesi (Haziran 2026); sürüm geçmişindeki kopyasından okundu	Tasarım hedefleri ve kararların gerekçesi
Kaynak kod	Python RAG servisi ve PHP orkestrasyon katmanı (incelenen dönemin son sürümü)	Güncel mimari, parametreler, güvenlik denetimleri
Değerlendirme setleri	Dört değerlendirme seti (11, 21 ve 21 madde; 3 soru ve 2 tablodan oluşan tablo regresyon seti)	Kapsam ve kalite kapısı kuralları
Karşılaştırmalı ölçüm	Yerel geliştirme ortamında 30 maddelik set, üç yapılandırma (19.10.2026)	Sorgu hattı bileşenlerinin katkısının sayısal değerlendirmesi
Birim testleri	29 Python test dosyası (465 test fonksiyonu); RAG'a özgü 13 PHP test dosyası (55 test)	Kalite güvencesinin kapsamı (statik sayım)

Not: Canlı veritabanı, kullanıcı kayıtları ve belge içerikleri kişisel verilerin korunması ve gizlilik gereği incelenmemiştir.

Çözümlemede değişiklik kayıtları önce tarihe, sonra konuya göre gruplanarak tematik aşamalara ayrılmıştır. Her aşama için "sorun (belirti)", "kök neden", "denenen ya da bırakılan yöntem", "seçilen çözüm", "gerekçe" ve "kanıt" alanları doldurulmuştur. Bir alan için kayıtlarda kanıt bulunmadığında bu durum açıkça "gerekçe kaydı yok" olarak işaretlenmiş, çıkarım yapılmamıştır; gerekçesi yalnızca kod açıklamasında yer alan kararlar "kod açıklamasına göre" ifadesiyle belirtilmiştir. Hata taksonomisine, belirtisi ve düzeltmesi bir değişiklik kaydında ya da kod açıklamasında tanımlanmış hata türleri alınmıştır. Hata türleri kök nedenin bulunduğu katmana göre kodlanmış ve Barnett vd. (2024) tarafından tanımlanan yedi başarısızlık noktasıyla (FP1–FP7) yazarlar tarafından eşlenmiştir. Aşamaların tarih aralıkları kısmen çakışmaktadır; bu nedenle aşamalar kesin bir sıra değil, baskın temaya göre yapılmış bir gruplama olarak okunmalıdır.

2.4. Geçerlilik ve Güvenilirlik

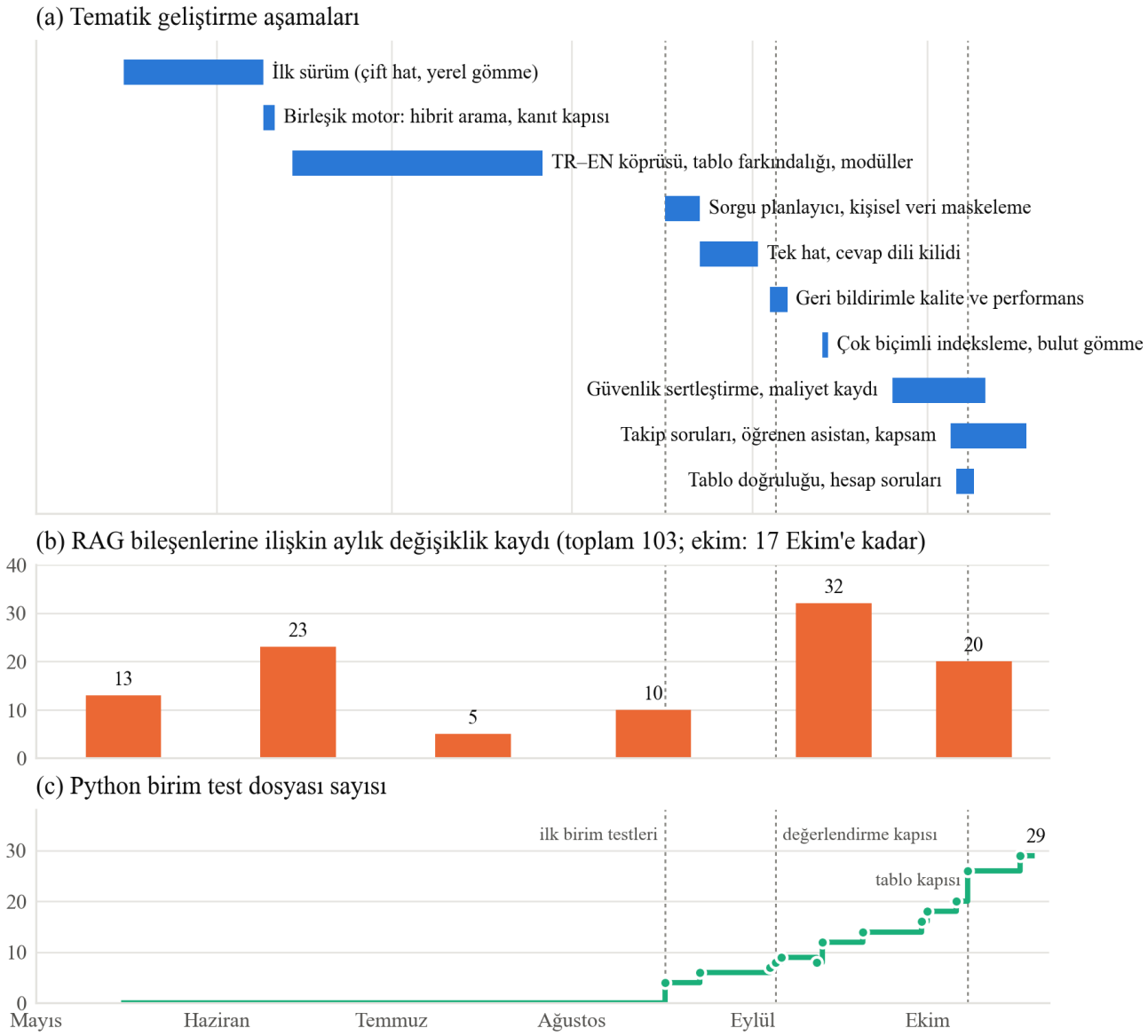
Yazarların aynı zamanda sistemin geliştirilmesinde yer alması yorum yanlılığı riski taşır; bu risk, her iddianın bir değişiklik kaydına, kod konumuna ya da sayıma bağlanmasıyla azaltılmaya çalışılmıştır. Değişiklik kayıtlarında belirtilen süre ve sayılar (ör. yanıt süreleri) bu çalışmada yeniden ölçülmemiş, "kayıt beyanı" olarak aktarılmıştır. Değerlendirme setleri küçüktür ve istatistiksel çıkarım için yeterli değildir. Canlı ortamdaki model ve parametre ayarları veritabanında tutulduğundan incelenmemiş, kodun varsayılan değerleri raporlanmıştır. Bulguların tek bir kurumda geliştirilen bir sisteme dayanması genellenebilirliği sınırlar; gizlilik yükümlülükleri nedeniyle kod ve veri paylaşılamadığından bağımsız tekrar mümkün değildir.

3. BULGULAR

3.1. Gelişim Sürecine Genel Bakış

Şekil 1, on tematik aşamayı, RAG bileşenlerine ilişkin aylık değişiklik kaydı sayısını ve Python birim test dosyalarının sayısını aynı zaman ekseninde göstermektedir. Etkinlik haziranda (23 kayıt) birleşik motorun kurulmasıyla ve eylülde (32 kayıt) canlı geri bildirimlerin işlenmesiyle iki kez yoğunlaşmıştır. İlk üç ay boyunca RAG servisinde birim test dosyası bulunmazken ilk dört test dosyası 17 Ağustos 2026'da eklenmiş, sayı dönem sonunda 29'a ulaşmıştır. Aşamaların özeti Tablo 2'de verilmiştir.

Şekil 1. Asistanın gelişim zaman çizelgesi: (a) tematik aşamalar, (b) RAG bileşenlerine ilişkin aylık değişiklik kaydı, (c) Python birim test dosyası sayısı



Kaynak: Sürüm kontrol geçmişinden derlenmiştir (16.05–17.10.2026). (c) panelindeki her nokta, test dosyası sayısını değiştiren bir değişiklik kaydıdır. Kesikli çizgiler ilk birim testlerini (17.08), değerlendirme kapısını (05.09) ve tablo kapısını (08.10) gösterir.

Tablo 2. Gelişim aşamalarının özeti

Aşama	Tarih (2026)	Tetikleyen sorun	Seçilen çözüm
İlk sürüm	16.05–08.06	Kurumsal belgelere soru sorabilecek ilk çalışan sürüm ihtiyacı	Çift hat (normal/endüstriyel); yerel çok dilli gömme (768 boyut); üç çözünürlüklü karakter parçalama; pgvector
Birleşik motor	09.06–10.06	Kullanıcının mod seçmek zorunda olması; kaynak yokken de cevap üretme riski	Tek motor: hibrit getirme, RRF, kanıt kapısı, belge–bölüm–parça şeması; multilingual-e5-large (1024); özellik bazlı model ayarları
Dil köprüsü ve tablolar	14.06–26.07	Türkçe sorunun İngilizce standardı bulamaması; tabloların bölünmesi; bağlamsız takip soruları	TR–EN sözlük ve indeks anında çift dilli bağlam; LLM ile yeniden sıralama; tablo farkında parçalama; yan modüllerin aynı depoya bağlanması
Planlayıcı ve maskeleme	17.08–22.08	Eş anlamlılar sözlüğünün genellenememesi; kişisel veri sızma riski; bağlamın 2200 karakterde kesilmesi	LLM sorgu planlayıcı, kanıt eleştirmeni ve 2. tur; kişisel veri maskesi; Cohere'in kaldırılması; girdi sertleştirme
Tek hat ve dil kilidi	23.08–01.09	Eski hatların bakım yükü; İngilizce soruya Türkçe cevap	Eski hatların silinmesi; ayrı analiz kuyruğu; cevap dili kilidi
Geri bildirimle kalite	04.09–06.09	Eksik liste cevapları; kelime ortasından başlayan parçalar; dakikalarca süren yanıt; HNSW'nin devre dışı kalması	Sayım modu; kelime sınırlı örtüşme; değerlendirme kapısı; koşullu eleştirmen; yalnız mesafeyle sıralama; kardeş standart koruması
Çok biçimli indeksleme	13.09	Word/Excel dosyalarının ve tablo bütünlüğünün metin tabanlı parçalayıcıyla korunamaması	Öğe tabanlı ayrıştırma ve özetleme; bulut gömme (1024); çok kipli cevap; soru-cevap önbelleği
Güvenlik ve maliyet	25.09–10.10	Gizli anahtarların süreç düzeyinde korunması gereği; servisler arası doğrulama gereği; paylaşılan motorda istekler arası ayar karışması	Paylaşılan anahtar; ortam izin listesi; istek kapsamlı istemci; maliyet ve hata kaydı
Takip soruları ve öğrenme	05.10–17.10	Takip soruları; kişisel cevapların ortak hafızaya karışma riski; düzeltmelerin geri beslenmemesi	Takip kolları; kişisel cevap bayrağı; yönetici onaylı ders; incelenmiş kayıttan hafıza; kapsamlı dosya modu
Tablo doğruluğu	06.10–08.10	Birleşik hücrelerin yanlış doldurulması; sayfa sınırında bölünen formül; hesabın tamamlanmaması	v2 tablo çıkarıcı; sorgu anında tablo kurtarma; sayfa sınırı dikişi; yönlendirici hesap kuralı; tablo regresyon kapısı

Not: Aşamaların tarih aralıkları kısmen çakışmaktadır.

3.2. Çift Hatlı İlk Sürüm (Mayıs–Haziran 2026)

İlk canlı sürümde iki ayrı sorgu hattı bulunuyordu: kalite belgeleri için “normal” ve daha ayrıntılı cevaplar için “endüstriyel” hat. Gömme için, tek dilli cümle gömme modellerini bilgi damıtmayla çok dilli hâle getiren

yaklaşımla (Reimers ve Gurevych, 2020) üretilmiş bir model (paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2) yerel olarak çalıştırılıyor ve 768 boyutlu vektörler PostgreSQL'de pgvector ile kosinüs benzerliğine göre aranıyordu. Belgeler karakter sayısına dayalı özyinelemeli bir bölücüyle üç çözünürlükte (200/30, 800/100 ve 2000/200 karakter parça/örtüşme) parçalanıyor, sorgu türüne göre çözünürlük seçiliyor, komşu parçalarla genişletme, endüstriyel terim sözlüğüyle sorgu genişletme ve odak terimlerine göre yeniden sıralama yapılıyordu. Toplantı kayıtları için ayrı bir indeksleme hattı vardı; ses dosyalarının 24 saat sonra otomatik silinmesi kişisel verilerin korunması gerekçesiyle bu aşamada tasarlanmıştı. Bu sürüm Y. Gao vd.'nin (2023) sınıflamasındaki naif RAG'a, sorgu genişletme ve komşu parça ekleme gibi gelişmiş RAG öğeleri eklenmiş bir ara biçimdi. İlk sürüme ilişkin tasarım gerekçeleri kayıtlarda yer almamaktadır; dosya tabanlı vektör depolarının bu sürümden önce bırakılıp tüm kalıcı verinin tek PostgreSQL veritabanında toplandığı yalnızca servis açıklamasından anlaşılmaktadır.

3.3. Birleşik Kurumsal RAG Motoru (Haziran 2026)

İlk sürümde kullanıcı, sorusunu hangi hattın cevaplayacağını kendisi seçmek zorundaydı ve tek bir vektör aramasının sonucu, ilgili kaynak bulunmasa da cevap üretimine aktarılabiliyordu. 9 Haziran 2026'da iki hat, tasarım belgesinde "cevap vermeden önce doğru kaynağı bul; doğru kaynak yoksa dürüstçe cevap verme" ilkesiyle tanımlanan tek bir motorla değiştirilmiştir. Yeni akış, sorgu anlama (dil tespiti, ISO/API/ASTM gibi standart kodları ve madde numaralarının çıkarımı), getirmeden önce SQL düzeyinde erişim filtresi, yoğun vektör, tam metin ve tam eşleşme kollarından oluşan hibrit getirme, RRF ile birleştirme (Cormack vd., 2009), isteğe bağlı bir çapraz kodlayıcıyla (Cohere) yeniden sıralama, bir kanıt kapısı ve kaynaklı cevap üretimi adımlarından oluşuyordu. Kanıt kapısı yeniden sıralama puanı 0,60 ve üzerindeyse "yüksek", 0,40 ve üzerindeyse "orta" güven veriyor, bu değerin altında cevap üretmiyordu. Bu tasarım, kaynağa dayanmayan cevabı yapısal olarak engelleyen ilk önlemdir ve halüsinasyon riskini (Ji vd., 2023) doğrudan hedefler.

Veri modeli de yeniden kurulmuştur: belgeler, bölümler, parçalar ve parça ilişkileri dört ayrı tabloda tutulmaya, parçalar üzerinde HNSW vektör dizini (Malkov ve Yashunin, 2020; pgvector, t.y.) ve tam metin için genelleştirilmiş ters dizin (GIN) oluşturulmaya başlanmıştır. Belgeler madde başlıklarına göre bölümlere ayrılıyor, her bölüm içinde 320 karakterlik alt parçalar (64 karakter örtüşmeyle) üretiliyor, cevap bağlamına alınan üst bölüm metni 2200 karakterde kesiliyordu. Tasarım belgesindeki iki karar sonraki aşamalar için belirleyici olmuştur. Birincisi, bilgi bankası, belge, gizlilik düzeyi ve durum gibi erişim alanlarının her parçaya kopyalanmasıdır (denormalizasyon); böylece yetki, getirmeden *önce* tek bir SQL koşuluyla uygulanabilir ve yetkisiz bir belge aday havuzuna hiç girmez. İkincisi, tam metin vektörünün veritabanında üretilen bir sütun olarak tanımlanmasıdır; bu sayede indeksleyicinin ayrıca yazması gerekmez. Geçişin güvenliği için eski tablo silinmeden ayrı bir tabloya kopyalanmış; tasarım belgesi bir yapılandırma bayrağıyla eski hatta dönüşü öngörmüş, ancak eski sorgu yolu ve normal/endüstriyel seçimi aynı gün devreden çıkarılmış, dosyaları 23 Ağustos'ta silinmiştir. 9 Haziran'da gömme modeli multilingual-e5-large'a (1024 boyut; sorgu ve pasaj önekleriyle kullanılır; model ailesi için L. Wang vd., 2022, 2024) yükseltilmiş ve yönetim paneline yedi alandan oluşan özellik bazlı model ayarları eklenmiştir. Ertesi gün RAG servisi kalıcı bir HTTP sunucusu olarak çalıştırılmaya ve kalite asistanı ile genel asistan tek bir sohbet arayüzünde birleştirilmeye başlanmıştır. Gömme modelinin değiştirilme gerekçesi kayıtlarda yer almamaktadır.

3.4. Türkçe–İngilizce Köprüsü, Tablo Farkındalığı ve Modüllerin Birleşmesi (Haziran–Temmuz 2026)

Canlı kullanımda ortaya çıkan ilk belirgin sorun dil uyuşmazlığıydı: Türkçe sorulan bir soru, İngilizce bir ürün standardındaki ilgili tabloyu (EN 10217-1, Table 7) bulamıyordu. Sözcüksel ve tam eşleşme kolları doğası gereği dile bağlıdır; çok dilli gömme modeli ise teknik terimlerde bu açığı kapatmaya yetmemiştir. 15 Haziran'da eklenen çözüm iki katmanlıdır: sorgu tarafında teknik terimler için Türkçe–İngilizce bir sözlükle sorgu genişletme (güncel sürümde 45 terim grubu) ve indeks tarafında her parçanın bağlam metnine diğer dildeki anahtar terimlerin eklenmesi. İkinci katman, parçaya özgü bağlamın gömme ve sözcüksel dizinleme öncesinde eklenmesi fikriyle

(Anthropic, 2024) örtüşür. Aynı değişiklikle takip sorularının önceki bağlamı taşıyabilmesi için LLM ile soru bağımsızlaştırma, Cohere anahtarı yoksa devreye giren LLM tabanlı yeniden sıralama ve "Table/Çizelge" bloklarını bölmeyen tablo farkında parçalama eklenmiştir.

Bu aşamada platformdaki diğer belge yoğun modüller (toplantı sohbeti, teknik şartname analizi, ihale analizi ve sözleşme analizi) aynı PostgreSQL/pgvector deposuna bağlanmıştır. Tasarım belgesi bu modülleri, birleşik parça tablosunu okuyan "tüketiciler" olarak tanımlamaktadır; böylece her modül için ayrı vektör deposu ve indeksleme hattı sürdürme gereği ortadan kalkmıştır. Temmuz ortasında eşit düzeydeki bilgi bankaları tek bir bilgi merkezi ve tek bir asistan girişi altında toplanmış; asistan tek bir fiziksel indeks üzerinde, bilgi bankası kimliğiyle bölünmüş kapsamlarda çalışmaya başlamıştır.

3.5. Sorgu Planlayıcı, Kişisel Veri Maskeleme ve Tek Hatta Birleşme (Ağustos–Eylül 2026)

İnsan kaynakları sorularında çalışanların günlük ifadeleri ile talimatlardaki resmî ifadeler arasındaki fark, değişiklik kaydına göre başlangıçta koda gömülü bir eş anlamlılar sözlüğüyle kapatılmaya çalışılmıştı (bu sözlüğün kendisi kayıt geçmişinde görülmemekte, yalnızca kayıt açıklamasında anılmaktadır). Çözümün yeni konulara genellenemediği görülünce 17 Ağustos'ta sözlüğün yerine bir LLM sorgu planlayıcısı getirilmiştir. Planlayıcı, yapılandırılmış çıktı veren tek bir model çağrısında soruyu belgede geçebilecek resmî ifadelere ve diğer dile çevirir, bağımsız bir soru ve en çok üç arama sorgusu üretir; standart ve madde kodlarını değiştirmeden korur. Bu yaklaşım, sorgu yeniden yazımının (Ma vd., 2023) bir örneğidir; ancak HyDE'den (L. Gao vd., 2023) farklı olarak varsayımsal bir cevap belgesi değil, belgede geçmesi beklenen resmî ifade üretir. Getirmenin ardından bir *kanıt eleştirmeni* ilk altı parçanın soruyu gerçekten cevaplayıp cevaplamadığını değerlendirir; cevaplamıyorsa yeni sorgularla ikinci bir getirme turu açılır. Bu döngü, getirilen belgelerin yeterliliğini değerlendirip gerekirse düzeltici arama yapan CRAG'ın (Yan vd., 2024) ve getirme gereğine ve çıktının kanıtla desteklenip desteklenmediğine yansıtma belirteçleriyle karar veren Self-RAG'ın (Asai vd., 2024) fikirleriyle kavramsal olarak örtüşür; ancak ek model eğitmeden, istemle çalışır.

Aynı gün dış dil modeline giden sohbet çağrıları, hata günlükleri ve saklanan sorgu kayıtları için kişisel veri maskesi eklenmiştir: T.C. kimlik numarası (kontrol hanesi doğrulamasıyla), e-posta, IBAN, kart numarası (Luhn doğrulamasıyla) ve cep telefonu numarası yer tutucularla değiştirilir. Arama ise ham metinle yapılır; böylece maskeleme getirme kalitesini düşürmez. O tarihte gömme yerel modelle hesaplandığından ham metin arama için kurum dışına çıkmıyordu; bu varsayım 13 Eylül'deki gömme modeli değişikliğiyle ortadan kalkmıştır (bk. 3.7). Yanlış pozitif riski nedeniyle ad–soyad maskelemesi yapılmamaktadır. Bu teknik önlem, kişisel verilerin dış servise aktarılma riskini azaltmaya yöneliktir; 6698 sayılı Kanun'a uygunluk ayrıca değerlendirilmelidir. Bu aşamada ayrıca kullanılmadığı belirtilen Cohere entegrasyonu kaldırılmış, yeniden sıralama LLM ya da RRF ile yapılmaya devam etmiştir. Bir sayfalık bir izin talimatındaki gün sayısının cevaba ulaşmamasının nedeni üst bağlamın 2200 karakterde kesilmesi olarak belirlenmiş ve kesme, eşleşen parçanın çevresinden pencere alan bir yöntemle değiştirilmiştir. 22 Ağustos'ta belge ve sohbet metinlerinin uzunluğu sınırlanmış, istemciden gelen "sistem" rolündeki mesajlar yok sayılmaya, yüklenen PDF'lerin dosya imzası doğrulanmaya ve yapay zekâ uç noktalarına hız sınırı uygulanmaya başlanmıştır.

23 Ağustos'ta eski hatlara ve bunların yönlendirme katmanına ait 13 dosya (8 Python, 5 PHP) silinmiş, tüm erişim tek motordan geçirilmiş ve uzun süren sözleşme ve şartname analizleri için ayrı bir kuyruk kurulmuştur. Aynı gün İngilizce sorulara Türkçe cevap verilmesi sorunu giderilmiştir. Kök neden, cevap dili kuralının Türkçe yazılmış uzun sistem isteminin sonunda kalması ve modelin sistem isteminin diline uymasıydı. Çözümde son kullanıcı mesajının dili tespit edilip kullanıcı mesajının başına kesin bir dil kilidi konmuştur.

3.6. Canlı Geri Bildirimle Kalite ve Performans (Eylül 2026)

Eylülün ilk haftası, 5–7 numaralı kullanıcı geri bildirimlerinin toplu olarak işlendiği ve düzeltmelerin yoğunlaştığı dönemdir. Sayım ve listeleme soruları (ör. "hangi uygunluk belgelerimiz var?") yalnızca birkaç parçadan cevaplandığı için eksik kalıyordu; en benzer k parçayı getiren vektör araması "kaç belge" sorusunu yapısı gereği çözemez. Bu sorular için ayrı bir *sayım modu* ve doğrudan SQL ile üretilen bir belge envanteri eklenmiştir. Cevap süresinin vekil sunucunun 100 saniyelik zaman aşımı sınırını aşması üzerine cevap üretimi bir kuyruk işine taşınmıştır. Kayıt beyanına göre onaylı dokuz belgede indeks parçalarının kelime ortasından başladığı ("shall" ifadesinin "hall" olarak kesilmesi) belirlenmiş; sorunun PDF'te değil alt parça örtüşmesinin kelime sınırına hizalanmamasında olduğu görülerek örtüşme düzeltilmiş ve etkilenen belgeleri yeniden indeksleyen bir komut eklenmiştir. Değerlendirme raporunun eşik altındaki sonuçları "başarılı" gibi göstermesi üzerine değerlendirme komutu Recall@K (doğru belgenin döndürülen K kaynak içinde bulunma oranı) 0,8'in ya da cevapsızlık doğruluğu 1,0'ın altında kaldığında başarısız sonuç döndürecek biçimde değiştirilmiştir.

Performans açısından iki kök neden belirlenmiştir. Birincisi, kayıt beyanına göre canlı ortamda her içerik sorusunun 2–5 dakika sürmesine yol açan çağrı zinciridir: planlama, yeniden sıralama ve eleştirmen adımları her soruda çalışıyor, akıl yürütme özellikli modelin belirteç (token) bütçesi nedeniyle boş dönen JSON çıktısı "kanıt yok" olarak yorumlanıp gereksiz ek turlar açıyordu. Çözümde boş eleştirmen çıktısı "bilinmiyor" sayılmış, yapılandırılmış çıktı isteyen çağrılara asgari belirteç bütçesi konmuş ve güçlü ilk eşleşmede eleştirmen ile ikinci tur atlanmıştır. Bu, Self-RAG'daki gerektiğinde getirme fikrine (Asai vd., 2024) benzer biçimde ek adımları yalnız gerektiğinde çalıştıran ve maliyeti düşürmeyi amaçlayan bir tasarımdır. İkincisi, 4 Eylül'de determinizm için vektör sorgusunun sıralamasına parça kimliğinin eklenmesidir. Bu ek sıralama anahtarı veritabanı planlayıcısının HNSW dizinini kullanmasını engellemiş ve sorguyu tam tablo taramasına (sequential scan) yöneltmiştir (kayıt beyanı: sorgu başına yaklaşık 17 sn). 6 Eylül'deki düzeltmede önce yalnız mesafeye göre sıralanan dar bir aday kümesi ara sonuç olarak üretilmekte, satırlar sonra getirilmektedir. Aynı gün dar kapsamlı aramalarda (5000 parçanın altında) HNSW'nin filtre sonrası aday kaybını önlemek için tam en yakın komşu araması, aynı standardın farklı bölümlerinin (ör. EN 10217-1 ile EN 10217-5) karışmasını önleyen *kardeş standart koruması*, cevaptaki atıfların denetimi ve on bilgi bankasının dokuzunu kapsayan bir başka değerlendirme seti eklenmiştir. 4 ve 6 Eylül'deki bu iki değişiklik, determinizm ile dizin kullanımı arasındaki ödünleşimin sorgu planı incelenerek görüldüğü bir örnektir.

3.7. Çok Biçimli İndeksleme ve Gömme Modeli Değişimi (Eylül 2026)

13 Eylül'de indeksleme hattı baştan kurulmuştur. Değişiklik kaydına göre bu yeniden yapılandırmanın hedefi, Word/Excel dosyalarının parçalanması ve tablo bütünlüğünün korunmasıdır. Haziran ayından beri kullanılan, bölüm içinde 320 karakterlik alt parçalar üreten metin tabanlı parçalayıcının yerini *öğe tabanlı* ayrıştırma almıştır: PDF sayfaları PyMuPDF (Artifex Software, t.y.) ile metin, tablo ve görsel öğelerine ayrılmakta; Word ve Excel dosyalarında birleşik hücreler çözülerek tablolar korunmaktadır. Her öğe için bir dil modeliyle özet üretilmektedir: tablolar için Türkçe ve İngilizce anahtar terimler içeren en çok 120 kelimelik bir özet, görseller için bir betimleme. Gömme bu özet ve bağlam metni üzerinden hesaplanırken ham içerik ayrıca saklanmakta ve cevap üretiminde kullanılmaktadır. Cevap üretimi de çok kipli hâle getirilmiş; kaynak görselleri (en çok beş) sohbet modeline görsel girdi olarak verilmeye başlanmıştır.

Gömme modeli OpenAI text-embedding-3-large olarak değiştirilmiş; mevcut 1024 boyutlu vektör sütunu korunarak modelin çıktı boyutunu kısaltma seçeneğiyle 1024 boyuta indirgenmiş çıktısı kullanılmıştır. Bu kısaltma, servis sağlayıcının 1024 boyuta kadar vektör destekleyen depolar için belgelediği bir seçenektir (OpenAI, 2024). Eski vektörler temizlenerek yeniden üretilmiş; sorgularda gömme modeli alanına göre filtreleme yapıldığından farklı modellerin vektörleri karışmamaktadır. Yerel modelden bulut gömme servisine geçişin gerekçesi kayıtlarda yer almamaktadır. Bu geçişin gizlilik açısından bir sonucu vardır: ağustosta eklenen maske

dış servis çağrılarından yalnız sohbet çağrılarına uygulandığından, sorgu ve parça metinleri ile indeksleme sırasında üretilen öğe özetlerinin girdileri dış servise maskelenmeden gönderilmeye başlanmıştır. Aynı gün, kullanıcı puanlarıyla sıralanan bir soru-cevap önbelleği de eklenmiştir; benzer geçmiş cevaplar yeni soruda ipucu olarak kullanılmaktadır.

3.8. Güvenlik Sertleştirme ve Maliyet Görünürlüğü (Eylül–Ekim 2026)

Eylül sonu ile ekim başındaki değişiklikler, önceki aşamalarda ele alınmamış altyapı güvenliği konularına yönelmiştir. Kayıtlarda belirtilen tetikleyiciler, gizli anahtarların süreç düzeyinde korunması gereği, servisler arası çağrıların ayrıca doğrulanması gereği ve sürekli çalışan paylaşılan motorda eşzamanlı isteklerin birbirinin model ayarını etkileyebilmesidir. Bu doğrultuda yerel RAG servisine istek başına paylaşılan anahtarla kimlik doğrulama eklenmiş, anahtar sabit süreli karşılaştırmayla denetlenmeye başlanmış ve otomatik API belgelendirme sayfaları kapatılmıştır. Geçersiz bir belge filtresi "erişim yok" olarak yorumlanmaktadır (fail-closed). Python alt sürecine yalnızca izinli öneklere sahip ortam değişkenleri aktarılmakta, anahtarlar komut satırı bağımsız değişkeni olarak geçirilmemekte, veritabanı bağlantı dizesi değerleri tırnaklayan ve ek parametre eklenmesini önleyen bir kitaplık işleviyle kurulmakta ve çalışma sırasında paket kurulmamaktadır. Model ve istemci ayarları istek kapsamlı bağlam değişkenlerine taşınmıştır. Dil modeli anahtarı ortam dosyasından yönetim ekranına taşınmış ve veritabanında şifreli tutulmaya başlanmıştır. Her tur için planlama, yeniden sıralama, eleştiri, cevap ve gömme çağrılarının belirteç kullanımı ile tahmini maliyeti, soru ve cevap metni yazılmadan tek bir kayıtta toplanmakta; kota ve hız sınırı hataları kullanıcıya kodlu Türkçe mesajlarla bildirilmektedir.

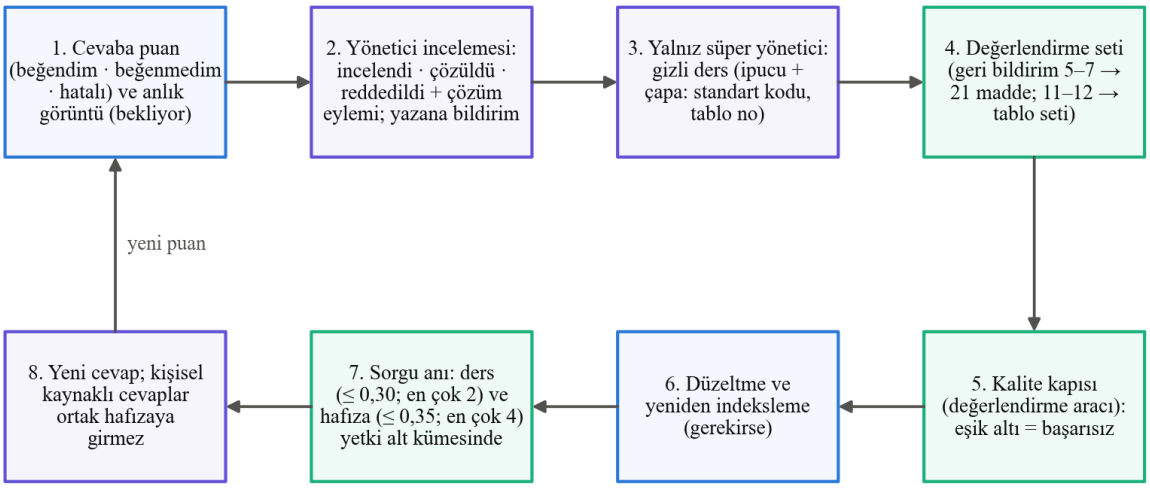
3.9. Takip Soruları, Öğrenen Asistan ve Kapsam Modları (Ekim 2026)

"Daha ayrıntılı", "daha kısa" ya da "yanlış, standarttaki 11 numaralı tabloya bak" gibi takip mesajları genel RAG hattından geçtiğinde ya önceki bağlam kayboluyor ya da reddedilen cevaptaki yanlış sayılar tekrar ediliyordu. Güncel sürümde takip mesajı kural tabanlı olarak sınıflandırılır. *Ayrıntı* isteğinde planlayıcı atlanır; önceki parçalar, komşuları ve aynı belgelerde yapılan dar bir yoğun arama ağırlıklı RRF ile (2,0 / 1,0 / 1,0) birleştirilir. *Kısaltma* isteğinde yeni arama yapılmadan önceki cevap özetlenir. *Düzeltme* isteğinde tam arama yeniden çalışır, önceki belgelerdeki tablo çapası öne alınır; önceki cevap hafıza ipuçlarından çıkarılır, sohbet geçmişinde kısaltılıp "reddedildi" olarak işaretlenir ve modele bu cevaptaki sayıları kopyalamaması talimatı verilir. Teşekkür gibi kısa mesajlar dil modeline hiç gönderilmez. Tarih, kişi ya da "katıldığım son toplantı" gibi toplantı ve takvim soruları vektör aramasıyla değil toplantı ve takvim verisinden çözülür. Toplantı, takvim, satış ve ihale kayıtları ya da kullanıcının yüklediği dosya gibi kişisel kaynaklara dayanan cevaplar işaretlenerek ortak soru-cevap hafızasına yazılmaz; bu önlem, bir kullanıcının toplantı ya da takvim bilgisinin başka bir kullanıcıya ipucu olarak sızabileceğinin fark edilmesi üzerine eklenmiştir.

Öğrenme döngüsü (Şekil 2) yönetici denetimine dayanır. İncelenmiş ya da çözülmüş bir geri bildirimden yalnızca süper yönetici, kullanıcıya görünmeyen kısa bir *ders* (ipucu ve standart kodu ya da tablo numarası gibi çapalar) yazabilir. Sorgu anında ders, yalnızca vektör mesafesi 0,30 ya da altındaysa (en çok iki ders) ve dersin dayandığı belgeler soran kişinin erişebildiği kümenin alt kümesiyse kullanılır. Ders kaynakla çelişirse kaynak esas alınır. 13 Eylül'de eklenen ve puanlarla çalışan soru-cevap önbelleği de 8 Ekim'den itibaren yalnızca yönetici incelemesinden geçmiş kayıtlardan beslenmekte; tablo okuma düzeltmesinden önce üretilmiş tablo cevapları geçersiz sayılmaktadır. Bu yapı, gecikmeyi azaltmak için önbellekteki bilgiyi yeniden kullanan dinamik önbellekleme yaklaşımlarından (Khaliq ve Adebayo, 2026) farklı olarak yalnızca ipucu sağlar ve kaynağı belirleyici olarak esas alır. Dönemin son günündeki değişikliklerden birinde (17 Ekim) ihale ya da proje dosyası gibi "eksiksiz dosya" isteyen sorular için bir *kapsamlı mod* eklenmiştir: sıralamadan sonra tutulan parça sayısı 40'a, bağlam 24 parçaya ek olarak ilk üç belgede varlık terimleriyle bulunan en çok 40 parçaya ve 60 000 karaktere genişletilmekte, parçalar belge–sayfa–parça sırasıyla dizilmektedir. Bu sıralama belgelerdeki anlatım sırasını korumaya yöneliktir; uzun bağlamın ortasında kalan bilginin daha az kullanılması riskini (N. F. Liu vd., 2024)

tek başına gidermez ve kapsamlı modun etkisi ölçülmemiştir. Aynı gün, geri bildirimi ilk kez "çözüldü" olarak işaretlenen kullanıcıya uygulama içi bildirim ve e-posta gönderilmeye başlanmıştır.

Şekil 2. Kullanıcı geri bildiriminden öğrenme ve değerlendirme döngüsü



3.10. Tablo Doğruluğu ve Hesap Soruları (Ekim 2026)

Ekim başındaki 11 ve 12 numaralı geri bildirimler tablo okuma hatalarında yoğunlaşmıştır. Kök neden, 13 Eylül'de eklenen öğe ayrıştırıcının tablo çıkarıcısının boş ya da birleşik hücreleri üst satırdaki değerle doldurmasıdır; bu nedenle grup başlığı satırları ve yatay birleşik hücreler yanlış değer taşıyordu. Kayıt beyanına göre bu çıkarıcı 255 PDF'teki 515 tabloda toplam 11 193 hücreyi bir üst satırdaki değerle doldurmuştu. Bu durum, tablo bütünlüğünü korumak için yapılan bir değişikliğin yeni bir tablo hatasına yol açtığını göstermektedir. Çözüm iki katmanlıdır. İndeks tarafında v2 ızgara çıkarıcı birleşik hücreyi hücre kutularından çözer, grup başlıklarını ve dipnotları ayrı tutar, bilinmeyen birleşik hücreyi üstten doldurmaz. Sorgu tarafında bağlama giren eski bir PDF tablo parçası, kaynak PDF'in ilgili sayfasından v2 çıkarıcıyla *sorgu anında* yeniden okunur ve parça metninin yerine konur. Bu işlem dil modeli çağrısı gerektirmez ve tur başına en çok 4 saniye ile 24 000 karakterle sınırlıdır. Bu yolla yeniden indekslemeyi beklemeden ve indeks verisini değiştirmeden bozuk tabloların etkisinin giderilmesi amaçlanmıştır. Varsayılan mod, "tablo" kelimesi geçmeyen sorularda da bozuk satırların okunduğu görülünce bağlamda tablo parçası bulunan her soruyu kapsayacak biçimde seçilmiştir. Eski indeksi onaran araç, açık onay verilmeden veriyi değiştirmemektedir.

Aynı değişiklikle indeks anı özetleyicisinin bir hatası da giderilmiştir. Kod açıklamasına göre tablo özeti istemindeki örnek standart ve sınıf kodları ("API 5L / PSL2 / X42M") model tarafından EN 10217-1 tablolarının 24 özetinden 17'sine kopyalanmış, gömme ve arama sonuçları yanlış belgeye yönelmiştir. Örnek istemden çıkarılmış ve tabloda geçmeyen kodun özete eklenmemesi kuralı konmuştur. Bu, çok modelli bir işlem hattında indeks anında çalışan bir dil modelinin arama kalitesini fark edilmeden olumsuz etkileyebildiğini gösteren bir örnektir.

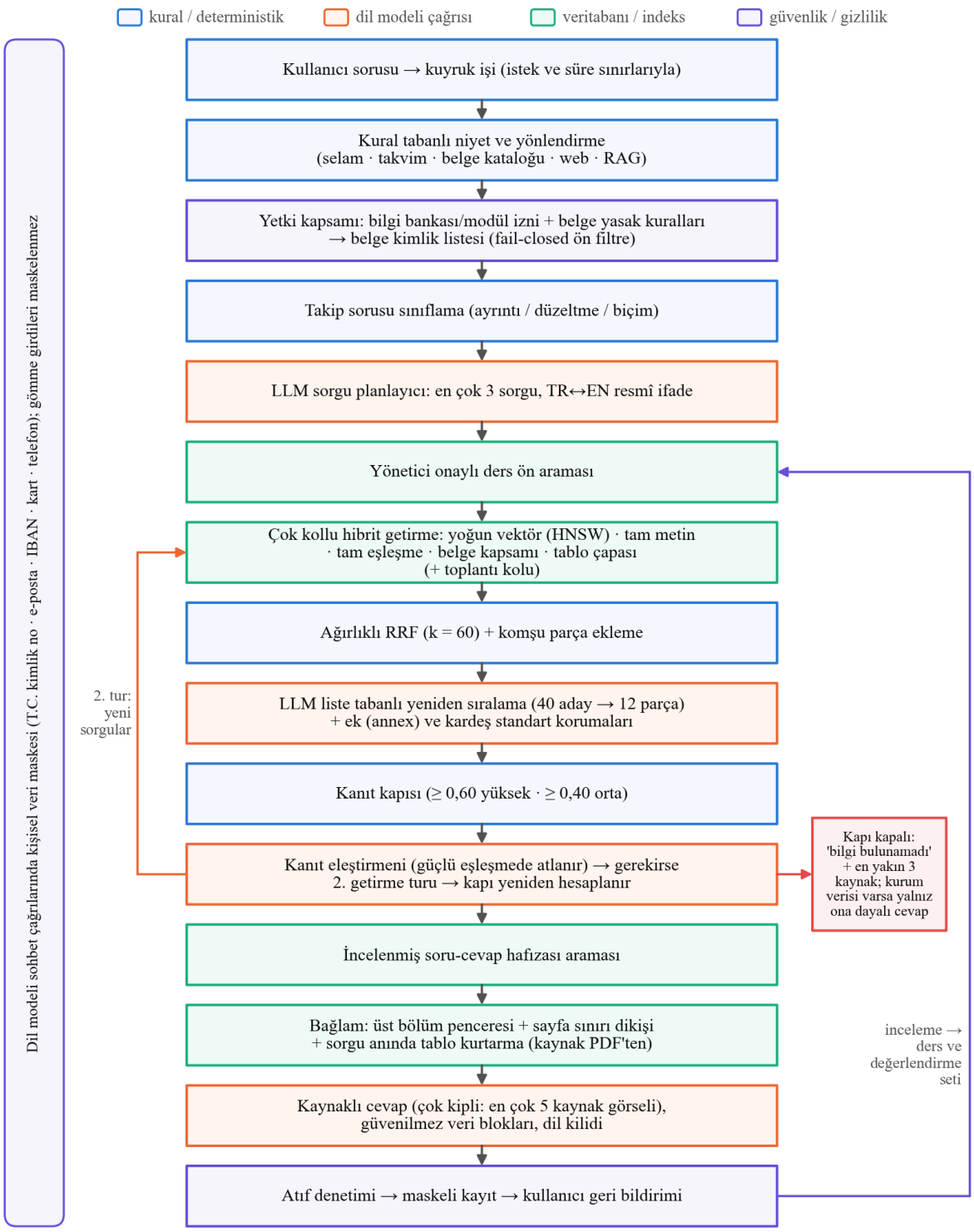
Aynı dönemde hesaplama sorularına ilişkin iki sorun çözülmüştür. Birincisinde sayfa başına bölümlenmiş bir standartta bir formülün sayfa sınırında bölünmesi nedeniyle bağlama yalnızca bir kısmı giriyordu. Seçilen sayfa bir tanımın ortasından başlıyorsa önceki sayfanın son kısmı, yarım kalan bir ifadeyle bitiyorsa sonraki sayfanın başı aynı kaynak bloğuna eklenmektedir (*sayfa sınırı dikişi*). İkincisinde model, S235JR gibi bir çelik sınıfı adının

içerdiği akma dayanımını “kaynakta yok” diyerek kullanmamış ve hidrostatik test hesabını tamamlamamıştır. Kök neden bir istem çatışmasıdır: “kullanabilirsin” biçimindeki izin verici ifade karşısında “genel bilgiyle doldurma” yasağı baskın gelmiştir. Kural, formülün kaynaktan yazılmasını, değerlerin yerine konmasını, en kısıtlayıcı koşulun seçilmesini ve sınıf adındaki değerin açıkça varsayım olarak belirtilmesini isteyen yönlendirici bir talimatla değiştirilmiştir. Tablo okuma için üç madde ve yalnızca PDF biçiminde bulunan iki tablodan oluşan bir regresyon seti ve beklenen satırların hücre hücre eşleşmesini arayan isteğe bağlı bir tablo kapısı eklenmiştir.

3.11. Güncel Mimari

Şekil 3 güncel sorgu hattını, Şekil 4 indeksleme hattını göstermektedir. Kullanıcı sorusu bir kuyruk işi olarak işlenir. Kural tabanlı bir niyet sınıflandırıcısı selamlaşma, takvim, belge kataloğu ve web arama gibi istekleri RAG'a göndermeden yanıtlar; belirsiz durumlarda kurum prosedürlerine ilişkin soruların getirme dışında kalmaması için soru bilgi bankasına yönlendirilir. Yetki kapsamı PHP tarafında belge kimliklerinin listesine çevrilip SQL koşulu olarak getirmeden önce uygulanır. Planlayıcının ürettiği her sorgu için beş kol çalışır: yoğun vektör (HNSW), tam metin, tam eşleşme (madde ve kod), belge kapsamı (soruda geçen kod bir belge başlığıyla eşleşirse o belgelerde arama) ve tablo çapası (sorudaki tablo numarasını başlığında taşıyan parça). Kapsamda toplantı bilgi bankası varsa toplantı parçaları ayrı bir kol olarak eklenir. Kol sonuçları ağırlıklı RRF ile, sorgular arası sonuçlar yine RRF ile birleştirilir ve ilk sekiz adayın komşu parçaları düşük ağırlıkla havuza eklenir. Sözcüksel kol kodda “BM25” olarak adlandırılsa da PostgreSQL *ts_rank* işlevine dayanır; bu nedenle bu bildiride “tam metin kolu” olarak anılmıştır. Yeniden sıralama bir çapraz kodlayıcıyla değil, aynı sohbet modelinin 40 adayı tek çağrıda puanladığı bir yöntemle yapılır; bu yöntem, büyük dil modelinin aday listesini doğrudan sıraladığı liste tabanlı yeniden sıralamaya (Sun vd., 2023) kavramsal olarak benzer. Ardından soru ek (annex) tablosu istemiyorsa ana gövde tablosunu öne alan ek koruması ve kardeş standart koruması uygulanır.

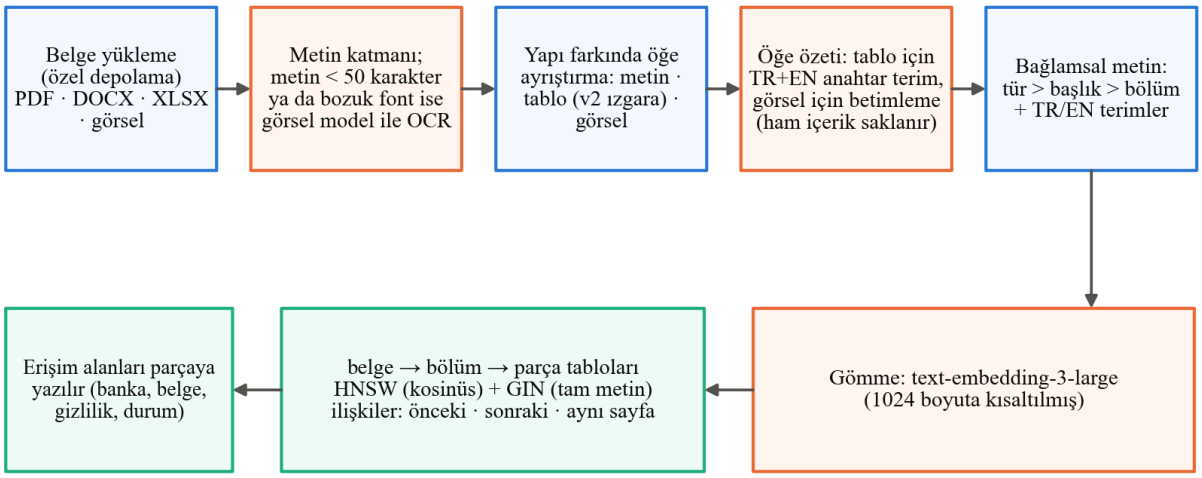
Şekil 3. Güncel sorgu hattı



Not: Renkler bileşen türünü gösterir. Turuncu kutular dil modeli çağrısıdır ve tümü aynı istek kapsamlı sohbet modeliyle yürütülür. Sol kenardaki maske sohbet çağrılarına uygulanır; gömme girdileri maskelenmez.

Eleştirmen, güçlü ilk eşleşme (kapının yüksek güvenle geçilmesi, ilk adayın soruda geçen kodla eşleşen belgeden gelmesi, sayım sorusu ya da kardeş çatışması bulunmaması) dışında her durumda çalışır; kapı geçilemezse ya da eleştirmen kanıtı yetersiz bulursa yeni sorgularla ikinci tur açılıp kapı yeniden hesaplanır. Kapı sonunda da kapalıysa bilgi bankasına dayalı cevap üretilmez: kullanıcıya bilginin bulunamadığı, eleştirmenin eksik gördüğü nokta ve en yakın üç kaynak gösterilir; soruya ilişkin yapılandırılmış kurum verisi (ör. ihale künyesi ya da yüklenen dosya) varsa cevap yalnız bu veriyle, bilgi bankası atfı yapılmadan üretilir. Getirme döngüsünün ardından ayrıca incelenmiş soru-cevap hafızası aranır ve bulunan ipuçları cevap istemine eklenir. Kapı açıksa bağlam, seçilen parçanın üst bölümünden alınan bir pencereyle (6000 karakter; tablo parçaları kesilmez) ve sayfa sınırı dikişiyle kurulur, tablo kurtarma uygulanır. Cevap isteminde belge parçaları, kurum verisi, dersler ve hafıza "güvenilmez veri" olarak işaretlenmiş bloklarda verilir. Bu işaretleme dolaylı istem enjeksiyonu tehdidi (Greshake vd., 2023) nedeniyle uygulanan bir tasarım tercihidir ve tek başına yeterli bir savunma değildir. Cevapta yalnızca o turda verilen kaynak numaralarına atıf yapılabilir; listede olmayan numaralar temizlenir ve temizlenen atıflar analiz kaydına yazılır. Veri modelinde bölümlerin üst bölüme bağlanabildiği bir hiyerarşi sütunu bulunsa da güncel indeksleyici her öğeyi bir bölüm ve bir parça olarak (1:1) yazmakta; üst bağlam genişletmesi sorgu anında pencere ve komşu bölüm dikişiyle sağlanmaktadır. Temel parametreler Tablo 3'te, gizlilik ve güvenlik denetimleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Şekil 4. Güncel indeksleme hattı



Gömme modeli değişince eski vektörler temizlenip yeniden üretilir; sorgular gömme modeli alanıyla süzülür.

Tablo 3. Güncel getirme hattının temel parametreleri

Bileşen	**Varsayılan değer**
Kol başına aday sayısı	Yoğun 40 · tam metin 40 · tam eşleşme 20 · belge kapsamı 20 · tablo çapası 8
Sıra birleştirme	RRF, k = 60; kol ağırlıkları 1,0 / 1,0 / 1,2 / 1,5 / 1,3 (tablo çapası, belge eşleşmesi yoksa 1,0); komşu parça ağırlığı 0,7 (ilk 8 aday, en çok 24 komşu)
Sorgu planlama	En çok 3 sorgu, en çok 2 getirme turu; benzer sorgu eleme: kosinüs ≥ 0,95 ya da Jaccard ≥ 0,8
Yeniden sıralama	40 aday puanlanır, 12 parça tutulur (sayım modunda 30, kapsamlı modda 40 parça)
Kanıt kapısı	Yeniden sıralama puanı: yüksek ≥ 0,60, orta ≥ 0,40; yeniden sıralayıcı yoksa kosinüs 0,55 / 0,42
Bağlam	8 parça (sayım ve kapsamlı 24, ayrıntı 10); üst bölüm penceresi 6000 karakter
Vektör dizini	HNSW, ef_search = 80; 5000 parçanın altındaki kapsamda tam en yakın komşu araması
Ders / hafıza	Mesafe ≤ 0,30, en çok 2 / mesafe ≤ 0,35, en çok 4
Tablo kurtarma	Tur başına en çok 24 000 karakter ve 4 sn
Zaman aşımı sınırları	Cevap üretimi 150 sn < RAG sorgusu 360 sn < sohbet turu 480 sn

Not: Değerler incelenen sürümün kodundaki varsayılanlardır; canlı ortam yapılandırması incelenmemiştir.

Tablo 4. Gizlilik ve güvenlik denetimleri

Denetim	Karşıladığı risk	Uygulama
Kişisel veri maskesi	Dil modeli sohbet çağrılarında, günlükte ve kayıtta kişisel veri bulunması	T.C. kimlik numarası (kontrol hanesiyle), e-posta, IBAN, kart (Luhn) ve cep telefonu maskelenir; arama ham metinle yapılır. Gömme ve indeks anı özet girdileri maskelenmez (13 Eylül 2026'dan beri bulut servise gider)
Yetki ön filtresi	Yetkisiz belgenin aday havuzuna girmesi	Bilgi bankası/modül izni ve belge/kategori yasakları → belge listesi → SQL koşulu; geçersiz filtre "erişim yok" sayılır
Güvenilmez veri blokları	Belgeye gömülü talimatla istem enjeksiyonu	Belge, kurum verisi, ders ve hafıza işaretli bloklarda yalnız veri olarak verilir; istemciden gelen sistem rolündeki mesajlar yok sayılır
Kişisel cevap ayrımı	Kişisel kaynaklı bilginin başka kullanıcıya ipucu olması	Toplantı, takvim, satış/ihale kaydı ya da yüklenen dosyaya dayanan cevaplar ortak soru-cevap hafızasına yazılmaz
Servis kimlik doğrulaması	Yerel RAG servisine yetkisiz erişim	İstek başına paylaşılan anahtar
Ortam izin listesi	Gizli anahtarların alt süreçlere gereksiz aktarımı	Python sürecine yalnız izinli önekli değişkenler aktarılır; anahtar komut satırında taşınmaz
Hata metni gizleme	İç yapı bilgisinin kullanıcıya görünmesi	Ham hata yalnız günlüğe yazılır; kullanıcıya kodlu Türkçe mesaj gösterilir
İstek ve süre sınırları	Kötüye kullanım ve maliyet artışı	Sohbet ve web arama için dakika başına istek sınırı; tur süre sınırı

3.12. Çok Modelli Yapının Oluşumu

İlk sürümde sorgu hattı iki model ailesine dayanıyordu: yerelde çalışan çok dilli gömme modeli ve cevabı üreten dış sohbet modeli. 9 Haziran'da kurulan birleşik motorla buna isteğe bağlı bir çapraz kodlayıcı (Cohere) eklenmiş ve yönetim paneline yedi alandan oluşan özellik bazlı model ayarları getirilmiştir; aynı gün RAG parametreleri panelden çıkarılıp yalnızca model seçimi bırakılmıştır. 15 Haziran'dan itibaren çapraz kodlayıcı anahtarı yoksa yeniden sıralamayı sohbet modeli üstlenmiştir. 26 Temmuz'daki bir sadeleştirmeyle panel üzerindeki model seçim ekranı kaldırılmış, özellik anahtarları platform ayarlarında kalmıştır; ekranın kaldırılma gerekçesi kayıtta belirtilmemiştir. Ağustosta planlayıcı ve kanıt eleştirmeni yeni dil modeli çağrıları olarak sorgu hattına eklenmiş, kullanılmadığı belirtilen çapraz kodlayıcı kaldırılmıştır. Güncel kodda, sonradan eklenen planlama ve eleştiri dâhil tüm sorgu aşamaları tek bir istek kapsamlı sohbet modeline bağlıdır.

13 Eylül'deki indeksleme değişikliği, sistemin çok modelli yapısını genişleten ve onu çok kipli hâle getiren adımdır: gömme modeli buluta taşınmış, indekslemeye tabloları özetleyen ve görselleri betimleyen bir dil modeli çağrısı eklenmiş, cevap üretimi kaynak görsellerini de alan çok kipli bir çağrıya dönüşmüştür. Bunların yanında

belge işleme katmanında taranmış ya da metin katmanı bozuk sayfaları okuyan bir görsel model, toplantı modülünde konuşma tanıma modeli ve cevabın ardından ayrı bir çağrıyla üretilen kısa bir yapay zekâ yorumu bulunmaktadır. Kod açıklamasına göre bu yorum hem Python hem PHP tarafında üretildiği için Python'daki çağrı her turda gereksiz yere çalışıyor ve maliyetin yaklaşık %6'sını oluşturuyordu; yorum yalnızca PHP tarafında üretilecek biçimde tekilleştirilmiştir. Model aileleri ve görevleri Tablo 5'te özetlenmiştir. Bugünkü çok modellilik, her aşamaya ayrı model atanması değil; görev türüne göre ayrılmış model aileleri ile tek modelde toplanmış sorgu aşamalarının bir bileşimidir.

Tablo 5. Model aileleri ve görev paylaşımı

Model / çağrı	**Görev**	**Yapılandırma ve varsayılan**	**Gelişim**
Metin gömme	Parça, sorgu, ders ve hafıza vektörleri	Ortam ayarı; text-embedding-3-large, 1024 boyuta kısaltılmış	768 (paraphrase-multilingual-mpnet-base-v2, mayıs) → 1024 (multilingual-e5-large, haziran) → 1024 (OpenAI text-embedding-3-large, eylül 2026)
Sohbet LLM (istek kapsamlı)	Sorgu planlama, liste tabanlı yeniden sıralama, kanıt eleştirisi, cevap; cevapta en çok 5 kaynak görseli	Platform özellik anahtarı; kodda varsayılan gpt-5.4-mini	Haziran: panelde özellik bazlı seçim (7 alan); 26 Temmuz: ekran kaldırıldı; sorgu aşamaları tek modelde
Çapraz kodlayıcı	Yeniden sıralama	İsteğe bağlı dış servis (Cohere)	Haziranda eklendi, ağustosta kaldırıldı
İndeks anı özetleyici	Tablo ve metin özeti; görsel betimlemesi	Ortam ayarı; görsel için ayrı ayar tanımlı değilse aynı model	Eylülde eklendi
Görsel model (OCR)	Taranmış ya da bozuk metinli sayfaları okuma	Platform özellik anahtarı (görsel)	Belge işleme katmanında
Yapay zekâ yorumu	Cevaba kısa çelişki ve risk yorumu (ayrı çağrı)	Sohbet asistanı özellik anahtarı	Mükerrer Python çağrısı kaldırıldı (kod açıklaması: yaklaşık %6 maliyet)
Konuşma tanıma	Toplantı ses kayıtlarının metne dökülmesi	Varsayılan gpt-4o-mini-transcribe	Toplantı modülü; 103 kaydın kapsamı dışında

Not: Güncel kodda RAG sorgu aşamalarına ayrı LLM atanmamıştır; çok modellilik farklı görevlerde farklı model ailelerinin ve ayrı yapılandırılabilen çağrıların birlikte çalışmasını ifade eder.

3.13. Denenen ve Bırakılan Yöntemler

Tablo 6, gelişim sürecinde denenip bırakılan yöntemleri ve bırakılma nedenlerini göstermektedir. On iki yöntemin yedisinde gerekçe kayıtlarda açıkça yer alırken ikisinde kısmen yer almakta, üçünde (iki gömme modeli değişikliği ve model seçim ekranının kaldırılması) kayıtlı değildir. Bırakılan yöntemlerden dördünün ardında, canlı kullanımda geçersiz olduğu anlaşılan bir varsayım bulunmaktadır: sabit bir sözlüğün genellenebileceği, ek bir sıralama anahtarının zararsız olduğu, birleşik hücrenin üst satırdan doldurulabileceği ve izin verici bir istem ifadesinin modelce uygulanacağı varsayımları bunlardandır.

Tablo 6. Denenen ve bırakılan yöntemler

Yöntem	Dönem	Bırakılma nedeni	Yerine gelen	Gerekçe kaydı
Çift hat, kullanıcının mod seçmesi ve üç çözünürlüklü indeks	Mayıs → haziran (silinme ağustos)	Kullanıcıya teknik seçim yükü; kaynak yokken cevap riski	Tek hibrit motor ve kanıt kapısı	Var
Yerel paraphrase-multilingual-mpnet gömme (768)	Mayıs → haziran	—	multilingual-e5-large (1024)	Yok
Yerel multilingual-e5-large gömme (1024)	Haziran → eylül	—	OpenAI text-embedding-3-large (1024)	Yok
Panelde özellik bazlı model seçimi	Haziran → 26 Temmuz	Sadeleştirme (ayrıntı yok)	Platform ayarı; sorgu aşamaları tek modelde	Yok
Cohere çapraz kodlayıcıyla yeniden sıralama	Haziran → ağustos	“Kullanılmıyor” notuyla kaldırıldı	LLM liste tabanlı yeniden sıralama ya da RRF	Kısmi
Koda gömülü eş anlamlılar sözlüğü	Ağustos öncesi	Yeni konulara genellenemedi (yalnız kayıt beyanı)	LLM sorgu planlayıcı ve ikinci getirme turu	Var
Üst bağlamın 2200 karakterde kesilmesi	Haziran–ağustos	Talimattaki süre bilgisi cevaba ulaşmadı	Eşleşen parça çevresinde pencere	Var
Her soruda tam planlama–sıralama–eleştiri zinciri	Ağustos → eylül	Dakikalarca süren yanıt (kayıt beyanı)	Güçlü eşleşmede eleştirmenin atlanması	Var
Mesafe ve parça kimliğiyle sıralama	4–6 Eylül	HNSW kullanılamadı, tam tarama (kayıt beyanı ≈ 17 sn)	Önce mesafeyle dar aday kümesi, sonra satırlar	Var
Bölüm içinde 320 karakterlik alt parça (64 karakter örtüşme)	Haziran–eylül	Kelime içi örtüşme (“shall” → “hall”); Word/Excel ve tablo bütünlüğü hedefi	Kelime sınırlı örtüşme (5 Eylül); öğe tabanlı ayrıştırma (13 Eylül)	Kısmi
Boş/birleşik hücreyi üstten dolduran tablo çıkarıcı	Eylül–ekim	Yanlış hücre değerleri	v2 ızgara çıkarıcı ve sorgu anında kurtarma	Var
İzin verici istem kuralı (“kullanabilirsin”)	Ekime kadar	Genel bilgi yasağı baskın geldi	Yönlendirici hesap kuralı	Var

3.14. Hata Taksonomisi

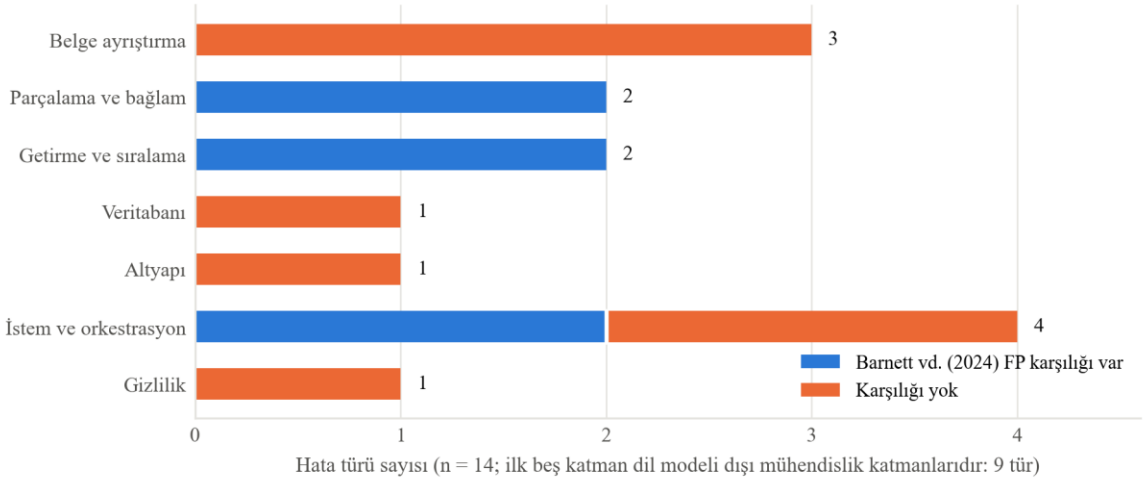
Değişiklik kayıtlarında ya da kod açıklamalarında belirtisi ve düzeltmesi tanımlanmış on dört hata türü Tablo 7'de ve Şekil 5'te katmanlarına göre sınıflandırılmıştır. Bunların dokuzu dil modelinin kendisinden değil, belge ayrıştırma (3), parçalama ve bağlam oluşturma (2), getirme ve sıralama (2), veritabanı (1) ve altyapı (1) katmanlarından kaynaklanmaktadır. Dördü istem ve orkestrasyon, biri gizlilik kaynaklıdır. Barnett vd. (2024) tarafından tanımlanan başarısızlık noktalarıyla eşleşen altı hata türü vardır; bunlar beş başarısızlık noktasına dağılır: ilgili belgelerin üst sıralarda yer almaması (FP2; iki tür), bağlama girmeme (FP3), çıkarılamama (FP4), yanlış biçim (FP5) ve eksik cevap (FP7). Diğer sekizi (üç belge ayrıştırma türü, veritabanı sorgu planı, altyapı, orkestrasyondaki boş çıktı işleme, indeks anı özetleme ve gizlilik) bu sınıflamanın dışında kalmaktadır. Sayılar hata türü düzeyindedir; hataların sıklığı ya da etkisi ölçülmemiştir. Yine de bu dağılım, canlı bir kurumsal RAG sisteminde incelenen on dört hata türünden beşinin (belge ayrıştırma, veritabanı ve altyapı) getirme ve üretim kalitesi tanımının dışında, klasik yazılım ve veri mühendisliği katmanlarında ortaya çıktığını göstermektedir.

Tablo 7. Hata taksonomisi

#	Hata	Katman	Düzeltme	Barnett vd. (2024)	Dönem
1	Kelime ortasından başlayan örtüşme (“shall” → “hall”)	Parçalama	Kelime sınırına hizalama; 9 belgeyi yeniden indeksleyen komut	FP2	Eylül
2	Sayım sorularında eksik liste	Getirme	Sayım modu, SQL envanteri, belge bazlı yayılım	FP7	Eylül
3	Kardeş standart ve ek tablo karışması	Sıralama	Kardeş ve ek korumaları; kardeş sızıntısı = 0 kapısı	FP2	Eylül
4	HNSW dizininin devre dışı kalması	Veritabanı	Yalnız mesafeyle sıralanan ara küme	—	Eylül
5	Birleşik hücrenin üst satırdan doldurulması	Belge ayrıştırma	v2 çıkarıcı; sorgu anında tablo kurtarma	—	Ekim
6	Eksik glif / bozuk font nedeniyle bölünen kelimeler	Belge ayrıştırma	Sayfanın görsel OCR'a yönlendirilmesi	—	Eylül
7	CMYK görsel nedeniyle tamamlanamayan indeksleme	Belge ayrıştırma	Görsel dönüşümü; mükerrer kuyruk satırına tolerans	—	Eylül
8	Sayfa sınırında bölünen formül	Bağlam oluşturma	Sayfa sınırı dikişi	FP3	Ekim
9	Vekil sunucu zaman aşımı; istekler arası ayar karışması	Altyapı	Kuyrukta üretim; istek kapsamlı durum	—	Eylül–ekim
10	Boş JSON çıktısının “kanıt yok” sayılması	İstem/orkestrasyon	Boş çıktı “bilinmiyor”; belirteç bütçesi; koşullu eleştirmen	—	Eylül
11	Sınıf adındaki akma değerinin kullanılmaması	İstem	Yönlendirici hesap kuralı	FP4	Ekim
12	Cevap dilinin soru diline uymaması	İstem	Kullanıcı mesajı başında dil kilidi	FP5	Ağustos
13	Özetleyicinin istemdeki örnek kodu tablo özetlerine kopyalaması	İstem (indeks anı)	Örneğin istemden çıkarılması; tabloda geçmeyen kod eklenmez	—	Ekim
14	Kişisel verinin dış servise gitmesi	Gizlilik	Sohbet çağrılarında maskeleme	—	Ağustos

Not: Katman ve FP eşlemesi yazarların kodlamasıdır. FP2: ilgili belgelerin üst sıralarda yer almaması; FP3: bağlama girmeme; FP4: çıkarılamama; FP5: yanlış biçim; FP7: eksik cevap; “—”: sınıflamada karşılığı yok.

Şekil 5. Hata türlerinin katmanlara göre dağılımı ve Barnett vd. (2024) başarısızlık noktalarıyla eşleşme



Kaynak: Tablo 7'den yazarların kodlamasıyla derlenmiştir (n = 14 hata türü).

3.15. Değerlendirme Altyapısı

Değerlendirme altyapısı küçük setlerden ve eşik tabanlı kapılardan oluşmaktadır (Tablo 8). Başlangıç seti 11 maddedir ve kendi açıklamasında gerçek kullanıcı sorularıyla 100–200 maddeye çıkarılması gerektiği belirtilmiştir. Varsayılan olarak kullanılan set, 19 maddesi 5–7 numaralı geri bildirimlerden türetilen 21 maddelik settir. Bu sette madde isabeti, sayım kapsamı ve yasaklı (kardeş) belge atfı da denetlenmektedir. Ekimdeki 11 ve 12 numaralı tablo geri bildirimleri de düzeltmeyle birlikte bir tablo regresyon setine dönüştürülmüştür. Değerlendirme komutu varsayılan olarak yalnızca getirmeyi ölçer, istenirse cevap üretip atıf denetimi yapar ve yönetici dersleriyle işaretlenmiş maddeleri de sete katabilir.

Geri bildirim döngüsü (Şekil 2) şu adımlardan oluşur: kullanıcı cevaba “beğendim”, “beğenmedim” ya da “hatalı” puanı verir ve kayıt, sorunun planlayıcı tarafından nasıl anlaşıldığını da içeren bir anlık görüntüyle “bekliyor” durumunda açılır. Yönetici kaydı “incelendi”, “çözüldü” ya da “reddedildi” olarak işaretler ve bir çözüm eylemi seçer: işlem gerekmez, belgeyi yeniden indeksle, içerik düzeltmesi, değerlendirme setine ekle, getirme ayarı ya da istem güncellemesi. “Değerlendirme setine ekle” eylemi bir etikettir; madde, sete elle eklenmektedir. Süper yönetici ayrıca ders yazabilir. Bu döngünün toplam kaç geri bildirimi kapsadığı değişiklik kayıtlarında belirtilmemiştir; kayıtlarda ve kod açıklamalarında adı geçenler 5–7 ve 9–12 numaralı geri bildirimlerdir.

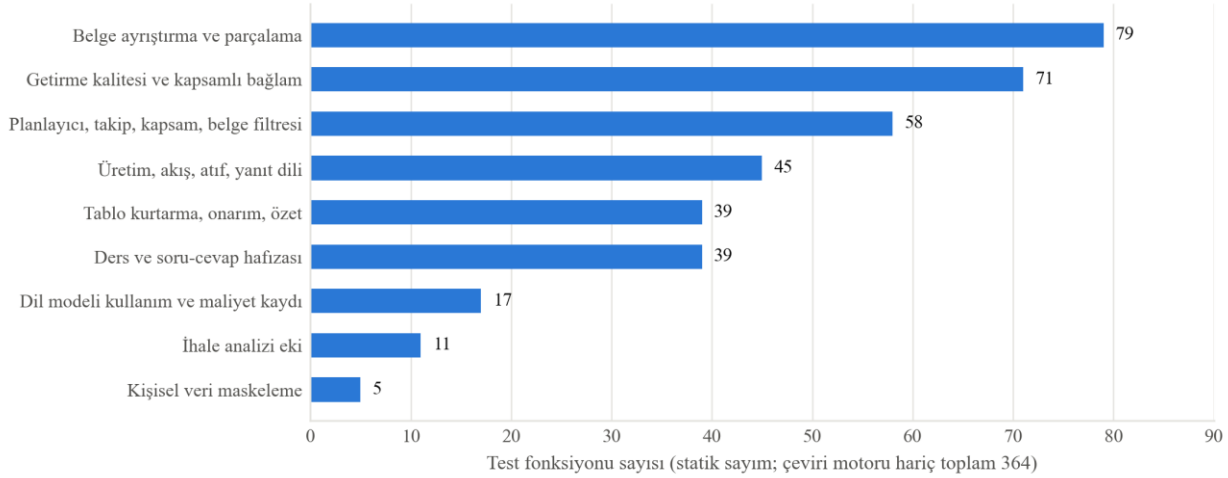
Tablo 8. Değerlendirme setleri ve kalite kapıları

Set / kapı	İçerik	Kural
Başlangıç seti	11 madde: 2 kolay, 3 orta, 1 zor, 5 tuzak (tümü cevapsız kalması beklenen)	—
Geri bildirim seti	21 madde: 10 orta, 8 zor, 3 tuzak (2'si cevapsız kalması beklenen); 5, 6 ve 7 numaralı geri bildirimlerden 7/8/4 madde, 2 madde bağımsız; 5 sayım sorusu	Varsayılan değerlendirme seti
Tüm bilgi bankaları seti	Aynı 21 madde, on bilgi bankasının dokuzu kapsamında	Gecikme hedefi bu setle izlenir
Tablo regresyon seti	3 madde ve yalnızca PDF biçiminde bulunan 2 tablo	Beklenen satırların tamamı eşleşmeli
Recall@K	Cevaplanabilir maddelerde doğru belgenin döndürülen K kaynak içinde yer alması (K: madde başına döndürülen kaynak sayısı)	< 0,8 ise başarısız
Cevapsızlık doğruluğu	Cevapsız kalması beklenen maddelerde “bilgi bulunamadı” cevabının verilmesi	< 1,0 ise başarısız
Madde isabeti	Doğru belgeden doğru madde numarası	< 0,8 ise başarısız
Sayım kapsamı	Sayım sorularında farklı belge sayısı alt sınırı	< 0,8 ise başarısız
Kardeş sızıntısı	Yasaklı belgeye atıf	> 0 ise başarısız
Tablo ve satır isabeti	Beklenen tablo ve ardışık hücre satırları (isteğe bağlı)	Etkinse < 1,0 ise başarısız

Not: Eşikler, altında kalındığında kapının başarısız sonuç döndürdüğü sınırlardır. Ortalama karşılıklı sıra (MRR) ile ortanca (p50) ve 95. yüzdelik (p95) gecikme yalnızca raporlanır. Karşılaştırmalı ölçüm sonuçları 3.16 alt bölümünde verilmiştir.

Birim testleri RAG servisinde 29 dosyada 465 test fonksiyonundan oluşmaktadır. Bunların 101'i belge çevirisi motoruna aittir. Kalan 364 testin alanlara dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Testlerin en çok belge ayrıştırma ve parçalama (79) ile getirme kalitesi (71) alanlarında toplanması, Tablo 7'deki hata türlerinin katmanlarıyla örtüşmektedir. Bu sayılar statik sayımdır; testlerin geçtiği bu çalışma kapsamında doğrulanmamıştır. PHP tarafında ise RAG'a özgü 13 dosyada 55 test bulunmaktadır. Değişiklik kayıtlarındaki süre ve sayı beyanları 3.6 ve 3.10 alt bölümlerinde verilmiş olup yeniden ölçülmemiştir.

Şekil 6. Python birim testlerinin işlev alanlarına dağılımı (çeviri motoru testleri hariç)



Kaynak: Test dosyalarındaki test fonksiyonlarının statik sayımı (17.10.2026).

3.16. Sorgu Hattı Bileşenlerinin Karşılaştırmalı Ölçümü

Geliştirilen bileşenlerin katkısını sayısal olarak değerlendirmek için 19 Ekim 2026'da yerel geliştirme ortamında karşılaştırmalı bir ölçüm yapılmıştır. Ölçümde sistemin değerlendirme aracının kullandığı istek yapısı ve ölçüt tanımları korunmuş; cevap metni üretilmeden yalnızca getirme sonucu ve kanıt kapısı kararı değerlendirilmiştir. Yerel indeks 346 belge ve 14 809 parçadan oluşmakta olup tümü güncel gömme modeliyle indekslenmiştir. Değerlendirme seti, geri bildirim setinin 21 maddesi ile başlangıç setinin 9 maddesinden oluşan 30 maddedir: 18 getirme maddesi, cevapsız kalması beklenen 7 kapsam dışı soru, 4 sayım kapsamı (asgari belge sayısı) denetimi ve yalnız sayım niyetinin tespitini sınayan 1 madde. Kardeş standart denetimi 8 maddede ek ölçüt olarak değerlendirilmiş; doğru karar oranı 18 getirme maddesi ile 7 kapsam dışı soru (25 madde) üzerinden hesaplanmış, sayım maddelerinin sonuçları raporlanmamıştır. Getirme maddelerinden biri standartta bulunmayan bir madde numarasını sorar; cevap üretilmediğinden bu maddede doğru standardın getirilmesi doğru sayılmıştır. Setlerdeki belge kimlikleri canlı ortama ait olduğundan beklenen belgeler, belge adlarına göre yerel indeksteki karşılıklarına eşlenmiş; aynı standardın birden çok sürümü bulunduğunda herhangi biri doğru kabul edilmiştir. Hedef belgesi belirsiz olan iki madde set dışında bırakılmıştır. Yerel indekste madde numarası meta verisi bulunmadığından madde isabeti karşılaştırmaya dâhil edilmemiştir. Tablo regresyon seti (3 soru) Y1 ve Y2 ile ayrıca çalıştırılmış ve iki yapılandırmada da üç soru "bilgi bulunamadı" sonucu vermiştir (0/3); bu sonucun nedeni bu çalışmada incelenmemiş ve set karşılaştırmanın dışında tutulmuştur.

Üç yapılandırma aynı indeks üzerinde, motor kodu değiştirilmeden yalnızca çalışma zamanı ayarlarıyla oluşturulmuştur. **Y0, ilk sürüme yakın biçimde yoğun vektör kolunu ve tek sorguyu kullanır (tablo çapası kolu, komşu parça ekleme, sayım modu, ek koruması ve tablo kurtarma üç yapılandırmada da açıktır; bk. 4.2);** tam metin, tam eşleşme ve belge kapsamı kolları, belge adı güçlendirmesi, sorgu planlayıcı, sorgu yeniden yazımı, terim sözlüğü genişletmesi, LLM ile yeniden sıralama, kanıt eleştirmeni, kardeş koruması, dersler ve soru-cevap hafızası kapalıdır. **Y1**, haziranda kurulan birleşik motora yakın biçimde Y0'a tam metin ve tam eşleşme kollarını ekler ve sonuçları RRF ile birleştirir; belge kapsamı kolu ve diğer bileşenler Y1'de de kapalıdır. **Y2**, tüm bileşenlerin açık olduğu güncel hattır. Kanıt kapısı birleşik motordan beri hattın parçası olduğundan üç yapılandırmada da çalışmaktadır; kapıdan bağımsız getirme başarımını görmek için kapıya giren sıralı aday listesi ayrıca kaydedilmiş ve ilk sekiz aday üzerinden kapı öncesi isabet hesaplanmıştır. Y0 ve Y1 dil modeli çağrısı içermediğinden deterministiktir; Y2 dil modeli çağrıları içerdiğinden iki kez (ölçüm sürücüsüyle ve sistemin

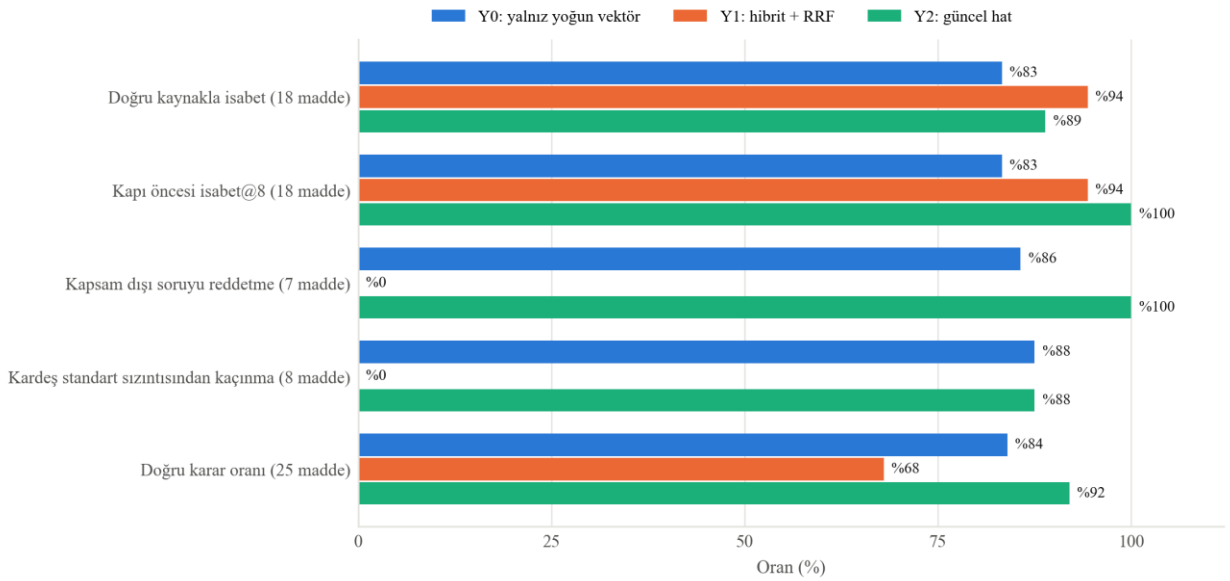
değerlendirme komutuyla) çalıştırılmış ve iki koşunun değerleri aralık olarak verilmiştir. Sonuçlar Tablo 9'da ve Şekil 7'de sunulmuştur.

Tablo 9. Sorgu hattı yapılandırmalarının karşılaştırmalı ölçüm sonuçları

Gösterge	**Y0: yalnız yoğun vektör**	**Y1: hibrit + RRF**	**Y2: güncel hat**
Doğru kaynakla isabet, Recall@K (18 madde)	15/18 (0,833)	17/18 (0,944)	16–17/18 (0,889–0,944)
Ortalama karşılıklı sıra, MRR	0,685	0,786	0,861–0,889
Kapı öncesi isabet@8 (18 madde)	15/18 (0,833)	17/18 (0,944)	18/18 (1,000)
Kapı öncesi MRR@8	0,657	0,786	0,925
Kapsam dışı soruyu reddetme (7 madde)	6/7	0/7	7/7
Kardeş standart sızıntısı (8 madde; düşük olan iyi)	1/8	8/8	1/8
Doğru karar oranı (18 getirme maddesi + 7 kapsam dışı soru)	21/25 (%84)	17/25 (%68)	23–24/25 (%92–96)
Motor içi süre, ortanca	0,62 sn	0,64 sn	6,4 sn

Not: Ölçüm 19.10.2026'da yerel geliştirme ortamında, yalnız getirme modunda yapılmıştır. Doğru karar: getirme maddesinde doğru belgenin kaynaklar arasında yer alması, kapsam dışı soruda “bilgi bulunamadı” kararı verilmesi. Süreler süreç başlatma süresini içermez. Y2 aralıkları iki koşunun değerleridir; kapı öncesi göstergeler ve motor içi süre yalnızca bunları kaydeden ilk koşudan hesaplanmıştır. Recall@K'de K, madde başına döndürülen kaynak sayısıdır.

Şekil 7. Üç yapılandırmanın temel göstergeler bakımından karşılaştırılması



Not: Y2 için iki koşudan düşük olanın değerleri gösterilmiştir (kapı öncesi isabet yalnız ilk koşudan); diğer koşuda doğru kaynakla isabet %94, doğru karar oranı %96'dır.

Sonuçlar üç gözlem ortaya koymaktadır. Birincisi, hibrit getirme (Y1) doğru kaynakla isabeti 15/18'den 17/18'e, MRR'yi 0,685'ten 0,786'ya çıkarmıştır. İkincisi, aynı yapılandırma kanıt kapısının ayırt ediciliğini ortadan kaldırmıştır: yeniden sıralayıcı bulunmadığında kapı sözcüksel eşleşmeyi doğrulayıcı kanıt saydığından kapsam dışı yedi sorunun tamamına kaynak göstermiş (0/7) ve kardeş standart denetimlerinin tamamında yasaklı sürümü kaynaklar arasına almıştır (8/8). Üçüncüsü, güncel hat (Y2) bu dengeyi yeniden kurmuştur: kapsam dışı soruların tamamını reddetmiş (7/7), kardeş sızıntısını 1/8'e indirmiş ve kapı öncesi sıralamada doğru belgeyi 18 sorunun tamamında ilk sekiz aday içinde bulmuştur (MRR@8 = 0,925). Doğru karar oranı Y0'da %84, Y1'de %68, Y2'de %92–96 olarak ölçülmüştür. İlk Y2 koşusunda kaçırılan her getirme maddesinde doğru belge ilk sekiz aday içinde yer almış, ancak son kaynak listesine girmemiştir; kaybın hangi adımda oluştuğu kaydedilmemiştir. Bu kazanımın bir maliyeti vardır: motor içi ortanca süre Y0 ve Y1'de yaklaşık 0,6 saniye iken Y2'de 6,4 saniyedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

4.1. Tartışma

AS1 açısından bulgular, incelenen hata türlerinin çoğunun dil modelinin yeteneğinden değil, belgenin modele ulaşana kadar geçtiği katmanlardan kaynaklandığını göstermektedir. Barnett vd.'nin (2024) RAG sistemlerinin sağlamlığının tasarım anında değil işletim sırasında geliştiği yönündeki gözlemi bu çalışmadaki gelişim süreciyle de örtüşmektedir; ayrıca belge ayrıştırma, veritabanı sorgu planı, altyapı ve gizlilik gibi o sınıflamanın dışında kalan hata türleri de belirgindir. Tablo soru-cevabı için özel modeller geliştirilmesi (Herzig vd., 2020) tabloların düz metinden farklı ele alınması gereğine işaret etmektedir; parçalama biçiminin farklı alanlarda getirme doğruluğunu etkilediği de gösterilmiştir (API belirtimlerinde Pesl vd., 2026; uzun endüstriyel belgelerde Shin vd., 2025). Bu çalışmalarla uyumlu olarak, dil modeli dışındaki dokuz hata türünün beşi belge ayrıştırma ile parçalama ve bağlam oluşturma katmanlarında yer almaktadır (Tablo 7). Eylülde tablo bütünlüğü için yapılan değişikliğin ekimde düzeltilmesi gereken yeni bir tablo hatasına yol açması, bu katmanların regresyon testleri olmadan değiştirilmesinin riskini de göstermektedir. Türkçe soru ile İngilizce standart arasındaki dil uyuşmazlığını gidermek için çok dilli gömmeye (L. Wang vd., 2024) ek olarak indeks anında çift dilli terim

eklenmesi ve sorgunun terim sözlüğüyle genişletilmesi köprü olarak benimsenmiştir. Tam metin kolunun korunması, bu kol BM25 değil ts_rank kullansa da, BM25'in alan dışı genellemede güçlü bir temel olduğunu gösteren bulguyla (Thakur vd., 2021) tutarlıdır; çift dilli terim ekleme ise bu çalışmaya özgü bir çözümdür ve etkisi ölçülmemiştir.

AS2 açısından yöntem değişikliklerinin ortak özelliği, sabit kurallarla çözülen işlerin dil modeli tabanlı ve koşullu çalışan bileşenlere devredilmesidir. Koda gömülü sözlük yerine sorgu yeniden yazımı (Ma vd., 2023) getirilmiş, her soruda çalışan eleştirmen zinciri yerine yalnız gerektiğinde çalışan bir düzeltme turu benimsenmiştir. İkincisi CRAG (Yan vd., 2024) ve Self-RAG (Asai vd., 2024) ile kavramsal olarak örtüşür, ancak eğitilmiş bir değerlendirici yerine istemle çalışan aynı dil modelini kullanır. Çapraz kodlayıcı (Nogueira ve Cho, 2019) yerine liste tabanlı LLM yeniden sıralamasına (Sun vd., 2023) benzer bir yöntemin kullanılması ek bir servis ve anahtar gereksinimini ortadan kaldırmış, buna karşılık yeniden sıralamayı cevap modeliyle aynı servise bağımlı kılmıştır. Model düzeyinde ise ters yönlü iki eğilim görülmektedir: görev türleri (gömme, özetleme, görsel okuma, konuşma tanıma) ayrı model ailelerine dağılırken sorgu aşamaları tek bir sohbet modelinde toplanmıştır. Karşılaştırmalı ölçüm bu yönle tutarlıdır: hibrit getirme tek başına isabeti artırırken kanıt kapısının ayırt ediciliğini bozmuş; dil modeli çağrılarını içeren bileşenlerin birlikte açık olduğu güncel hat ise isabeti benzer düzeyde (16–17/18) tutarak kapsam dışı soruların tamamını reddetmiştir (Tablo 9). Bileşenlerin tek tek katkısı ayrıca ölçülmemiştir. Gömme modelinin iki kez değiştirilmesinin ve model seçim ekranının kaldırılmasının gerekçesi kayıtlı olmadığından bu kararlar hakkında yorum yapılmamıştır. Bu durum, gerekçesi değişiklik kaydına yazılmayan kararların geriye dönük olarak çözümlenemediğini göstermektedir.

AS3 açısından halüsinasyon, yetki ve gizlilik gereksinimleri yalnız istem talimatlarına bırakılmamış, yapısal denetimlere dönüştürülmüştür. Kaynak yetersizse cevap üretmeyen kanıt kapısı ve kaynak listesinde karşılığı olmayan atıfları temizleyen atıf denetimi halüsinasyon riskini (Ji vd., 2023), getirme öncesi SQL filtresi yetkisiz erişim riskini, güvenilmez veri blokları dolaylı istem enjeksiyonu riskini (Greshake vd., 2023) azaltmaya yöneliktir. Sohbet çağrılarındaki kişisel veri maskesi de dış servise aktarılan kişisel veriyi en aza indirmeyi amaçlar; bu amaç 6698 sayılı Kanun'un ölçülülük ilkesiyle ilişkilidir (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, 2016, m. 4) ve dil modellerinin eğitim verisini sızdırabildiğini gösteren bulgu (Carlini vd., 2021) bu önlem için dolaylı bir gerekçe sunar. Ancak 13 Eylül'de gömmenin bulut servisine taşınmasıyla sorgu ve parça metinleri maskelenmeden kurum dışına çıkmaya başlamıştır; bu, veri yerelliğinden ödün verilmesi anlamına gelir; geçişin gerekçesi ve bu ödünleşim kayıtlarda değerlendirilmemiştir. Düzenleyici metinlerde izlenebilirliği öne çıkaran Ali vd. (2026) gibi bu çalışma da güvenilirliği bir mühendislik özelliği olarak ele almaktadır. Bilgi grafiği kullanan endüstriyel çalışmalardan (Arazzi vd., 2025; S. Liu vd., 2026; Wan vd., 2025) farklı olarak burada yapı, ilişkisel meta veri, hafif parça ilişkileri ve yapılandırılmış kurum verisiyle sağlanmıştır. Niyet ayrımı da kural tabanlıdır; bu yönüyle sistem, deterministik kurallarla LLM'i birleştiren hibrit mimarilere (González-Potes vd., 2026) yakındır.

AS4 açısından kullanıcı geri bildirimi, kayıtlarda adı geçen iki örnekte düzeltmeyle birlikte değerlendirme maddesine dönüştürülmüştür: 5–7 numaralı geri bildirimler 21 maddelik setin 19 maddesine, 11–12 numaralı geri bildirimler tablo regresyon setine dönüşmüş; her iki durumda da set, düzeltmeyle aynı gün eklenmiştir. Puanlama, yönetici incelemesi, çözüm eylemi, ders ve çözüm bildirimi adımları bu dönüşümü bir iş akışına bağlamaktadır. Yönetici onaylı dersler ve yalnız incelenmiş kayıtlardan beslenen hafıza, yönetici denetimli bir öğrenme düzeneği oluşturur. Ancak döngünün kaç geri bildirimi kapsadığı ve geri bildirimlerin kaçının düzeltmeyle sonuçlandığı kayıt altına alınmamıştır; sadakat gibi üretim kalitesi ölçütleri (Es vd., 2024) de henüz ölçülmemekte, kapılar getirme odaklı kalmaktadır.

4.2. Sınırlılıklar

Karşılaştırmalı ölçüm, güncel indeks üzerinde sorgu hattı bileşenlerinin katkısını ölçmektedir; ilk sürümün parçalama yöntemi ve gömme modeli yeniden üretilmediğinden indeksleme değişikliklerinin (ör. öğe tabanlı parçalama, gömme modeli) etkisi ayrıca ölçülmemiştir. Ölçüm yalnız getirme modunda yapılmış, üretilen cevap metninin doğruluğu değerlendirilmemiştir. Komşu parça ekleme, tablo çapası, sayım modu, ek koruması ve tablo kurtarma tüm yapılandırmalarda açık bırakılmıştır. Yerel indeks canlı ortamdan farklıdır ve beklenen belgeler adlarına göre yeniden eşlenmiştir. Kayıtlardaki süre ve sayılar yeniden ölçülmemiştir. Değerlendirme setleri küçüktür (karşılaştırmada 25 karar maddesi; bir–iki maddelik farklar istatistiksel olarak sınanmamıştır) ve hata taksonomisi tür düzeyindedir; sıklık ve etki bilgisi içermez. Yazarlar sistemin geliştirilmesinde de yer almıştır ve bulgular tek bir kurumda geliştirilen sisteme dayanır (bk. 2.4). Bazı kararların (iki gömme modeli değişikliği ve model seçim ekranının kaldırılması) gerekçesi kayıtlı değildir; Cohere entegrasyonunun canlı ortamda etkin olup olmadığı da belirlenememiştir. Kişisel veri maskesi ad–soyadı kapsamamakta ve görsel içeriğe uygulanamamaktadır; 13 Eylül'den beri gömme ve indeks anı özet girdileri dış servise maskelenmeden gitmektedir. Dış bir dil modeli servisinin kullanımı, kişisel verilerin yurt dışına aktarımına ilişkin hükümler açısından ayrıca hukuki değerlendirme gerektirir. Bu bildiri hukuki uygunluk iddiası taşımamaktadır.

4.3. Öneriler ve Gelecek Çalışmalar

Benzer asistan geliştiren ekipler için şu öneriler çıkarılabilir: (1) Değerlendirme seti ve eşik tabanlı kapı ilk sürümle birlikte kurulmalıdır; incelenen sistemde ilk birim testleri ve değerlendirme kapısı ancak dördüncü ayda eklenmiştir. (2) Tablolar ve formüller asli veri türü olarak ele alınmalı, çıkarıcı varsayımları (ör. birleşik hücre doldurma) erkenden ve regresyon setiyle sınanmalıdır. (3) Çok dilli belge kümelerinde indeks anında çift dilli terim eklenmesi denenebilecek bir köprü seçeneğidir; etkisi değerlendirme setiyle ölçülmelidir. (4) Getirme planı, kapı kararı ve tur sayısı her soru için günlüğe yazılmalıdır; belirli bir kaynağın neden getirilmediği ancak böyle açıklanabilir. (5) Veritabanı sorgusuna eklenen her sıralama ya da filtre, sorgu planı üzerinden doğrulanmalıdır. (6) İstem kuralları izin verici değil yönlendirici yazılmalı, yasaklarla çatışan istisnalar açıkça belirtilmeli; indeks anında çalışan istemlere örnek değer konmamalıdır. (7) Kişisel kaynaklı cevaplar ortak hafızadan ayrı tutulmalı ve gömme gibi arka plan çağrılarının da gizlilik etkisi model değişikliklerinde yeniden değerlendirilmelidir.

Gelecek çalışmalarda değerlendirme setinin gerçek kullanıcı sorularıyla 100–200 maddeye çıkarılması planlanmaktadır. Bu genişletmede, Çince alana özgü belgeler için geliştirilmiş, otomatik soru-cevap çifti üreten yöntemin (Duan vd., 2025) uyarlanması değerlendirilebilir. İndeksleme değişikliklerinin etkisinin geçmiş sürümlerle yeniden indeksleme yapılarak ölçülmesi, üretilen cevap metninin doğruluğunun değerlendirilmesi, sadakat ölçümü (Es vd., 2024), HyDE (L. Gao vd., 2023) ile karşılaştırma ve aşama başına daha küçük modeller atanarak maliyetin düşürülmesi diğer planlanan çalışmalardır. Gerçek hiyerarşik bölüm yapısı ve dağılıma duyarlı eşikler (Yang ve Wang, 2026), ad–soyad için varlık tanıma tabanlı maskeleme ve gömme için yerel model seçeneği de araştırılacaktır.

4.4. Sonuç

Bu çalışma, bir çelik boru üreticisinin kurumsal asistanının beş aylık gelişimini 103 değişiklik kaydı üzerinden on tematik aşamada incelemiştir. Yalnız vektör aramasına dayanan çift hatlı ilk sürüm zamanla hibrit getirme, kanıt kapısı, sorgu planlayıcı ve eleştirmen, Türkçe–İngilizce köprüsü, öğe tabanlı çok biçimli indeksleme, sorgu anında tablo kurtarma, kişisel veri maskeleme ve yönetici onaylı öğrenme döngüsüne sahip bir sisteme dönüşmüştür. Bu sistemde metin gömme modeli, çok kipli sohbet modeli, belge okumada görsel model ve konuşma tanıma modeli görev paylaşmaktadır. Bulguların temel sonucu, incelenen on dört hata türünden dokuzunun dil modelinin dışındaki katmanlarda yer almasıdır: belge ayrıştırma, parçalama ve bağlam oluşturma, getirme ve sıralama, veritabanı sorgu planı ve altyapı.

Dönemin somut göstergeleri şunlardır: RAG bileşenlerine ilişkin 103 değişiklik kaydı yapılmış; Python birim test dosyası sayısı 0'dan 29'a, test fonksiyonu sayısı 465'e (çeviri motoru hariç 364) ulaşmıştır. Kullanıcı geri bildirimlerinden, 21 maddelik değerlendirme setinin 19 maddesi ile 3 soru ve yalnızca PDF biçiminde bulunan 2 tablodan oluşan ayrı bir tablo regresyon seti türetilmiş; kalite kapısı Recall@K ≥ 0,8, cevapsızlık doğruluğu = 1,0, madde isabeti ≥ 0,8, sayım kapsamı ≥ 0,8 ve kardeş sızıntısı = 0 eşikleriyle tanımlanmıştır. Değişiklik kayıtlarına göre içerik sorusu başına 2–5 dakikalık cevap süresine ve vektör sorgusu başına yaklaşık 17 saniyelik gecikmeye yol açan nedenler giderilmiş; 255 PDF'teki 515 tabloda üst satırdan doldurulmuş 11 193 hücrenin cevaplara yansımasını önlemek için bağlama giren tablolar sorgu anında kaynaktan yeniden okunmaya başlanmıştır; bu önlemin etkisi ölçülmemiştir. Aynı indeks üzerinde yapılan karşılaştırmalı ölçümde doğru karar oranı ilk sürüme yakın yapılandırmada %84, birleşik motora yakın yapılandırmada %68, güncel hatta %92–96 olarak ölçülmüş; kapsam dışı soruların reddi 6/7'den 7/7'ye, kapı öncesi isabet 15/18'den 18/18'e yükselmiştir. Bu kazanım, motor içi ortanca sürenin yaklaşık 0,6 saniyeden 6,4 saniyeye çıkması pahasına elde edilmiştir.

BEYANLAR

Gizlilik ve etik: Çalışma, uygulamanın yapıldığı şirketle yapılan gizlilik sözleşmesine tabidir. Analiz kaynak kod, sürüm kontrol geçmişi, test ve değerlendirme dosyaları üzerinde yapılmış; karşılaştırmalı ölçüm (3.16) yerel geliştirme ortamındaki indeks üzerinde yalnız getirme sonuçları kaydedilerek yürütülmüştür. Canlı veritabanı, kullanıcı kayıtları ve belge içerikleri incelenmemiş; kişisel veri, müşteri ve ihale bilgisi, fiyat ya da ticari sır niteliğinde içerik bildiriye alınmamıştır.

Çıkar çatışması: Yazarlar, incelenen sistemin geliştirilmesinde yer almıştır.

Yapay zekâ kullanımı: Sistemin yazılım geliştirme sürecinde ve bu bildirinin hazırlanmasında yapay zekâ destekli araçlardan yararlanılmıştır. Tüm içerik, sayılar ve kaynaklar yazarlar tarafından doğrulanmıştır.

KAYNAKLAR

Ali, Ş., Oprea, S.-V., & Bâra, A. (2026). Engineering trustworthy retrieval-augmented generation for EU electricity market regulation. *Electronics, 15*(4), Article 749. https://doi.org/10.3390/electronics15040749

Anthropic. (2024, 19 Eylül). *Introducing contextual retrieval*. https://www.anthropic.com/research/contextual-retrieval

Arazzi, M., Marconi Sciarroni, M., Nocera, A., & Storti, E. (2025). RAG-IoE: IoT context-aware information retrieval with large language models in Industry 5.0. *ACM Transactions on Internet of Things, 6*(4), 1–31. https://doi.org/10.1145/3762669

Artifex Software. (t.y.). *PyMuPDF documentation*. https://pymupdf.readthedocs.io/

Asai, A., Wu, Z., Wang, Y., Sil, A., & Hajishirzi, H. (2024). Self-RAG: Learning to retrieve, generate, and critique through self-reflection. *The Twelfth International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)* içinde. https://proceedings.iclr.cc/paper_files/paper/2024/hash/25f7be9694d7b32d5cc670927b8091e1-Abstract-Conference.html

Barnett, S., Kurniawan, S., Thudumu, S., Brannelly, Z., & Abdelrazek, M. (2024). Seven failure points when engineering a retrieval augmented generation system. *Proceedings of the IEEE/ACM 3rd International Conference on AI Engineering – Software Engineering for AI* içinde (ss. 194–199). ACM. https://doi.org/10.1145/3644815.3644945

Carlini, N., Tramèr, F., Wallace, E., Jagielski, M., Herbert-Voss, A., Lee, K., Roberts, A., Brown, T., Song, D., Erlingsson, Ú., Oprea, A., & Raffel, C. (2021). Extracting training data from large language models. *30th USENIX Security Symposium (USENIX Security 21)* içinde (ss. 2633–2650). USENIX Association. https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity21/presentation/carlini-extracting

Cormack, G. V., Clarke, C. L. A., & Büttcher, S. (2009). Reciprocal rank fusion outperforms Condorcet and individual rank learning methods. *Proceedings of the 32nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval* içinde (ss. 758–759). ACM. https://doi.org/10.1145/1571941.1572114

Duan, J., Wang, M., Wu, Y., Yang, Y., Su, D., & Lin, Q. (2025). Automated question-answer pair generation for continuous documentation in Chinese domains. *2025 5th International Conference on Artificial Intelligence, Big Data and Algorithms (CAIBDA)* içinde (ss. 516–521). IEEE. https://doi.org/10.1109/CAIBDA65784.2025.11183001

Es, S., James, J., Espinosa Anke, L., & Schockaert, S. (2024). RAGAs: Automated evaluation of retrieval augmented generation. *Proceedings of the 18th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations* içinde (ss. 150–158). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2024.eacl-demo.16

Gao, L., Ma, X., Lin, J., & Callan, J. (2023). Precise zero-shot dense retrieval without relevance labels. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)* içinde (ss. 1762–1777). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.99

Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., Dai, Y., Sun, J., Wang, M., & Wang, H. (2023). *Retrieval-augmented generation for large language models: A survey* (arXiv:2312.10997). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.10997

González-Potes, A., Martínez-Castro, D., Paredes, C. M., Ochoa-Brust, A., Mena, L. J., Martínez-Peláez, R., Félix, V. G., & Félix-Cuadras, R. A. (2026). Hybrid AI and LLM-enabled agent-based real-time decision support architecture for industrial batch processes: A Clean-in-Place case study. *AI, 7*(2), Article 51. https://doi.org/10.3390/ai7020051

Greshake, K., Abdelnabi, S., Mishra, S., Endres, C., Holz, T., & Fritz, M. (2023). Not what you've signed up for: Compromising real-world LLM-integrated applications with indirect prompt injection. *Proceedings of the 16th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security* içinde (ss. 79–90). ACM. https://doi.org/10.1145/3605764.3623985

Herzig, J., Nowak, P. K., Müller, T., Piccinno, F., & Eisenschlos, J. (2020). TaPas: Weakly supervised table parsing via pre-training. *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* içinde (ss. 4320–4333). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.398

Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly, 28*(1), 75–106. https://doi.org/10.2307/25148625

Ji, Z., Lee, N., Frieske, R., Yu, T., Su, D., Xu, Y., Ishii, E., Bang, Y. J., Madotto, A., & Fung, P. (2023). Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys, 55*(12), 1–38. https://doi.org/10.1145/3571730

Karpukhin, V., Oguz, B., Min, S., Lewis, P., Wu, L., Edunov, S., Chen, D., & Yih, W. (2020). Dense passage retrieval for open-domain question answering. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)* içinde (ss. 6769–6781). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.550

Khaliq, A., & Adebayo, K. J. (2026). DKC-LLM: Dynamic knowledge caching for large language models in business applications. *IEEE Access, 14*, 22318–22334. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3662344

Kişisel Verilerin Korunması Kanunu, Kanun No. 6698. (2016, 7 Nisan). *Resmî Gazete* (Sayı: 29677). https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6698&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. H. Larochelle, M. Ranzato, R. Hadsell, M. F. Balcan, & H. Lin (Ed.), *Advances in Neural Information Processing Systems* içinde (C. 33, ss. 9459–9474). Curran Associates. https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/6b493230205f780e1bc26945df7481e5-Abstract.html

Liu, N. F., Lin, K., Hewitt, J., Paranjape, A., Bevilacqua, M., Petroni, F., & Liang, P. (2024). Lost in the middle: How language models use long contexts. *Transactions of the Association for Computational Linguistics, 12*, 157–173. https://doi.org/10.1162/tacl_a_00638

Liu, S., Xie, H., Lei, Y., Zhao, J., & Song, X. (2026). LLM-augmented causal-knowledge heterogeneous graph framework for interpretable reasoning and collaborative knowledge fusion in automotive chip production. *Expert Systems with Applications, 311*, Article 131343. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2026.131343

Ma, X., Gong, Y., He, P., Zhao, H., & Duan, N. (2023). Query rewriting in retrieval-augmented large language models. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* içinde (ss. 5303–5315). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.322

Malkov, Y. A., & Yashunin, D. A. (2020). Efficient and robust approximate nearest neighbor search using hierarchical navigable small world graphs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 42*(4), 824–836. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2889473

Medeiros, T., Medeiros, M., Andrade, M., Silva, M., Silva, I., Gaffurini, M., Brandão, D., & Ferrari, P. (2025). Tailoring RAG strategies for industrial protocols: A comparative study on PROFIBUS document retrieval using Gemma and GPT models. *2025 IEEE 30th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* içinde (ss. 1–8). IEEE. https://doi.org/10.1109/ETFA65518.2025.11205618

Murtiyoso, Tahyudin, I., & Berlilana. (2025). A systematic review of retrieval-augmented generation for enhancing domain-specific knowledge in large language models. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika, 9*(2), 969–977. https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i2.14824

Nogueira, R., & Cho, K. (2019). *Passage re-ranking with BERT* (arXiv:1901.04085). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.04085

Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. *Organization Science, 5*(1), 14–37. https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14

OpenAI. (2024, 25 Ocak). *New embedding models and API updates*. https://openai.com/index/new-embedding-models-and-api-updates/

Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems, 24*(3), 45–77. https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

Pesl, R. D., Mathew, J. G., Mecella, M., & Aiello, M. (2026). Retrieval-augmented generation for service discovery: Chunking strategies and benchmarking. *IEEE Transactions on Services Computing, 19*(2), 1520–1534. https://doi.org/10.1109/TSC.2026.3665441

pgvector. (t.y.). *pgvector: Open-source vector similarity search for Postgres* [Bilgisayar yazılımı]. GitHub. https://github.com/pgvector/pgvector

PostgreSQL Global Development Group. (t.y.). *Controlling text search* (PostgreSQL belgeleri, Bölüm 12.3). https://www.postgresql.org/docs/current/textsearch-controls.html

Reimers, N., & Gurevych, I. (2020). Making monolingual sentence embeddings multilingual using knowledge distillation. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)* içinde (ss. 4512–4525). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.365

Robertson, S., & Zaragoza, H. (2009). The probabilistic relevance framework: BM25 and beyond. *Foundations and Trends in Information Retrieval, 3*(4), 333–389. https://doi.org/10.1561/1500000019

Sarthi, P., Abdullah, S., Tuli, A., Khanna, S., Goldie, A., & Manning, C. D. (2024). RAPTOR: Recursive abstractive processing for tree-organized retrieval. *The Twelfth International Conference on Learning Representations (ICLR 2024)* içinde. https://proceedings.iclr.cc/paper_files/paper/2024/hash/8a2acd174940dbca361a6398a4f9df91-Abstract-Conference.html

Shi, J., Shi, F., Zhao, Y., Chen, Q., Jiang, H., Chen, L., & Zheng, Y. (2025). Large language model enabled industrial document generation method based on retrieval enhanced prompt learning. *2025 IEEE 21st*

International Conference on Automation Science and Engineering (CASE) içinde (ss. 1577–1583). IEEE. https://doi.org/10.1109/CASE58245.2025.11163775

Shin, J., Park, C., Park, J., Seo, J., & Lim, H. (2025). MultiDocFusion: Hierarchical and multimodal chunking pipeline for enhanced RAG on long industrial documents. *Proceedings of the 2025 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* içinde (ss. 20985–21004). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2025.emnlp-main.1062

Sun, W., Yan, L., Ma, X., Wang, S., Ren, P., Chen, Z., Yin, D., & Ren, Z. (2023). Is ChatGPT good at search? Investigating large language models as re-ranking agents. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* içinde (ss. 14918–14937). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.923

Thakur, N., Reimers, N., Rücklé, A., Srivastava, A., & Gurevych, I. (2021). BEIR: A heterogeneous benchmark for zero-shot evaluation of information retrieval models. *Thirty-fifth Conference on Neural Information Processing Systems Datasets and Benchmarks Track (Round 2)* içinde. https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.08663

Wan, Y., Chen, Z., Liu, Y., Chen, C., & Packianather, M. (2025). Empowering LLMs by hybrid retrieval-augmented generation for domain-centric Q&A in smart manufacturing. *Advanced Engineering Informatics, 65*, Article 103212. https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103212

Wang, L., Yang, N., Huang, X., Jiao, B., Yang, L., Jiang, D., Majumder, R., & Wei, F. (2022). *Text embeddings by weakly-supervised contrastive pre-training* (arXiv:2212.03533). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.03533

Wang, L., Yang, N., Huang, X., Yang, L., Majumder, R., & Wei, F. (2024). *Multilingual E5 text embeddings: A technical report* (arXiv:2402.05672). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.05672

Yan, S.-Q., Gu, J.-C., Zhu, Y., & Ling, Z.-H. (2024). *Corrective retrieval augmented generation* (arXiv:2401.15884). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.15884

Yang, D., & Wang, J. (2026). HiSem-RAG: A hierarchical semantic-driven retrieval-augmented generation method. *Applied Sciences, 16*(2), Article 903. https://doi.org/10.3390/app16020903

Ye, Z., Qi, D., Liu, H., & Zhang, S. (2025). IHGR-RAG: An enhanced retrieval-augmented generation framework for accurate and interpretable power equipment condition assessment. *Electronics, 14*(16), Article 3284. https://doi.org/10.3390/electronics14163284

YABANCI DİL OLARAK TÜRKÇE ÖĞRETİMİNDE KÜLTÜREL İÇERİK ODAKLI, RAG VE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ WEB TABANLI EĞİTİM PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Çağla SEZER[1] / Dr. Öğr. Üyesi Kadir TOHMA[2]

[1] İskenderun Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, caglasezer2002@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5537-4614

[2] İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, kadir.tohma@iste.edu.tr,

ORCID: 0000-0002-2631-7810

Özet

Dijital teknolojilerin gelişmesi, eğitim alanında kullanılan araçların çeşitlenmesini sağlamış ve bu araçların yabancı dil öğretimindeki kullanımını yaygınlaştırmıştır. Yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde dil bilgisi kurallarının ve sözcüklerin anlamlarının öğretilmesinin yanı sıra kültürel unsurların öğrenenlerin dil yeterlilik düzeylerine uygun aktarılması da önem taşımaktadır. Deyimler, atasözleri, gelenekler ve günlük yaşam ifadeleri, öğrenenlerin dili kültürel bağlamıyla birlikte anlamalarına katkı sağlamaktadır. Büyük dil modellerinin eğitim alanında kullanımının yaygınlaşması, bu tür içeriklerin etkileşimli biçimde sunulmasına olanak tanırken üretilen bilgilerin doğruluğu, tutarlılığı, güvenilirliği ve öğrenenlerin dil seviyelerine uygunluğu önemli araştırma problemleri arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, yabancı dil olarak Türkçe öğrenen bireylere yönelik kültürel içerik temelli bir web tabanlı öğrenme platformunun geliştirilmesinde büyük dil modelleri ve Geri Getirme Destekli Üretim (Retrieval-Augmented Generation, RAG) yaklaşımının kullanımı ele alınmaktadır. Yöntemin geliştirilmesine yönelik gerçekleştirilen ön çalışmada, Türk kültürünü yansıtan deyim, atasözü, gelenek ve günlük yaşam ifadelerini içeren sentetik veriler kullanılmıştır. Oluşturulan kültürel bilgi tabanındaki içerikler, Diller İçin Avrupa Ortak Başvuru Çerçevesi (CEFR) düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Sistemin temelinde, kullanıcı sorgularıyla ilişkili kültürel bilgiler RAG mimarisi aracılığıyla bilgi tabanından alınarak büyük dil modeline aktarılmakta ve bu bilgiler doğrultusunda kullanıcının belirlenen CEFR düzeyine uygun olarak yanıtlar üretilmektedir. Ayrıca kültürel içeriklerin diyalog, hikâye ve etkileşimli öğrenme etkinlikleri aracılığıyla sunulması desteklenmektedir. Sentetik verilerle gerçekleştirilen bu ön çalışma, RAG yaklaşımı ile büyük dil modellerinin kültürel temelli Türkçe öğretiminde birlikte kullanımını ele almakta ve kültürel bilgi tabanından yararlanılarak farklı dil yeterlilik düzeylerine uygun yanıtların üretilebildiği bir uygulama örneği sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yabancı Dil Olarak Türkçe Öğretimi, Büyük Dil Modelleri, RAG, Kültürel İçerik, CEFR

DEVELOPMENT OF A WEB-BASED EDUCATIONAL PLATFORM FOCUSED ON CULTURAL CONTENT AND SUPPORTED BY RETRIEVAL-AUGMENTED GENERATION (RAG) AND LARGE LANGUAGE MODELS FOR TEACHING TURKISH AS A FOREIGN LANGUAGE

Master's Student Çağla SEZER[1] / Asst. Prof. Kadir TOHMA[2]

[1] Iskenderun Technical University, Institute of Graduate Studies, Department of Computer Engineering, caglasezer2002@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5537-4614

[2] Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering, kadir.tohma@iste.edu.tr,

ORCID: 0000-0002-2631-7810

Abstract

Advances in digital technologies have diversified the tools used in education and increased their use in foreign language teaching. In teaching Turkish as a foreign language, it is important not only to teach grammatical rules and word meanings but also to convey cultural elements in ways appropriate to learners' language proficiency levels. Idioms, proverbs, traditions, and everyday expressions contribute to learners' understanding of the language within its cultural context. While the increasing use of large language models in education enables the interactive presentation of such content, the accuracy, consistency, reliability, and appropriateness of generated information for learners' language proficiency levels remain important research challenges.

This study examines the use of large language models and Retrieval-Augmented Generation (RAG) in the development of a web-based learning platform centered on cultural content for learners of Turkish as a foreign language. In a preliminary study conducted to support the development of the proposed approach, synthetic data containing idioms, proverbs, traditions, and everyday expressions reflecting Turkish culture were used. The content in the resulting cultural knowledge base was classified according to the proficiency levels defined by the Common European Framework of Reference for Languages (CEFR). Within the system, cultural information relevant to user queries is retrieved from the knowledge base through the RAG architecture and provided to the large language model, which then generates responses appropriate to the user's specified CEFR proficiency level. The system also supports the presentation of cultural content through dialogues, stories, and interactive learning activities. This preliminary study, conducted using synthetic data, examines the combined use of RAG and large language models in culture-based Turkish language teaching and presents an application example illustrating how responses appropriate to different language proficiency levels can be generated using a cultural knowledge base.

Keywords: Teaching Turkish as a Foreign Language, Large Language Models, RAG, Cultural Content, CEFR.

GİRİŞ

Yabancı dil öğrenimi, dilin kelime ve dil bilgisi özelliklerinin yanında öğrenilen dile ait kültürel unsurların da öğrenilmesini gerektiren bir süreçtir. Dil ve kültür arasındaki yakın ilişki, kültürel içeriklerin yabancı dil öğretiminin bir parçası olmasını gerekli kılmaktadır (Tüm & Uğuz, 2014). Türkçenin yabancı dil olarak öğretiminde deyimler, atasözleri ve günlük yaşam ifadelerinin kullanılması kültürel aktarım açısından önemlidir. Özellikle deyim ve atasözlerinin öğretim araçlarında ele alınması, kültürel içeriklerin öğrenenin dil seviyesiyle ilişkilendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır (Güven & Halat, 2015). Günümüzde yapay zekâ teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, yabancı dil öğrenim sürecinde kişiselleştirilebilir ve etkileşimli öğrenme ortamlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Bu alanda özellikle büyük dil modelleri, öğrenenlerin sorularını yanıtlayıp farklı cevaplar üretebilmesi ve öğrenme sürecini desteklemesi nedeniyle kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu modellerin ürettiği içeriklerin kültürel bağlama uygunluğu, doğruluğu ve dil düzeyleriyle uyumu dikkate alınması gereken konular arasındadır. Büyük dil modellerinin farklı CEFR seviyelerinde tutarlı bir biçimde yanıt oluşturma konusunda zorlanabildiği belirtilmektedir (Benedetto ve ark., 2025). Bu doğrultuda, büyük dil modellerinin harici bilgi kaynaklarıyla desteklenmesini sağlayan Geri Getirme Destekli Üretim (Retrieval-Augmented Generation, RAG) yaklaşımı, söz konusu sınırlılıkların ele alınmasında kullanılabilecek bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Lewis ve ark., 2020).

Bu çalışmanın amacı, yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde kültürel içeriklerin öğrenenin dil seviyelerine uygun şekilde sunulmasını sağlayan, büyük dil modeli ve RAG tabanlı bir web öğrenme platformunun geliştirilmesine yönelik yaklaşımı ortaya koymaktır. Bu kapsamda gerçekleştirilen ön çalışmada, Türk kültürüne ait sentetik verilerden oluşan ve Diller için Avrupa Ortak Başvuru Çerçevesi (CEFR) düzeyleriyle ilişkilendirilen bir kültürel bilgi tabanı hazırlanmıştır. Kullanıcı sorgusuyla ilişkili kültürel bilgilerin RAG aracılığıyla bilgi tabanından alınarak büyük dil modeline aktarılması ve modelin bu bilgiler doğrultusunda düzeye uygun yanıtlar oluşturması ele alınmaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1 Yabancı Dil Olarak Türkçe Öğretiminde Kültürel İçerikler

Yabancı dil öğretiminde kültürel içerikler, öğrenenlerin dilsel ifadeleri kullanıldıkları toplumsal ve kültürel bağlamla birlikte kavramasına yardımcı olmaktadır. Kültürel unsurların öğretim sürecinde yer alması, dilsel ifadelerin günlük yaşamda hangi durumlarda ve ne amaçla kullanıldığının anlaşılması açısından da önem taşımaktadır. Bu bağlamda, yabancı dil öğretiminde kültürel unsurların kullanımı ve kültürlerarası farkındalığın geliştirilmesi literatürde ele alınan konular arasındadır (Karaağaç Tuna & Razı, 2016).

Türkçenin yabancı dil olarak öğretiminde kültürel içerikler, deyimleri, atasözlerini, gelenekleri, günlük yaşam ifadelerini ve toplumsal iletişim biçimlerini kapsamaktadır. Özellikle deyim ve atasözlerinin anlamlandırılmasında, ifadelerin kullanıldığı kültürel bağlamın dikkate alınması gerekmektedir. Güven ve Halat (2015), yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde kullanılan öğretim materyallerindeki deyim ve atasözlerini inceleyerek bu ifadelerin dil öğretimindeki yerini ele almıştır. Benzer şekilde Kaya ve Oran (2015), Türkçenin yabancı dil olarak öğretiminde sosyal ve kültürel unsurların aktarımına odaklanmıştır.

Kültürel unsurların öğretiminde dikkat edilmesi gereken konulardan biri, bu içeriklerin öğrenenlerin dil düzeylerine uygun olarak aktarılmasıdır. Bir kültürel ifadenin anlamı veya kullanımı farklı dil düzeyindeki öğrenenler için farklı açıklama gerektirebilmektedir. Bu nedenle kültürel bilgilerin yalnızca içerik türlerine göre değil, öğrenenlerin dil yeterlik düzeylerine uygun biçimde de düzenlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, kültürel ifadelerin yapılandırılmış bir bilgi tabanında toplanması ve dil yeterlik düzeyleriyle ilişkilendirilmesi, bu gereksinimi karşılamaya yönelik bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır.

1.2. CEFR ve Dil Yeterlilik Düzeyleri

Diller İçin Avrupa Ortak Başvuru Çerçevesi (Common European Framework of Reference for Languages, CEFR), dil öğrenimi, öğretimi ve değerlendirilmesi süreçlerinde kullanılan ortak bir çerçevedir. CEFR kapsamında dil seviyeleri A1, A2, B1, B2, C1 ve C2 olmak üzere altı düzeyde ele alınmaktadır. Bu düzeyler, öğrenenlerin dili farklı iletişim durumlarında kullanabilme becerilerini tanımlamakta ve öğretim içeriklerinin öğrenenlerin dil yeterliklerine göre düzenlenmesine rehberlik etmektedir (Council of Europe, 2020).

Öğrenenlerin karşılaştıkları ifadeleri anlayabilmesi için Türkçe öğretiminde kültürel içeriklerin dil yeterlik düzeylerine göre sınıflandırılması ve düzeye uygun açıklama ve örneklerle sunulması önem taşımaktadır. Özellikle deyim, atasözü ve günlük yaşam ifadeleri gibi kültürel unsurların anlamlarının ve kullanım bağlamlarının açıklanmasında, öğrenenlerin dil becerilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bununla birlikte, kültürel ifadelerin belirli bir CEFR düzeyine yerleştirilmesi, yalnızca ifadenin sözcük veya dil bilgisi özelliklerine değil, kullanım bağlamına bağlı olarak değerlendirilmelidir.

Büyük dil modellerinin CEFR düzeylerine uygun içerik oluşturma becerileri de güncel araştırmalarda ele alınmaktadır. Benedetto ve arkadaşları (2025), büyük dil modellerinin CEFR kapsamında tanımlanan yeterlik düzeylerini anlama ve uygulama becerilerini incelemiştir. Bu çalışma, dil öğretiminde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin yalnızca içerik üretme yeteneklerinin değil, üretilen içeriklerin dil düzeyine uygunluğunun da değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada ise kültürel bilgi tabanındaki içeriklerin CEFR düzeylerine göre yapılandırılması, RAG destekli yanıt üretiminde öğrenenin dil düzeyinin dikkate alınmasına yönelik bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır.

1.3. Büyük Dil Modelleri ve RAG Yaklaşımı

Büyük dil modelleri (Large Language Models, LLM), büyük metin veri setleri üzerinde eğitilen ve içerik üretme, soruları yanıtlama ve metinleri farklı biçimlerde yorumlama gibi görevleri gerçekleştirebilen yapay zekâ modelleridir. Bu özellikleri sayesinde büyük dil modelleri, yabancı dil öğreniminde etkileşimli öğrenme ortamları oluşturmaya ve öğrenenlerin ihtiyaçlarına uygun içerikler üretmeye olanak sağlamaktadır. Zhang ve Huang (2024), büyük dil modeli tabanlı sohbet botlarının ikinci dil öğrenimi sırasında sözcük edinimi üzerindeki etkisini inceleyerek bu teknolojilerin dil öğrenme süreçlerindeki kullanımını ele almıştır.

Bununla birlikte büyük dil modellerinin ürettiği yanıtlar her zaman tutarlı, güvenilir veya kültürel bağlama uygun olmayabilmektedir. Özellikle kültürel bilgi gerektiren sorularda, modellerin eğitim verilerinden kaynaklanan yanlılıklar göstermesi ve kültürel farklılıkları yeterince yansıtamaması önemli sınırlılıklar arasında yer almaktadır. Zhang ve arkadaşları (2026), büyük dil modellerinin kültürel farklılıkları yansıtma biçimlerini ve bu süreçte ortaya çıkabilen yanlılıkları incelemiştir. Bu durum, dil öğretimi uygulamalarında modellerin ilgili bilgi kaynaklarıyla desteklenmesini önemli kılmaktadır.

Geri Getirme Destekli Üretim (Retrieval-Augmented Generation, RAG), büyük dil modellerinin yanıt üretme sürecini harici bilgi kaynaklarından elde edilen içeriklerle destekleyen bir yaklaşımdır. Bu yöntemde önce kullanıcı sorgusuyla ilişkili içerikler bilgi tabanından alınmakta, ardından büyük dil modeline aktarılarak yanıtın bu bilgiler doğrultusunda oluşturulması amaçlanmaktadır. RAG yaklaşımı, modelin yalnızca eğitim sırasında öğrendiği bilgileri değil, belirli kaynaklardan sağlanan içerikleri de kullanmasına olanak tanımaktadır. Yapılan bir çalışmada eğitim alanındaki RAG uygulamaları sistematik olarak incelenmiş ve bu yaklaşımın farklı eğitim ortamlarında kullanıldığı görülmüştür (Li ve ark., 2025).

RAG yaklaşımının dil öğrenimindeki kullanımına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Phuc ve arkadaşları (2026), RAG tabanlı sohbet robotlarının İngilizceyi yabancı dil olarak öğrenen öğrencilerin yazma becerileri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu çalışma, RAG yaklaşımının dil öğrenme süreçlerindeki kullanımına ilişkin bir örnek sunmaktadır. Bu çalışmada RAG, Türk kültürüne ilişkin bilgi tabanındaki içerikleri kullanıcı sorgusuna

göre büyük dil modeline aktarmak için kullanılmaktadır. Böylece kültürel bağlamın ve öğrenenin dil düzeyinin dikkate alınmasına yönelik bir sistem oluşturulmaktadır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde kültürel içeriklerin öğrenenlerin dil yeterlik düzeylerine uygun biçimde sunulmasını destekleyen web tabanlı bir öğrenme platformunun geliştirilmesine yönelik bir ön çalışmadır. Çalışma kapsamında sentetik kültürel verilerden oluşturulan bir bilgi tabanı, Diller İçin Avrupa Ortak Başvuru Çerçevesi (CEFR) düzeyleri ve Geri Getirme Destekli Üretim (RAG) yaklaşımının büyük dil modelleriyle birlikte kullanılması ele alınmaktadır. Yöntem, kültürel verilerin hazırlanması, bilgi tabanının yapılandırılması ve RAG destekli yanıt üretim sürecinin oluşturulması aşamalarından oluşmaktadır.

2.1. Araştırmanın Kapsamı ve Veri Hazırlama

Çalışma için hazırlanan bilgi tabanı, Türk kültürüne ilişkin deyim, atasözü, gelenek ve günlük yaşam ifadelerini kapsayan sentetik içeriklerden oluşmaktadır. Ön çalışma kapsamında bu veriler, önerilen yaklaşımın geliştirilmesi ve örneklenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Dolayısıyla bu veri tabanı, gerçek kullanıcı etkileşimlerinden elde edilmiş veya uzmanlar tarafından doğrulanmış bir kültürel içerik derlemesi olarak değerlendirilmemektedir.

Veri hazırlama sürecinde, kültürel ifadelerin anlamlarını, kullanım bağlamlarını ve örneklerini içeren bir içerik yapısı esas alınmıştır. Bu yapı, kültürel bilgilerin yalnızca tanım düzeyinde sunulmasını değil, öğrenenlerin ifadeleri günlük iletişim bağlamında kavramasını da desteklemeyi amaçlamaktadır.

2.2. Kültürel Bilgi Tabanı ve CEFR Sınıflandırması

Kültürel bilgi tabanı, Türkçeye özgü kültürel ifadelerin belirli bir düzen içerisinde saklanması ve kullanıcı sorgularıyla ilişkili içeriklere erişilebilmesi amacıyla ele alınmıştır. Bu kapsamda kültürel ifadeler, içerik türleri ve açıklamaları bakımından yapılandırılmış; öğrenenlerin dil yeterlik düzeylerinin dikkate alınabilmesi için CEFR düzeyleriyle ilişkilendirilmiştir.

CEFR sınıflandırmasının sistemde kullanılması, aynı kültürel konunun farklı dil düzeyine sahip öğrenenlere uygun açıklamalarla sunulmasını desteklemeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, kültürel ifadelerin belirli düzeylerle ilişkilendirilmesi ve oluşturulan açıklamaların hedeflenen düzeye uygunluğu, ilerleyen aşamalarda uzman değerlendirmesiyle doğrulanması gereken konular arasındadır.

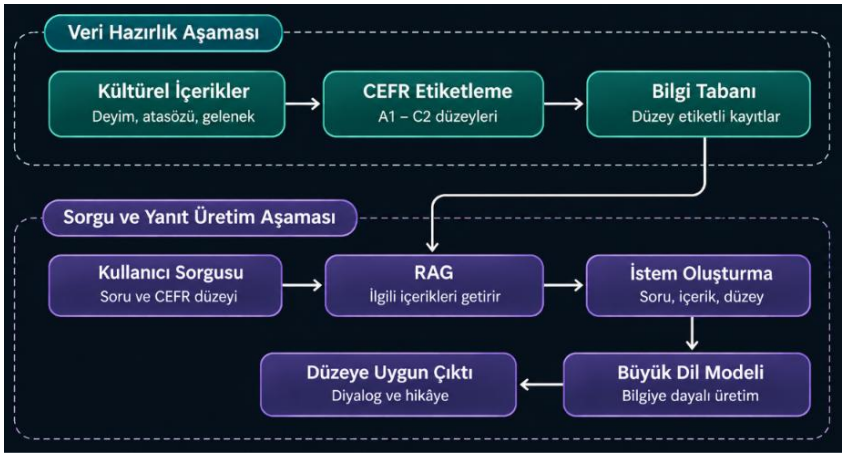


Şekil 1. Kültür Kutusu modülünde kültürel içeriklerin CEFR düzeylerine göre sunumu.

2.3. RAG Destekli Sistem Mimarisi

Geliştirilen sistemde kültürel bilgi tabanı ile büyük dil modeli, RAG yaklaşımıyla birleştirilmiştir. Bu yapı, kullanıcıların Türk kültürüne ilişkin sorularının bilgi tabanındaki ilgili içeriklere göre yanıtlanmasını sağlamak amacıyla oluşturulmuştur.

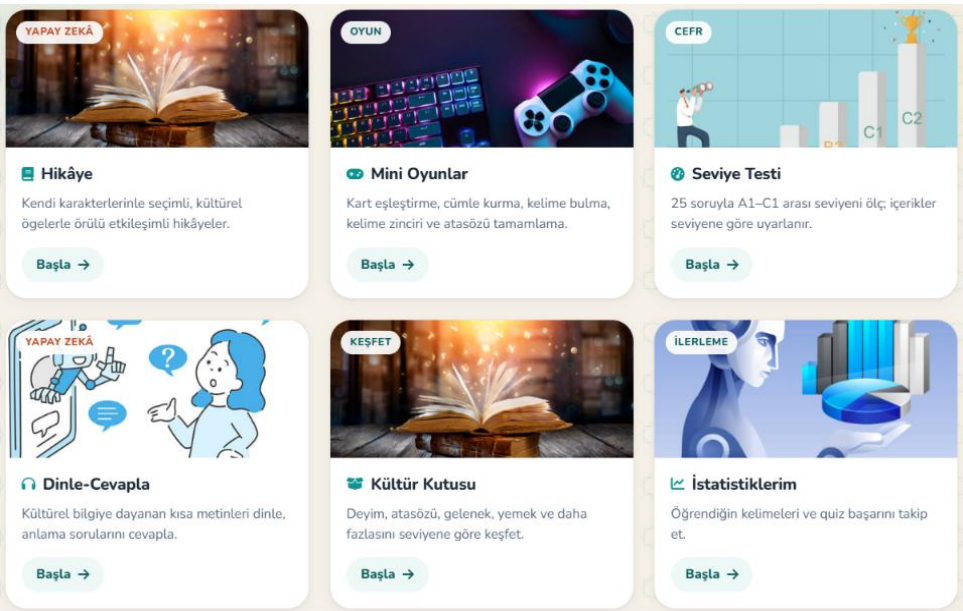
Sistem, kullanıcı tarafından yöneltilen sorunun alınmasıyla başlamaktadır. Ardından sorguyla ilişkili kültürel içerikler bilgi tabanından getirilmekte ve büyük dil modeline aktarılmaktadır. Büyük dil modeli, bu kültürel bilgilerden yararlanarak kullanıcının sorusuna yönelik açıklamalar ve örnekler içeren bir yanıt oluşturmaktadır. Bu sayede model, yanıtlarını sadece eğitim sürecinde edindiği bilgilerle sınırlı tutmayıp kültürel bilgi tabanından getirilen verilerle de desteklemektedir. Kültürel bilgi tabanındaki içeriklerin CEFR düzeylerine göre sınıflandırılması, farklı dil düzeylerine ait içeriklerin sistemde kullanılabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 2. RAG destekli sistem mimarisi.

2.4. Web Tabanlı Öğrenme Ortamı

Çalışmada ele alınan yaklaşım, kültürel içeriklerin etkileşimli biçimde sunulduğu web tabanlı bir öğrenme ortamı ile desteklenmiştir. Platformda diyalog, hikâye, kültürel içerik ve mini oyun gibi farklı öğrenme etkinlikleri yer almaktadır. Bu etkinlikler aracılığıyla öğrenenlerin kültürel ifadelerle farklı bağlamlarda karşılaşması ve öğrendiklerini pekiştirmesi hedeflenmektedir. Web tabanlı ortamın örnek arayüzleri, geliştirilen yaklaşımın uygulama bağlamını göstermek amacıyla sunulmaktadır.



Şekil 3. Web tabanlı öğrenme ortamında sunulan etkileşimli öğrenme modülleri.

3. BULGULAR

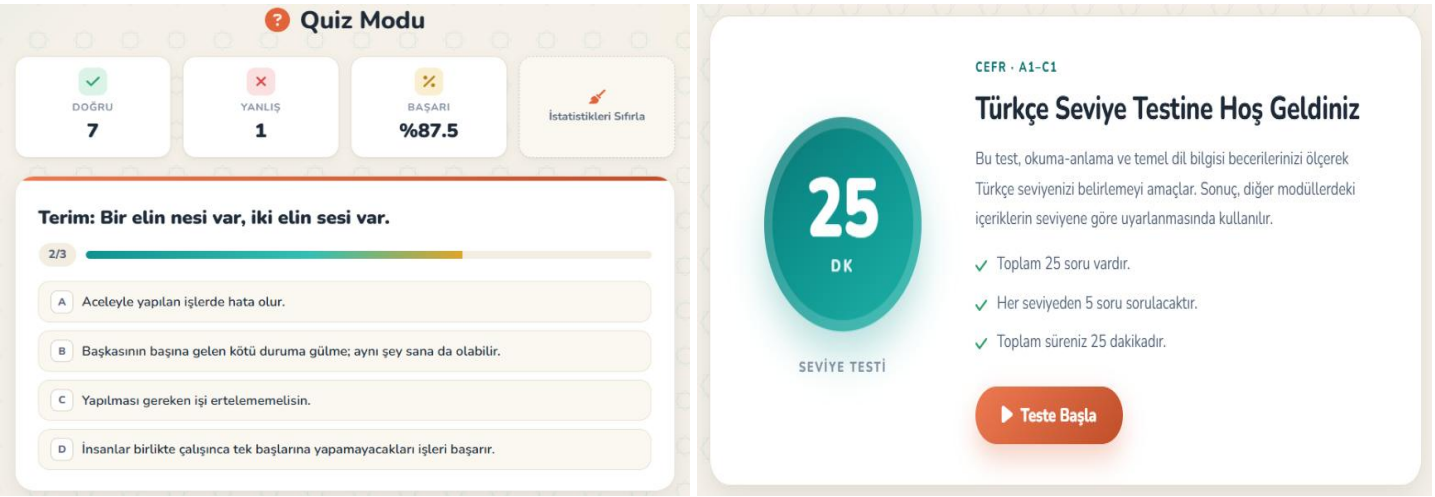
Bu bölümde, geliştirilen web tabanlı öğrenme platformunun ön çalışma kapsamında elde edilen işlevsel çıktıları sunulmaktadır. Bulgular; platformun öğrenme modülleri, kültürel bilgi tabanının CEFR düzeyleriyle ilişkilendirilmesi ve RAG destekli içerik sunumu olmak üzere üç başlık altında ele alınmıştır.

3.1. Web Tabanlı Öğrenme Platformunun İşlevsel Çıktıları

Geliştirilen platform, yabancı dil olarak Türkçe öğrenenlerin kültürel içeriklerle farklı etkinlikler aracılığıyla etkileşim kurabildiği bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Platformun ana arayüzünde diyalog, kelime pratiği, quiz, hikâye, mini oyunlar, seviye testi, dinle-cevapla, kültür kutusu ve öğrenme istatistikleri olmak üzere farklı modüller bulunmaktadır. Bu modüller, kültürel içeriklerin yalnızca anlamsal açıklamalarla değil, soru-cevap, okuma, dinleme ve etkileşimli uygulamalarla desteklenmesine yönelik olarak tasarlanmıştır.

Platformdaki diyalog modülü, öğrenenlerin yapay zekâ destekli bir öğretmenle etkileşim kurabileceği bir arayüz sunmaktadır. Kelime pratiği modülünde kültürel ifadeler örnek cümlelerle birlikte gösterilmekte, hikâye ve mini oyun modülleri ise kültürel içerikleri farklı etkinliklerle desteklemektedir. Ayrıca öğrenenler, kelime çalışmalarına ve quiz etkinliklerine ilişkin sonuçlarını bir istatistik alanından görüntüleyebilmektedir.

Platformdaki seviye testi modülü, öğrenenlerin dil yeterlilik düzeylerini A1–C1 aralığında belirlemeyi amaçlayan 25 soruluk bir test içermektedir. Modül, içeriklerin öğrenenin düzeyine göre sunulmasını desteklemek üzere tasarlanmıştır. Ancak testin ölçme geçerliği ve güvenirliği bu ön çalışma kapsamında incelenmemiş olup, bu durum çalışmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır.



Şekil 4. Quiz Modu ve Seviye Testi modüllerine ait arayüz görüntüleri.

3.2. Kültürel Bilgi Tabanı ve CEFR Sınıflandırmasına İlişkin Bulgular

Ön çalışma kapsamında oluşturulan kültürel bilgi tabanında, Türk kültürüne ilişkin farklı içerik türleri yapılandırılmış biçimde sunulmaktadır. Bilgi tabanındaki kayıtlar, kültürel ifadelerin anlamlarını, örnek kullanımlarını ve açıklamalarını içermekte, aynı zamanda içerik türleri ve CEFR düzeyleriyle ilişkilendirilmektedir.

Kültürel içerikler, kısa anlam açıklamalarının yanı sıra örnek cümleler ve bağlamsal bilgilerle desteklenmektedir. Örneğin "Yolun açık olsun" ifadesi, yolculuğa çıkan birine söylenen iyi dilek sözü olarak açıklanmakta ve günlük yaşamdaki kullanımını gösteren örneklerle sunulmaktadır. Böylece kültürel ifadelerin anlamlarının ve kullanım bağlamlarının bir arada sunulabildiği bir içerik yapısı oluşturulmuştur.

3.3. RAG Destekli Kültürel İçerik Sunumuna İlişkin Bulgular

Geliştirilen platformda kültürel bilgi tabanı ile büyük dil modelinin RAG yaklaşımı aracılığıyla bütünleştirildiği işlevsel bir soru-cevap yapısı oluşturulmuştur. Bu yapı sayesinde kullanıcı sorgularıyla ilişkili kültürel bilgilerin bilgi tabanından getirilmesi ve yanıt üretim sürecinde kullanılması sağlanmaktadır.

Örneğin kelime pratiği modülünde yer alan "Hat sanatı" ifadesi, kültürel bilgi tabanındaki içeriklerin öğrenme arayüzüne aktarılmasını göstermektedir. Bu ifadenin B2 düzeyi ve geleneksel sanatlar kategorisiyle ilişkilendirildiği, anlam açıklaması ve kültürel bağlama ilişkin bilgilerin kullanıcıya sunulduğu görülmektedir. Ayrıca arayüzde getirilen bilgi tabanı içeriğinin yanıt oluşturma sürecinde kullanıldığına ilişkin bir gösterge bulunmaktadır.

Bu çıktı, kültürel bilgi tabanında yapılandırılan bilgilerin öğrenme modülleriyle ilişkilendirilebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, sistem tarafından oluşturulan yanıtların kültürel doğruluğu, dil düzeyine uygunluğu ve bilgi kaynağına bağlılığı henüz bağımsız bir değerlendirme süreciyle ölçülmemiştir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yabancı dil olarak Türkçe öğretiminde kültürel içeriklerin öğrenenlerin dil yeterlilik düzeylerine uygun biçimde sunulmasına yönelik, büyük dil modeli ve RAG tabanlı bir web öğrenme platformu ele alınmıştır. Elde edilen örnek çıktılar, CEFR düzeyleriyle ilişkilendirilen kültürel bilgi tabanındaki içeriklerin RAG aracılığıyla büyük dil modelinin yanıt üretimine aktarılabildiğini ve web tabanlı öğrenme ortamında kullanılabildiğini göstermektedir.

Çalışma ön çalışma niteliğinde olup bilgi tabanı sentetik verilerden oluştuğu için içeriklerin kültürel doğruluğu ayrıca değerlendirilmelidir. CEFR sınıflandırmasının uygunluğu ve üretilen yanıtların hedeflenen dil düzeyiyle uyumu henüz uzman değerlendirmesiyle doğrulanmamış, seviye testinin ölçme geçerliği ve güvenirliği ise incelenmemiştir. Ayrıca gerçek öğrenenlerle uygulama yapılmadığından platformun öğrenme başarısı üzerindeki etkisine ilişkin bir sonuca ulaşılamamaktadır.

Gelecek çalışmalarda bilgi tabanının kapsamının genişletilmesi, içeriklerin alan uzmanlarınca incelenmesi, RAG destekli yanıtların kültürel doğruluk, kaynak bağlılığı ve dil düzeyine uygunluk açısından sistematik olarak değerlendirilmesi ve platformun gerçek öğrenenlerle uygulanması planlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışma, kültürel bilgi kaynaklarının büyük dil modelleriyle bütünleştirilmesine yönelik bir ön uygulama sunmakta ve ileride yapılacak kapsamlı değerlendirmeler için bir temel oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

Benedetto, L., Gaudeau, G., Caines, A., & Buttery, P. (2025). Assessing how accurately large language models encode and apply the common European framework of reference for languages. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, 100353. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100353

Council of Europe. (2020). *Common European framework of reference for languages: Learning, teaching, assessment – Companion volume*. Strasbourg, France: Council of Europe Publishing.

Güven, A. Z., & Halat, S. (2015). Idioms and proverbs in teaching Turkish as a foreign language; "Istanbul, Turkish teaching books for foreigners" sample. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191*, 1240–1246. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.536

Karaağaç Tuna, Ö., & Razı, S. (2016). Integrating culture into ELT classes: What, why, and how? *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 232*, 41–48. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.10.009

Kaya, M., & Oran, G. (2015). The transmission of socio-cultural codes in teaching Turkish as a foreign language. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 186*, 1208–1213. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.007

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 9459–9474.

Li, Z., Wang, Z., Wang, W., Hung, K., Xie, H., & Wang, F. L. (2025). Retrieval-augmented generation for educational application: A systematic survey. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 8*, 100417. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100417

Phuc, T. Q. B., Thangovich, N. Y., & Parveen, K. (2026). The impact of RAG chatbots on writing proficiency: A study of Vietnamese Grade 6 EFL students. *Social Sciences & Humanities Open, 14*, 103135. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.103135

Tüm, G., & Uğuz, S. (2014). An investigation on the cultural elements in a Turkish textbook for foreigners. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 158*, 356–363. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.100

Zhang, Y., Tan, L., & O'Halloran, K. L. (2026). Bias in GenAI: Exploring cultural variations between large language models. *Linguistics and Education, 92*, 101515. https://doi.org/10.1016/j.linged.2026.101515

Zhang, Z., & Huang, X. (2024). The impact of chatbots based on large language models on second language vocabulary acquisition. *Heliyon, 10*, e25370. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25370

TÜRKİYE'DEKİ ALIŞVERİŞ MERKEZLERİ VE KAPALI OTOPARKLARDA ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: RİSKLER, MEVZUAT VE İYİLEŞTİRME GEREKSİNİMLERİ

Öğr. Gör. Duran ANAYURT

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı, durananayurt@karatekin.edu.tr; ORCID: 0009-0009-3037-5923

Özet

Elektrikli araç kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte alışveriş merkezleri ve kapalı otoparklarda elektrikli araç şarj istasyonlarının kurulumu artmaktadır. Ancak bu gelişme, özellikle kapalı alanlarda yangın güvenliği bakımından yeni değerlendirmeleri gerekli kılmaktadır. Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryalarda meydana gelebilen termal kaçak, yanıcı ve toksik gaz çıkışı, yeniden tutuşma ve uzun süreli izleme gereksinimi, geleneksel otopark yangın senaryolarından farklı tehlikeler oluşturabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki alışveriş merkezleri ve kapalı otoparklarda elektrikli araç şarj istasyonlarının yangın güvenliğini mevzuat ve teknik rehberler çerçevesinde değerlendirmek ve iyileştirme gereksinimlerini ortaya koymaktır. Çalışmada karşılaştırmalı doküman analizi yöntemi kullanılmıştır. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, Şarj Hizmeti Yönetmeliği, İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Komisyonunun 2025 tarihli kapalı otoparklarda elektrikli araç yangın güvenliği rehberi tematik olarak incelenmiştir. İnceleme, ulusal düzenlemelerin otoparkların genel yangın güvenliği ve şarj altyapısının işletilmesi için temel bir çerçeve sunduğunu; buna karşılık batarya kaynaklı tehlikelerin uygulama düzeyinde ayrıca değerlendirilmesinin yararlı olacağını göstermektedir. Şarj alanlarının risk temelli yerleşimi, algılama ve alarm sistemleriyle güvenli enerji kesmenin koordinasyonu, duman yönetimi, tahliye planlarının güncellenmesi, personel eğitimi ve itfaiyeyle bilgi paylaşımı başlıca iyileştirme alanları olarak belirlenmiştir. Bu çalışma saha ölçümü veya deneysel yangın testi içermemektedir. Bulguların, kapalı otoparklarda bütünleşik yangın güvenliği planlamasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç, yangın güvenliği, kapalı otopark, şarj istasyonu, termal kaçak.

FIRE SAFETY ASSESSMENT OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS IN SHOPPING MALLS AND ENCLOSED CAR PARKS IN TÜRKİYE: RISKS, REGULATIONS AND IMPROVEMENT NEEDS

Abstract

The increasing use of electric vehicles has accelerated the installation of charging stations in shopping malls and enclosed car parks. This development calls for further fire safety assessment, particularly in enclosed spaces. Thermal runaway in lithium-ion batteries, the potential release of flammable and toxic gases, reignition, and prolonged monitoring requirements may create hazards that differ from conventional parking-fire scenarios. This study aims to assess fire safety at electric vehicle charging stations in shopping malls and enclosed car parks in Türkiye within the framework of national regulations and technical guidance, and to identify areas requiring improvement. A comparative document analysis was conducted. The Turkish Regulation on the Fire Protection of Buildings, the Charging Service Regulation, the Regulation on Emergencies in Workplaces, and the European Commission's 2025 guidance on fire safety for electric vehicles in covered parking spaces were examined thematically. The assessment indicates that Turkish regulations provide a fundamental framework for general car park fire safety and charging infrastructure operation, while battery-specific hazards would benefit from additional consideration in practical implementation. Risk-based placement of charging points, coordination of detection and alarm systems with safe charging-power isolation, smoke management, updated evacuation plans, staff training, and information sharing with fire services were identified as priority improvement areas. This study does not include field measurements or experimental fire testing; its conclusions are limited to the reviewed documents and their qualitative interpretation. The findings are intended to support integrated fire safety planning for charging infrastructure in enclosed parking facilities.

Keywords: Electric vehicle, fire safety, enclosed car park, charging station, thermal runaway.

1. GİRİŞ

Elektrikli araçların ulaşımda yaygınlaşması, alışveriş merkezleri, oteller, iş merkezleri ve kapalı otoparklarda şarj altyapısı kurulmasını beraberinde getirmektedir. Araçların uzun süre park edildiği bu mekânlar, şarj hizmeti açısından elverişli olmakla birlikte yangın güvenliği bakımından farklı sistemlerin aynı anda değerlendirilmesini gerektirir [1, 3].

Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryalarda mekanik hasar, iç kısa devre veya aşırı ısınma gibi durumlar termal kaçağı tetikleyebilir. Bu olay sırasında batarya hücrelerinden gaz salımı, duman ve ısı açığa çıkabilir. Hasarlı bataryalarda yeniden tutuşma olasılığı da müdahale sonrasındaki izleme gereksinimini artırabilir. Bu tehlike profili, elektrikli araçların geleneksel araçlardan mutlaka daha sık yangın çıkardığı anlamına gelmemektedir [1].

Kapalı otoparklarda dumanın birikmesi, görüşün azalması, sınırlı erişim ve birbirine yakın araçlar, yangının yönetimini güçleştirebilmektedir. Özellikle bodrum katlardaki şarj noktalarının kaçış yolları, duman kontrol sistemleri ve itfaiye erişimiyle ilişkisi önem kazanmaktadır [1].

Türkiye'de Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik (BYKHY), Şarj Hizmeti Yönetmeliği ve İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik farklı yönlerden ilgili yükümlülükleri düzenlemektedir. Avrupa Komisyonunun 2025 tarihli rehberi ise kapalı otoparklarda elektrikli araçların park edilmesi ve şarj edilmesine yönelik risk temelli öneriler sunmaktadır. Bu araştırmanın amacı, söz konusu belgelerin odaklarını karşılaştırarak iyileştirme gereksinimlerini belirlemektir [1, 2, 3, 4].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, nitel bir karşılaştırmalı doküman analizidir. Analiz materyalini BYKHY, Şarj Hizmeti Yönetmeliği, İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik ve Avrupa Komisyonunun 2025 yılında yayımladığı Guidance on Fire Safety for Electric Vehicles Parked and Charging Infrastructure in Covered Parking Spaces başlıklı rehber oluşturmuştur. İlgili elektrikli araç şarj standartları ise teknik çerçeve açısından değerlendirilmiştir [1, 2, 3, 4].

Dokümanlar (i) batarya ve şarj altyapısı tehlikeleri, (ii) önleme ve yerleşim, (iii) algılama ve alarm, (iv) söndürme ve duman kontrolü, (v) tahliye ve itfaiye koordinasyonu, (vi) işletme, bakım ve eğitim olmak üzere altı tema üzerinden karşılaştırılmıştır. Ulusal düzenlemeler hukuki yükümlülükleri, Avrupa rehberi ise bağlayıcı olmayan teknik önerileri temsil etmektedir. Bu farklı statü karşılaştırmada korunmuştur.

Bu bildiride saha denetimi, istatistiksel yangın sıklığı analizi, sayısal simülasyon veya deneysel yangın testi yapılmamıştır. Bu nedenle bulgular, incelenen belgelerden elde edilen nitel değerlendirmelerle sınırlıdır.

3. BULGULAR

3.1. Elektrikli araç ve şarj alanlarına özgü tehlikeler

Termal kaçak, bir batarya hücresindeki ısıl olayın kendini hızlandırması ve komşu hücreleri etkileyebilmesiyle ilişkili önemli bir tehlikedir. Bu süreçte yanıcı ve toksik gaz salımı, yoğun duman, alevlenme ve yeniden tutuşma olasılığı gündeme gelebilir. Diğer yandan kablo, konnektör ve güç dağıtım ekipmanlarının arızaları genel elektriksel yangın güvenliği açısından kontrol edilmelidir [1].

Kapalı otoparkların geometrisi, havalandırması, araç yoğunluğu, kaçış mesafeleri ve itfaiye erişimi olası olayın sonuçlarını değiştirebilir. Bu nedenle tek tip bir şarj alanı çözümü yerine bina ve kullanım özelliklerine uygun bir risk değerlendirmesi önerilmektedir [1].

3.2. Türkiye'deki düzenlemelerin kapsamı

BYKHY'nin 60. maddesi otoparklarla ilişkili genel yangın güvenliği şartlarının değerlendirilmesinde temel hükümlerden biridir. Yangın algılama, yağmurlama, müdahale donanımı ve duman kontrolüne ilişkin uygulanabilir hükümler, otoparkın özellikleri ve yönetmelikte belirtilen koşullarla birlikte ele alınmalıdır. Şarj Hizmeti Yönetmeliği, şarj hizmetlerinin kurulum ve işletim düzenini belirler; elektriksel uygunluk ve teknik standartlarla ilişkili gereklilikler bu çerçevede önem taşır [2, 3].

İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik ise acil durum planlaması, ekip görevlendirme, tahliye, eğitim ve tatbikat bakımından bir organizasyon zemini sunmaktadır. İncelenen bu belgelerin genel amaçları, elektrikli araçlara özgü müdahale senaryolarıyla tamamlanabilecek bir güvenlik çerçevesi oluşturmaktadır [4].

3.3. Avrupa Komisyonu 2025 rehberinin yaklaşımı

Avrupa Komisyonunun 2025 rehberi, önleme, güvenli şarj altyapısı, algılama ve alarm, tahliye, yangın yayılımının sınırlandırılması ve itfaiye müdahalesine hazırlığı birlikte ele almaktadır. Rehberin öneri niteliğinde olduğu ve Türkiye'de doğrudan bağlayıcı mevzuat yerine geçmediği özellikle belirtilmelidir [1].

Bu yaklaşımın dikkat çeken yönü, farklı bina ve otopark koşullarında tek bir teknik donanıma güvenmek yerine birbirini tamamlayan koruma ve işletme önlemlerine odaklanmasıdır [1].

3.4. Karşılaştırmalı değerlendirme

Ulusal düzenlemeler temel olarak otopark güvenliği, şarj sistemlerinin teknik uygunluğu ve acil durum yükümlülüklerini tarif ederken Avrupa rehberi bu başlıklara elektrikli araç batarya tehlikeleri açısından tamamlayıcı bir uygulama perspektifi sunmaktadır. Bu fark, ulusal mevzuatın yetersiz olduğunun doğrudan kanıtı değil; EV senaryolarına dönük ek uygulama rehberliği için bir fırsat olarak yorumlanmıştır [1, 2, 3, 4].

Tablo 1. İncelenen belgelerin tematik odaklarının karşılaştırılması.

Değerlendirme alanı	Ulusal düzenlemelerin odakları	Avrupa Komisyonu 2025 rehberinin odakları
Şarj altyapısı	Kurulum, teknik uygunluk ve işletme	Risk temelli yerleşim ve bakım
Algılama	Bina ölçeğinde yangın sistemleri	EV senaryolarının dikkate alınması
Acil durum	Genel plan, görevler ve tahliye	EV'ye özgü hazırlık ve koordinasyon
Müdahale	Genel itfaiye erişimi ve sistemler	Araç/şarj bilgisi ve müdahaleye hazırlık

Not: Karşılaştırma doğrudan hüküm eşdeğerliği veya mevzuat boşluğu tespiti anlamına gelmemektedir. Kaynaklar: [1–4].

3.5. Öncelikli iyileştirme gereksinimleri

İlk olarak şarj cihazları, kablolar ve enerji dağıtımı için uygun koruma, bakım ve arıza kayıtları sağlanmalıdır. Yerleşim kararlarında kaçış yolları, komşu araçlara maruziyet ve itfaiye erişimi dikkate alınmalıdır. İkinci olarak mevcut yangın algılama ve alarm sistemleri ile yetkili şarj enerjisi kesme düzeneklerinin etkileşimi

kontrol edilmelidir. İlave sıcaklık veya gaz algılama yöntemleri ise ortam şartları ve doğrulama gerekliliklerine göre değerlendirilmelidir [1, 3].

Üçüncü olarak sprinkler, su temini, duman yönetimi ve tahliye senaryoları birlikte gözden geçirilmelidir. Şarj ekipmanına elektrik verilmesinin durdurulması, araç bataryasında depolanmış yüksek gerilim enerjisinin ortadan kalktığı anlamına gelmez. Son olarak bina yönetimi ve şarj işletmecisi arasında yazılı görev paylaşımı, güncel otopark krokisi, personel eğitimi ve yerel itfaiye ile önceden bilgi paylaşımı sağlanmalıdır [1].

4. TARTIŞMA

Doküman karşılaştırması, kapalı otoparklarda elektrikli araç yangın güvenliğinin yalnızca şarj cihazlarının elektriksel uygunluğuyla sınırlandırılamayacağını göstermektedir. Batarya kaynaklı gaz ve ısı çıkışı, yangının diğer araçlara yayılması, dumanın tahliyeyi etkilemesi ve yeniden tutuşma olasılığı birbiriyle bağlantılı senaryolardır. Bu nedenle önleme, algılama, kontrol ve müdahale aşamaları bütünleşik değerlendirilmelidir [1].

Özellikle erken algılamada kullanılacak sensörler, algılama eşikleri ve şarj enerjisini kesmeye yönelik mantık, teknik uygunluk ve yanlış alarm riskleri açısından doğrulanmalıdır. Her otoparkta aynı çözümün etkili olacağı varsayılamaz. Şarj noktalarının konumu, otoparkın hacmi, hava hareketleri ve bina yangın sistemleri tasarım kararlarını etkiler [1].

Otomatik yağmurlama sistemleri yangının yayılmasının sınırlandırılmasına katkıda bulunabilir; ancak batarya termal kaçağının her koşulda sonlandırılacağı varsayılamaz. Duman kontrolünün tahliye ve itfaiye müdahale stratejisiyle birlikte tasarlanması gerekir. Personelin görevi, tehlikeli batarya müdahalesi yapmak değil, güvenli koşullarda alarmı başlatmak, 112'ye haber vermek ve tahliyeyi desteklemektir [1].

Bu araştırmanın temel sınırlılığı, mevzuat ve rehber incelemesine dayanmasıdır. Mevcut otoparkların uygulama düzeyleri, önerilerin nicel etkinliği ve yangın meydana gelme olasılığı bu çalışmadan çıkarılamaz. Gelecekte saha denetimleri, uzman görüşmeleri ve senaryo doğrulama çalışmalarıyla önerilerin sınanması önem taşımaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'deki alışveriş merkezleri ve kapalı otoparklarda elektrikli araç şarj istasyonları için güvenlik yaklaşımının genel otopark hükümleri, elektriksel uygunluk ve batarya kaynaklı özel tehlikeler birlikte ele alınarak oluşturulması gerekmektedir. Karşılaştırmalı doküman analizi, ulusal mevzuatın önemli bir temel sağladığını; risk temelli yerleşim, sistem entegrasyonu, personel hazırlığı ve itfaiye koordinasyonu konularında uygulama odaklı iyileştirmelerin yararlı olabileceğini göstermiştir.

Kısa vadede şarj noktalarının ve enerji kesme noktalarının krokilerinin güncellenmesi, bina yönetimi ile şarj işletmecisinin sorumluluklarının yazılı hale getirilmesi, sistemlerin birlikte çalışma testleri ve EV yangınına özgü tahliye tatbikatları önerilmektedir. Orta vadede algılama, duman yönetimi ve söndürme sistemlerinin teknik değerlendirmesi yapılmalı; sürekli olarak bakım, arıza, eğitim ve tatbikat kayıtları incelenmelidir.

Sonuç olarak elektriksel güvenlik gerekli olmakla birlikte tek başına yeterli değildir. Etkili bir yaklaşım, yangının önlenmesinden olay sonrası izlemeye kadar bütünleşik yangın güvenliği önlemlerinin planlanmasını gerektirir.

KAYNAKLAR

[1] European Commission. (2025). Guidance on Fire Safety for Electric Vehicles Parked and Charging Infrastructure in Covered Parking Spaces. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2832/6681178

[2] Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik. (2007). Resmî Gazete, 19.12.2007, 26735 (değişiklikleriyle birlikte).

[3] Şarj Hizmeti Yönetmeliği. (2022). Resmî Gazete, 02.04.2022, 31797 (değişiklikleriyle birlikte).

[4] İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik. (2013). Resmî Gazete, 18.06.2013, 28681 (değişiklikleriyle birlikte).

ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TRAFİKTE GÖRSEL OLARAK TANIMLANMASININ ACİL MÜDAHALE VE YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE İÇİN PLAKA VE İŞARETLEME ÖNERİSİ

Öğr. Gör. Duran ANAYURT

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Sivil Savunma ve İtfaiyecilik Programı ,Çankırı, Türkiye.
E-posta: durananayurt@karatekin.edu.tr; ORCID: 0009-0009-3037-5923

ÖZET

Elektrikli araçların trafikte yaygınlaşması, trafik kazaları ve yangın olaylarında ilk müdahale ekiplerinin araç türünü kısa sürede tanımasını daha önemli hâle getirmektedir. Tam elektrikli ve şarj edilebilir hibrit araçlarda yüksek gerilimli bileşenler, batarya hasarına bağlı termal kaçak ve araç modeline özgü enerji kesme noktaları müdahale planlamasında dikkate alınmalıdır. Bu çalışmanın amacı, elektrikli araçların plaka veya görünür işaretlerle tanımlanmasına yönelik uluslararası örnekleri karşılaştırmak ve Türkiye için uygulanabilir bir tanımlama yaklaşımı önermektir. Nitel doküman analizi kapsamında Norveç, Birleşik Krallık, Polonya ve Singapur'daki resmî uygulama ve girişimler ile acil müdahale rehberleri incelenmiştir. Norveç'te tahsisli harf serileri, Birleşik Krallık'ta isteğe bağlı yeşil plaka şeridi, Polonya'da yeşil zeminli plakalar kullanılmaktadır. Singapur'da ise 2026 yılında elektrikli ve şarj edilebilir hibrit araçların hızlı tanınmasına yönelik farklılaştırılmış plaka tasarımları için görüş toplama süreci yürütülmüştür. Türkiye için plakanın okunabilirliğini bozmayan görsel işaretin, yetkili müdahale ekiplerinin araç özelindeki kurtarma bilgisine erişimini sağlayan doğrulama süreciyle birleştirilmesi önerilmiştir. Önerilen sistemin etkinliği henüz deneysel olarak ölçülmemiştir. Gelecekte gündüz, gece ve hasarlı araç senaryolarında tanıma doğruluğu, karar süresi, yanlış sınıflandırma ve kamera uyumluluğunun değerlendirilmesi gerekmektedir. Görsel işaretleme, tek başına güvenli müdahale kararı yerine ilk farkındalığı ve araç bilgisi doğrulamasını destekleyen yardımcı bir araç olarak ele alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli araç, görsel tanımlama, tescil plakası, acil müdahale, yangın güvenliği.

ABSTRACT

The growing presence of electric vehicles in road traffic increases the importance of rapidly identifying vehicle propulsion types during crashes and fire incidents. Battery electric and plug-in hybrid vehicles may involve high-voltage components, battery damage-related thermal runaway, and model-specific isolation points that must be considered by emergency responders. This study aims to compare international approaches to visually identifying electric vehicles by licence plates or visible markings and to propose a feasible model for Türkiye. A qualitative document analysis was conducted using official information from Norway, the United Kingdom, Poland, and Singapore, together with technical emergency response guidance. Norway allocates specific letter series to electric vehicles, the United Kingdom permits an optional green flash on plates of zero-emission vehicles, and Poland uses green registration plates for electric and hydrogen vehicles. In Singapore, authorities consulted vehicle owners in 2026 on differentiated plate designs intended to support rapid identification. For Türkiye, the study proposes a visually distinctive marker that preserves the legibility of registration numbers, complemented by a controlled verification mechanism enabling authorised responders to retrieve vehicle-specific rescue information. The proposed approach has not yet been experimentally validated. Future testing should assess recognition accuracy, decision time, misclassification, and compatibility with licence-plate recognition systems under daylight, darkness, and partially damaged vehicle conditions. Visual identification should therefore be treated as an initial safety cue rather than a substitute for vehicle confirmation, rescue sheets, and established responder protocols. The proposed framework offers a basis for stakeholder consultation and controlled field evaluation.

Keywords: Electric vehicle, visual identification, licence plate, emergency response, fire safety.

1. GİRİŞ

Elektrikli araç teknolojilerinin gelişmesiyle bataryalı elektrikli araçlar (BEV) ve şarj edilebilir hibrit elektrikli araçlar (PHEV) günlük trafikte daha görünür hâle gelmiştir. Bununla birlikte elektrikli ve içten yanmalı motorlu araçların dış görünüşlerinin birbirine benzemesi, olay yerine ilk gelen ekipler için enerji türünün yalnızca araç gövdesine bakılarak belirlenmesini güçleştirebilir. Bu güçlük özellikle düşük aydınlatma, yoğun trafik, kısmi araç hasarı ve duman bulunan olay yerlerinde önem kazanabilir.

Bataryalı ve hibrit elektrikli araçlarda yüksek gerilimli bileşenlerin kazadan sonra enerjili olabileceği; hasarlı bataryalarda yangın, gecikmiş gaz çıkışı ve yeniden tutuşma gibi tehlikelerin dikkate alınması gerektiği resmî müdahale rehberlerinde belirtilmektedir [1]. Ancak bu tehlikelerin varlığı, her elektrikli araç kazasında batarya yangını meydana geleceği anlamına gelmemektedir. Müdahale stratejisi olayın özelliklerine ve aracın teknik bilgilerine dayanmalıdır.

Acil müdahalede araç modelinin doğru tanınması, bataryanın konumu, yüksek gerilim hattı, hava yastığı bileşenleri ve güvenli kesme veya ayırma noktalarının belirlenmesine yardımcı olur. ISO 17840-1:2022, binek ve hafif ticari araçların kurtarma bilgi föylerinin içeriğini ve düzenini tanımlamaktadır [2]. Araç tanımlama ve bu föye erişim ise ayrıca tasarlanması gereken bir bilgi sistemi meselesidir.

Bazı ülkeler elektrikli araçların tescil plakalarında harf dizisi veya renk ile görsel ayrıştırmaya gitmiştir. Bu uygulamalar araçların yalnızca idari sınıflandırılmasını değil, doğru tasarlandığında acil müdahale sırasında erken farkındalığı da destekleyebilir. Bununla birlikte işaretin algılanması ile müdahale süresinin fiilen kısalması arasında doğrudan kanıt bulunduğu varsayılmamalıdır. Çalışmanın araştırma sorusu şudur: Uluslararası plaka işaretleme örneklerinden hareketle Türkiye'de elektrikli araçların olay yerinde daha hızlı ve doğru tanınmasını destekleyen bir model nasıl oluşturulabilir?

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma karşılaştırmalı nitel doküman analizi niteliğindedir. İnceleme materyali Norveç Karayolları İdaresinin plaka serileri açıklaması [3], Birleşik Krallık hükûmetinin tescil plakası kuralları [4], Polonya kamu idaresinin yeşil plakaya ilişkin açıklamaları [5], Singapur Kara Ulaştırma Kurumu ile Sivil Savunma Teşkilatının 24 Eylül 2026 tarihli duyurusu [6], Singapur Ulaştırma Bakanlığının açıklaması [7], NHTSA acil müdahale rehberleri [1] ve ISO 17840-1:2022 standardının kapsam bilgileri [2] ile sınırlandırılmıştır.

Belgeler dört boyutta değerlendirilmiştir: (i) görsel işaretin türü ve ayırt ediciliği, (ii) kapsanan araç grubu, (iii) zorunluluk veya uygulama durumu, (iv) acil müdahale açısından muhtemel yarar ve sınırlılıklar. Türkiye'ye yönelik tasarım önerisi, bu karşılaştırma üzerinden kavramsal bir model olarak geliştirilmiştir. Plaka, araç veya personel üzerinde deney yapılmamış; tanıma süresi, doğruluk ya da maliyet ölçülmemiştir. Bulgular bu nedenle doküman temelli ve öneri düzeyindedir.

3. BULGULAR

3.1. Uluslararası plaka ve işaretleme uygulamaları

Norveç'te elektrikli araçlara EL, EK, EV ve devam eden farklı tahsisli harf serileri verilmektedir. Resmî listede elektrikli, gazlı ve hidrojenli araçlar için ayrı seriler gösterilmektedir [3]. Harf dizisine dayalı tanımlama, plaka karakterlerinin okunabildiği koşullarda açık bir ipucu sunar; buna karşılık harflerin uzak mesafeden veya plaka hasar gördüğünde seçilmesi zorlaşabilir.

Birleşik Krallık'ta sıfır emisyonlu araçların plakalarında yeşil bir kenar şeridi kullanılmasına izin verilmektedir; ancak bu işaret zorunlu değildir [4]. Bu yaklaşım mevcut plaka karakter dizisinin okunmasını korurken renk temelli tanımayı destekler. İsteğe bağlı kullanım, işaret bulunmamasının aracın elektrikli olmadığı anlamına gelmediği sınırlılığını taşır.

Polonya'da elektrikli ve hidrojenli araçların yeşil tescil plakaları kullandığı resmî kamu açıklamalarında belirtilmektedir [5]. Yeşil zemin görsel ayrım sağlayabilmekle birlikte bu renk elektrikli araç ile hidrojenli aracı tek başına birbirinden ayırmaz.

Singapur Kara Ulaştırma Kurumu ve Sivil Savunma Teşkilatı, 24 Eylül 2026 tarihli duyuruyla elektrikli ve şarj edilebilir hibrit araçlar için farklılaştırılmış plaka tasarımlarına yönelik çevrim içi görüş alma sürecini açıklamıştır. Duyuruda üç tasarım seçeneği bulunduğu, görüş alma tarihinin 25 Eylül–9 Ekim 2026 olduğu ve ilk müdahale ekiplerinin araçları daha hızlı tanımasının amaçlandığı belirtilmiştir [6]. Ulaştırma Bakanlığının 10 Eylül 2026 tarihli açıklaması da tasarım ve uygulama yaklaşımının değerlendirme aşamasında olduğunu göstermektedir [7]. Bu girişim, kesin biçimde yürürlüğe girmiş bir uygulama gibi yorumlanmamalıdır.

Tablo 1. Ülkelere göre elektrikli araç plaka tanımlama yaklaşımlarının karşılaştırılması

Ülke	Görsel yaklaşım	Kapsam / durum	Başlıca sınırlılık
Norveç	Tahsisli harf serisi	Elektrikli araçlar; uygulanıyor [3]	Karakterlerin okunması gerekir
Birleşik Krallık	Yeşil kenar şeridi	Sıfır emisyonlu araçlar; isteğe bağlı [4]	İşaret her uygun araçta bulunmaz
Polonya	Yeşil plaka zemini	Elektrikli ve hidrojenli araçlar [5]	Enerji alt türünü ayırmaz
Singapur	Farklılaştırılmış tasarımlar	BEV/PHEV; 2026 istişare süreci [6, 7]	Uygulama ve etki sonucu bu belgelerde kesinleşmemiştir

3.2. Görsel tanımlamanın müdahale açısından işlevi

Plaka üzerindeki ayırt edici işaret, olay yerine ulaşan ekibe aracın enerji türüne ilişkin ilk ipucunu verebilir. Bu ipucu sayesinde yüksek gerilim bileşenleri ve batarya hasarı olasılığı daha erken değerlendirmeye alınabilir. Bununla birlikte plaka üzerinde bir işaret görülmesi aracın tam modelini veya hasar durumunu göstermez. NHTSA'nın marka ve modele göre düzenlenen acil müdahale rehberleri, olay yerinde doğrulanmış araç bilgisine ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır [1].

Müdahale zincirinin önerilen sırası, görsel ipucu → plaka/araç kimliği doğrulaması → modele özgü kurtarma bilgi föyüne ulaşma → olayın risklerine uygun müdahale planlamasıdır. ISO 17840-1 kurtarma bilgi föyünün yapısını standardize ederken, plaka ya da şasi numarası üzerinden veri tabanı eşleştirmesini standardın kapsamı dışında tutmaktadır [2]. Dolayısıyla önerilen dijital eşleştirme altyapısı ayrıca tasarlanmalı ve yetkili kullanıcılarla sınırlandırılmalıdır.

3.3. Türkiye için önerilen görsel tanımlama modeli

Türkiye bakımından iki bileşenli bir model önerilmektedir. İlk bileşen, ön ve arka tescil plakalarında boyut, karakter boşlukları, yansıtıcılık ve resmî işaretleri etkilemeyecek bir alanda standartlaştırılmış EV işaretidir. İkinci bileşen, yetkili acil müdahale ekiplerinin doğruladıkları plaka veya şasi numarası aracılığıyla modele özgü kurtarma bilgisine ulaşabildiği erişim altyapısıdır. Buradaki tasarım resmî plaka uygulaması değil, mevzuat ve teknik uygunluk incelemesine sunulacak kavramsal öneridir.

İşaretleme sınıfları tek bir EV sembolüyle tüm araçları eşdeğer göstermemelidir. BEV, PHEV ve hidrojen yakıt hücreli araçlar (FCEV) için anlaşılır ve birbirinden ayrılabilir simge veya renk kodları değerlendirilmelidir. Hibrit araçlarda yüksek gerilimli sistem bulunabileceğinden, yalnızca egzoz emisyonuna dayalı bir tanımlama acil müdahale ihtiyacını tam yansıtmayabilir. İşaretin yokluğu da aracın yüksek gerilimli sistem içermediğinin kanıtı sayılmamalıdır.

Türkiye'de uygulamaya geçiş öncesinde yetkili kurumların plaka mevzuatı, mevcut otomatik plaka tanıma sistemleri, güvenlik işaretleri ve kişisel verilerin korunması hükümleri bakımından uygunluk değerlendirmesi yapması gerekir. İşaret tasarımı, veri tabanına açık erişim veya kişisel araç takibi anlamına gelmemeli; yalnızca yetkilendirilmiş müdahale amaçları için sınırlı ve denetlenebilir bir sorgulama mekanizması kurulmalıdır.

3.4. Önerinin deneysel olarak sınanmasına yönelik pilot çalışma

Görsel işaretin yararını ölçmek için itfaiye personeli ve sivil savunma/itfaiyecilik öğrencilerinden oluşan katılımcı grubuyla eşleştirilmiş bir deney tasarlanabilir. Aynı araç görselleri, işaretsiz plaka ve standart işaretli plaka koşullarında gösterilebilir; gösterim sırası öğrenme etkisini azaltmak amacıyla dengelenebilir. Gündüz, gece, düşük aydınlatma ve kısmi hasar senaryoları birlikte kullanılmalıdır.

Bağımlı değişkenler doğru enerji türü tanıma oranı (%), karar süresi (saniye), yanlış sınıflandırma oranı (%) ve işaretin okunabilirliği olarak belirlenebilir. Kamera sistemleri için otomatik plaka tanıma başarısı ve hatalı okuma sayısı ayrıca incelenebilir. Katılımcı düzeyinde eşleştirilmiş analiz, güven aralıkları ve etki büyüklükleri raporlanmalıdır. Bu metindeki ölçütler araştırma önerisidir; henüz veri toplanmadığı için performans yüzdesi veya süre iyileşmesi bildirilmemektedir.

4. TARTIŞMA

Uluslararası örnekler, elektrikli araçların tescil plakaları aracılığıyla görsel olarak farklılaştırılmasının teknik ve idari açıdan mümkün olduğunu göstermektedir [3–6]. Bununla birlikte ülkelerdeki hedef ve uygulama kapsamları aynı değildir. Norveç'in harf serisi yaklaşımı, Birleşik Krallık'ın isteğe bağlı işareti ve Polonya'nın renkli plaka uygulaması doğrudan aynı güvenlik etkisine sahip kabul edilemez. Singapur'un süreci ise acil müdahale hedefinin resmî olarak öne çıkarılması bakımından dikkat çekicidir; ancak tasarım istişaresi müdahale başarısının ölçüldüğü bir saha araştırması değildir [6, 7].

Görsel plaka işaretinin temel avantajı, araç gövdesinin teknik ayrıntılarını bilmeden enerji türü hakkında erken bir uyarı sağlayabilmesidir. Buna karşın plakanın kirlenmesi, eğilmesi, yanması, sökülmesi veya görünmemesi gibi durumlarda sistem işlevsiz kalabilir. Bu nedenle tescil plakasına dayalı görsel tanımlama, araç modeli doğrulamasının ve üretici kurtarma bilgi föyünün yerini alamaz [1, 2]. Olay yerinde yüksek gerilim riski yalnızca plaka işaretinin varlığına veya yokluğuna göre değerlendirilmemelidir.

Türkiye'de önerilen modelin başarısı, görsel algılanabilirlik kadar kurumlar arası görev dağılımına da bağlıdır. Plaka standardının hazırlanması, emniyet ve tescil düzenlemeleri, araç üreticileri ve ithalatçıların teknik veri sağlama süreci, itfaiye birimlerinin erişim yetkileri ve eğitim programları birlikte ele alınmalıdır. Böylece görsel işaretin yalnızca sembolik bir farklılık olmasının önüne geçilerek doğrulanmış teknik bilgiye yönlendiren bir güvenlik göstergesi hâline gelmesi sağlanabilir.

Araştırmanın başlıca sınırlılığı, resmî dokümanlar üzerinden yürütülmesi ve doğrudan kullanıcı davranışı veya müdahale süresini ölçmemesidir. İleride kontrollü laboratuvar testleri ve saha simülasyonlarıyla bu eksiklik giderilebilir. Özellikle plaka işaretinin acil müdahale hızına etkisi, doğru tanıma oranıyla birlikte değerlendirilmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrikli araçların kaza ve yangın olaylarında hızlı biçimde tanımlanması, ilk müdahale ekiplerinin yüksek gerilim ve batarya tehlikelerine ilişkin farkındalığını destekleyebilecek bir güvenlik unsurudur. Norveç, Birleşik Krallık ve Polonya örnekleri çeşitli plaka farklılaştırma yöntemlerinin uygulandığını; Singapur örneği ise bu konunun doğrudan ilk müdahale güvenliği amacıyla gündeme alınabildiğini göstermektedir [3–7].

Türkiye için mevcut plaka düzeninin okunabilirliğini koruyan, araçların enerji türlerini birbirinden ayırabilen ve yetkili ekipleri modele özgü kurtarma bilgisine yönlendiren kademeli bir sistem önerilmektedir. İlk aşamada mevzuat ve teknik standartlara uygunluk analizi ile paydaş görüşmeleri; ikinci aşamada prototip tasarım ve gündüz/gece tanıma testleri; üçüncü aşamada ise pilot saha uygulaması ve bilgi sistemi entegrasyonu gerçekleştirilmelidir.

Sonuç olarak görsel işaretleme, elektrikli araçlara müdahalede tek başına yeterli bir güvenlik çözümü değildir. Bununla birlikte doğru doğrulama ve eğitim altyapısıyla birlikte kullanıldığında olay yerinde erken farkındalık sağlayabilecek yardımcı bir tedbir olarak değerlendirilmelidir. Önerinin gerçek yararı, tanıma doğruluğu, karar süresi, yanlış tanıma ve sistem uyumluluğu verileriyle ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Emergency Response Guides. https://www.nhtsa.gov/emergency-response-guides (Erişim: 31.10.2026).

[2] International Organization for Standardization (ISO). (2022). ISO 17840-1:2022, Road vehicles — Information for first and second responders — Part 1: Rescue sheet for passenger cars and light commercial vehicles. https://www.iso.org/standard/78461.html

[3] Statens vegvesen. Number Plate Series. https://www.vegvesen.no/en/vehicles/own-and-maintain/number-plates/number-plate-series/ (Erişim: 31.10.2026).

[4] GOV.UK. Displaying number plates: Rules for number plates. https://www.gov.uk/displaying-number-plates/rules-number-plates (Erişim: 31.10.2026).

[5] Government of Poland. Marking of vehicles in Low Emission Zones. https://www.gov.pl/web/your-europe/marking-of-vehicles-in-clean-transport-zones (Erişim: 31.10.2026).

[6] Land Transport Authority (LTA) and Singapore Civil Defence Force (SCDF). (24 September 2026). Launch of Online Poll on Differentiated Licence Plates for Electric Vehicles. https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/newsroom/2026/9/news-releases/online-poll-differentiated-licence-plates-evs.html

[7] Singapore Ministry of Transport. (10 September 2026). Update on Stakeholder Engagement, Design Finalisation and Implementation Timeline for Electric and Plug-In Hybrid Vehicle Differentiated Licence Plates.https://www.mot.gov.sg/news-resources/newsroom/update-on-stakeholder-engagement--design-finalisation-and-implementation-timeline-for-electric-and-plug-in-hybrid-vehicle-differentiated-licence-plates/

OTOMATİK CİLT HASTALIĞI ŞİDDET SINIFLANDIRMASINDA VERİ SIZINTISI VE MODEL VERİMLİLİĞİ

Arş. Gör., Emre TURAN1 / Prof. Dr., Orhan ER2

1İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, emre.turan@bakircay.edu.tr, 0009-0003-5631-8675,

2İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, orhan.er@bakircay.edu.tr, 0000-0002-4732-9490

Özet

Dermatolojik görüntü sınıflandırmasına yönelik derin öğrenme modellerinin güvenilir biçimde kıyaslanması, büyük ölçüde eğitim/test bölümünün kalitesine bağlıdır; ancak eğitim-test sızıntısı, kamuya açık deri hastalığı veri kümelerinde yaygın ve çoğu zaman göz ardı edilen bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, akne ve egzama şiddet düzeylerini kapsayan çok sınıflı bir deri hastalığı görüntü veri kümesinde önemli bir veri sızıntısı tespit edilmiş; test görüntülerinin %43,9'unun eğitim kümesindeki görüntülerin kopyası ya da yakın kopyası olduğu belirlenmiştir. Bu sorunu gidermek amacıyla aynı kaynak görüntüye ait tüm kopyalar yeniden gruplandırılmış, çelişkili etiketlere sahip 86 grup çıkarılmış ve sızıntıdan arındırılmış yeni bir bölüm (2.322/496/500 görüntü) oluşturulmuştur. Düzeltilmiş bu veri kümesi üzerinde, sınırlı hesaplama kaynaklarına sahip ortamlarda kullanıma uygun üç hafif mimari—MobileNetV3-Small (1,5M parametre), ConvNeXt-Atto (3,4M parametre) ve ResNet-18 (11,2M parametre)—ortak bir eğitim protokolü çerçevesinde ince ayara tabi tutulmuş; hiperparametreler doğrulama kümesi makro-F1 değerine göre seçilmiştir. Sonuçlar, ConvNeXt-Atto'nun yaklaşık üçte bir daha az parametre kullanmasına karşın ResNet-18 ile özdeş test doğruluğuna ulaştığını göstermektedir (%78,13 - %78,13); MobileNetV3-Small ise her iki modelin yaklaşık üç yüzde puan gerisinde kalmaktadır (%75,13). Her üç model, özellikle egzama alt sınıflarında olmak üzere bitişik şiddet düzeyleri arasında benzer bir karışıklık örüntüsü sergilemiş; bu durum, şiddet derecelendirmesinin doğası gereği sürekli bir yapıya sahip olduğunu yansıtmaktadır. Bu bulgular, sızıntıya duyarlı değerlendirme protokollerinin önemini vurgulamakta ve düşük parametreli mimarilerin klinik açıdan ilgili, kaynak kısıtlı deri hastalığı sınıflandırma görevlerinde rekabetçi başarım sergileyebildiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Veri Sızıntısı, Deri Hastalığı Sınıflandırması, Hafif Derin Öğrenme, Dermatoloji Görüntü Analizi, Model Kıyaslaması

DATA LEAKAGE AND MODEL EFFICIENCY IN AUTOMATED SKIN DISEASE SEVERITY CLASSIFICATION

Res. Asst., Emre TURAN1 / Prof. Dr., Orhan ER2

1İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, emre.turan@bakircay.edu.tr, 0009-0003-5631-8675

2İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, orhan.er@bakircay.edu.tr, 0000-0002-4732-9490

Abstract

Reliable benchmarking of deep learning models for dermatological image classification depends critically on the quality of the train/test split, yet train-test leakage remains a widespread and often overlooked problem in publicly available skin disease datasets. In this study, we identify a substantial data leak in a multi-class skin disease image dataset covering acne and eczema severity levels, finding that 43.9% of the test images were duplicates or near-duplicates of images in the training set. To correct this, we regrouped all copies of the same source image, removed 86 groups with conflicting labels, and constructed a new leakage-free split (2,322/496/500 images). On this corrected dataset, we fine-tuned three lightweight architectures suitable for deployment on limited computational resources—MobileNetV3-Small (1.5M parameters), ConvNeXt-Atto (3.4M parameters), and ResNet-18 (11.2M parameters)—under a common training protocol, selecting hyperparameters based on validation macro-F1. Results show that ConvNeXt-Atto achieves test accuracy indistinguishable from ResNet-18 (78.13% vs. 78.13%) despite using roughly one-third the parameters, while MobileNetV3-Small trails both by approximately three percentage points (75.13%). All three models exhibit a similar confusion pattern across adjacent severity levels, most notably within the eczema subclasses, reflecting the inherently continuous nature of severity grading. These findings underscore the importance of leakage-aware evaluation protocols and demonstrate that low-parameter architectures can achieve competitive performance on clinically relevant, resource-constrained skin disease classification tasks.

Keywords: Data Leakage, Skin Disease Classification, Lightweight Deep Learning, Dermatology Image Analysis, Model Benchmarking

1. INTRODUCTION

Skin diseases are among the most common health problems worldwide, and even in widespread conditions such as acne and eczema, accurate severity assessment is critical for treatment planning. In regions where access to dermatologists is limited, image-based automated preliminary diagnosis and severity classification systems have the potential to both speed up the triage process and improve diagnostic consistency. Over the past decade, convolutional neural networks (CNNs) and, more recently, vision transformers have produced results in dermatological image analysis that approach human-level performance.

However, a significant portion of the high accuracy rates reported in the literature is marred by issues related to dataset quality. In particular, in publicly available dermatology datasets, the leakage of multiple images of the same lesion or patient into different partitions (train/val/test) can lead the model to produce high test scores through "memorization" rather than true generalization. This problem is referred to in the literature as "train–test leakage" and has recently been systematically documented in both general image datasets and specifically in the field of dermatology (the ISIC family, HAM10000, Fitzpatrick17k). Comparisons made without correcting for leakage can yield misleading results regarding the relative superiority of model architectures and make it difficult to establish confidence prior to clinical use. The most widely used publicly available dataset for dermatological image classification is the HAM10000 dataset presented by Tschandl et al. (2018), which contains seven types of pigmented lesions; many subsequent studies have fine-tuned pre-trained CNN architectures on this dataset or its derivatives using transfer learning. Bhargavi et al. (2023) compared the InceptionResNetV2, InceptionV3, MobileNetV2, and EfficientNetB0 models on the HAM10000 dataset and, by compensating for class imbalance through data augmentation, achieved a higher ensemble accuracy (approximately 81%) than any single model. Rangaswamy et al. (2025) compared InceptionV3 and VGG16 on a dataset of approximately 17,000 images spanning 13 different disease categories. Inthiyaz et al. (2023) reported an accuracy of over 87% in distinguishing eczema, melanoma, psoriasis, and healthy skin using a CNN-based classifier on the Xiangya-Derm clinical image dataset. Oztel et al. (2023) trained a lightweight ResNet-18 architecture optimized for mobile deployment by combining the PAD-UFES-20 dataset with monkeypox lesion data; this study serves as an important example of the applicability of low-capacity architectures in point-of-care scenarios. In more recent studies, Cai et al. (2023) proposed a multimodal transformer that combines images and metadata (age, region, etc.), while Kumar et al. (2024) reported performance improvements by combining hand-crafted features with multi-head CNN architectures. A common feature of these studies is that comparisons were largely conducted among architectures within a single capacity class (typically medium-scale CNNs), and direct comparisons of low-parameter architectures of different sizes under the same protocol have been relatively scarce. The reliability of model architecture comparisons depends largely on the quality of the used split. Recent studies have shown that commonly used dermatology datasets have serious flaws in this regard. A study examining the DermaMNIST and Fitzpatrick17k datasets, along with their source HAM10000, reported that duplicate images were present in both datasets, leading to a violation of statistical independence between training and test samples; it also noted that the Fitzpatrick17k dataset did not even define a separate test set (Abhishek et al., 2025). Jiménez-Sánchez et al. (2024), examining numerous derived versions of the ISIC dataset family document overlap between versions and instance repetition between training and test sets. These findings are not isolated to dermatology: a general study systematically investigating leakage in visual datasets (Ramos et al., 2025) has shown that both intra-dataset and inter-dataset leakage can be reliably detected using embedding-based nearest-neighbor search and that this problem is widespread across many popular benchmark datasets. Truong et al. (2024), in a study on duplicate detection in medical imaging, also highlights that identical or very similar examples in datasets can be repeatedly distributed across different providers, leading to systematic bias in model evaluation. The common conclusion of these studies is that accuracy measured on a split containing leakage overestimates the model's true generalization

capacity; therefore, to ensure that architectural comparisons are meaningful, a split that is disaggregated at the source level (by image, lesion, or patient) must first be guaranteed.

In this study, a significant data leak was detected in a widely used image dataset for a common skin condition; it was found that 43.9% of the test images were duplicates of photos in the training set. To address this issue, all copies of the same source image were treated as a single group, and 86 groups with conflicting labels were removed from the dataset. This created a new, leak-free split (2,322/496/500) that preserves the class proportions. On this corrected dataset, three lightweight models capable of running on limited computational resources (a single laptop GPU)—MobileNetV3-Small, ConvNeXt-Atto, and ResNet-18—were fine-tuned under a common training recipe, and their hyperparameters were optimized based on the validation set's macro-F1 score. The results show that even a compact model (ConvNeXt-Atto, 3.4M parameters) can achieve a test accuracy of over 78%, but all models exhibit a similar pattern of confusion across severity levels (particularly in the eczema subclasses).

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Dataset

In this study, the "Multi-Class Skin Disease Image Dataset with Severity Levels" (v3) dataset, shared on the Mendeley platform, was used (Ansari et al., 2026). The dataset consists of a total of eight classes covering three severity levels (mild, moderate, severe) for two diseases—acne and eczema—as well as healthy skin and non-skin images: Acne-mild, Acne-moderate, Acne-severe, Eczema-mild, Eczema-moderate, Eczema-severe, Healthy, and Non-skin. In its original form, the dataset contains 5,201 images and is distributed by the publisher pre-split into 3,632/777/792 (training/validation/test) sets. An analysis of the distributed split revealed a significant data leak: 43.9% of the images in the test set are exact copies or very close variants (flipped or rotated versions of the same photo) of the photos in the training set. This means that models trained on the standard split may significantly overestimate their true generalization capability; since, during the testing phase, the model is classifying photos it has already seen during training.

To address this issue, the dataset was resplit at the source photo level. First, all copies and variants belonging to the same source photo were identified and combined into a single group; this ensured that the splitting process occurred at the group level rather than the image level, thereby preventing photo duplication. During this grouping process, 86 conflicting groups—in which copies of the same source photo were labeled with different class labels—were identified and removed from the dataset to preserve the dataset's label reliability. The remaining groups were assigned to the training, validation, and test sets in a 70%/15%/15% ratio, stratified by class to preserve the class distribution. The final dataset obtained as a result of this process consists of 3,318 photos and is divided into 2,322 training, 496 validation, and 500 test images. Validation confirmed that no source group crosses a split boundary; however, a filename-level re-audit showed that 15 of the 500 test images (3.0%) still share a source photo with the training set, because 167 files carry a nested augmentation prefix that the grouping did not resolve. These images do not inflate the reported results: excluding them raises each model's mean test accuracy by less than 0.3 percentage points. All images were rescaled to 224×224 and normalized using ImageNet statistics.

2.2. Models

In this study, three convolutional/efficient architectures with low to medium numbers of parameters, suitable for practical use on hardware with limited computational resources (a single laptop GPU), were evaluated. All models were loaded with ImageNet pre-trained weights via the timm library (Wightman, 2019) and fine-tuned end-to-end on the target dataset.

ResNet-18 (He et al., 2016) is a widely used baseline architecture for image classification that solves the problem of gradient vanishing in deep network training by using residual connections. With 11.2 million parameters, it is the model with the highest number of parameters in this study.

ConvNeXt-Atto is the smallest variant of the ConvNeXt family (Liu et al., 2022), which modernizes the standard convolutional network design with design choices inspired by Vision Transformer architectures (depthwise convolutions with large kernels, LayerNorm, and GELU activation). With only 3.4M parameters, it is the second most compact model in this study.

MobileNetV3-Small (Howard et al., 2019) is an architecture optimized via neural architecture search (NAS), designed for mobile and embedded devices, that combines inverted residual blocks, squeeze-and-excitation modules, and the h-swish activation function. With 1.5M parameters, it is the lightest model evaluated in this study. The number of parameters, computational complexities (GFLOPs), and latency times of the models are summarized in Table 1.

Table 1. Architectural and computational characteristics of the evaluated models.

Model	TIMM Weights	Params (M)	GFLOPs	Latency (ms/img)
MobileNetV3-Small	mobilenetv3_small_100.lamb_in1k	1.53	0.11	0.12
ConvNeXt-Atto	convnext_atto.d2_in1k	3.38	1.09	0.27
ResNet-18	resnet18.a1_in1k	11.18	3.63	0.23

2.3. Evaluation Metrics

Model performance is reported using overall accuracy and macro-averaged F1-score. Hyperparameter and checkpoint selection is based on validation macro-F1, while test accuracy is reported as the mean ± standard deviation over 3 random seeds. Per-class prediction patterns are additionally examined via confusion matrices computed on the held-out test set (n = 500).

3. EXPERIMENTAL RESULTS

Each model was tuned over a small grid of learning rates, epoch budgets, and mixup probabilities, with the best configuration selected by validation macro-F1. Table 2 reports the final hyperparameters. For MobileNetV3-Small and ConvNeXt-Atto, the tuning process converged on a learning rate of 3×10^{-4} with mixup/cutmix applied at $p = 0.5$; for ConvNeXt-Atto, this coincided with the baseline recipe, indicating limited sensitivity to further tuning. ResNet-18, in contrast, achieved its best validation macro-F1 with a higher learning rate (1×10^{-3}) and mixup disabled, suggesting that the additional regularization from mixup was unnecessary — and possibly detrimental — for this architecture at the given dataset size.

Table 2. Selected hyperparameters after grid search

Model	LR	Mixup/CutMix p	Epochs	Notes
MobileNetV3-Small	0.0003	0.5	40	tuned, 40 epoch
ConvNeXt-Atto	0.0003	0.5	25	baseline recipe won tuning
ResNet-18	0.001	0.0	40	tuned, mixup disabled

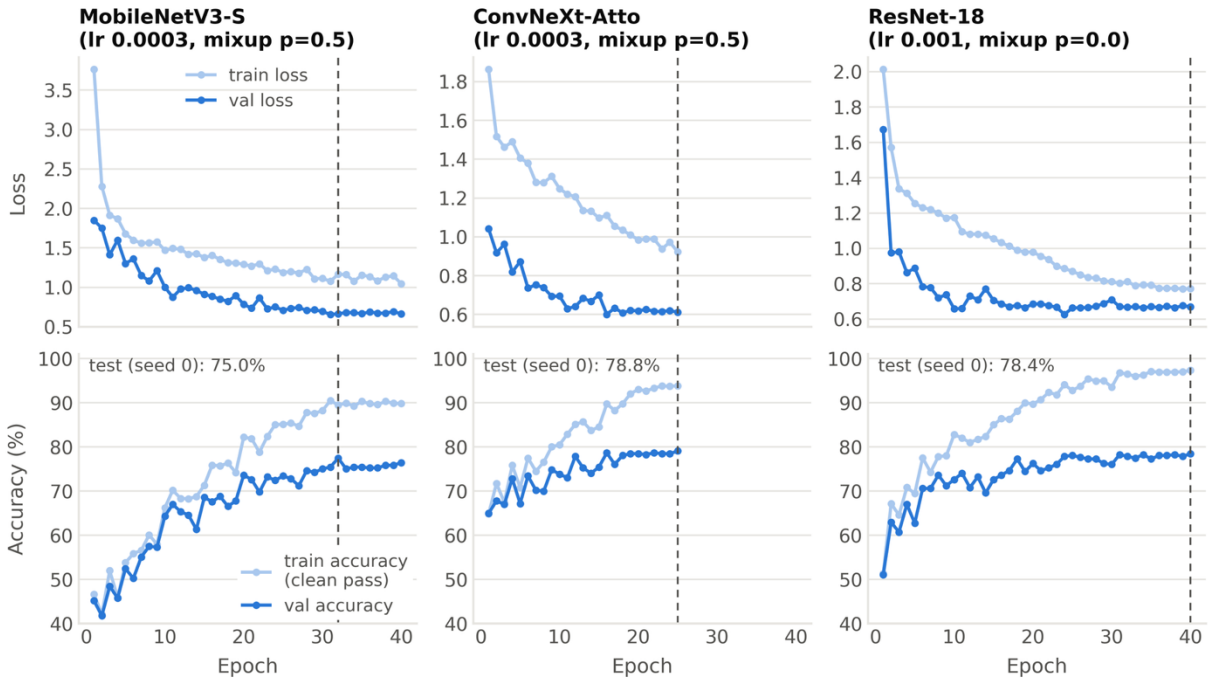


Figure1. Training and validation loss/accuracy curves of all models.

Figure 1 shows training and validation loss/accuracy curves for a representative run (seed 0) of each model, with the dashed vertical line marking the epoch of best validation macro-F1. All three models exhibit a similar qualitative pattern: a rapid initial loss decrease followed by a long plateau, with validation loss stabilizing well before the nominal epoch budget is exhausted. ConvNeXt-Atto reaches its best checkpoint earliest (around epoch 25), consistent with the shorter 25-epoch schedule selected for it, while MobileNetV3-Small and ResNet-18 continue to show modest validation gains up to epoch 32–40. Across all models, the gap between training and validation accuracy widens steadily over training (e.g., MobileNetV3-Small reaches ~90% train accuracy against ~76–78% validation accuracy), indicating a degree of overfitting that the regularization scheme (mixup, RandAugment, label smoothing) only partially mitigates.

Table 3 summarizes performance at the selected checkpoint (best validation macro-F1), averaged over 3 seeds. ConvNeXt-Atto and ResNet-18 achieve statistically indistinguishable test accuracy (78.13% ± 0.58 and 78.13% ± 1.42, respectively), despite ConvNeXt-Atto having roughly one-third the parameter count (3.4M vs. 11.2M).

MobileNetV3-Small trails both by approximately 3 percentage points (75.13% ± 0.61), reflecting its substantially smaller capacity (1.5M parameters). Notably, ResNet-18 shows the highest variance across seeds in both selected epoch (29.7 ± 9.0) and test accuracy (± 1.42), suggesting less stable convergence behavior than the other two architectures. Validation accuracy at the final epoch differs from that at the selected checkpoint by less than one percentage point on average for every model, indicating that early stopping and checkpoint selection had limited impact beyond what natural training-time convergence already provided.

Table 3. Test accuracy (mean ± s.d. over 3 seeds) at the selected checkpoint.

Model	Val F1 (%)	Test Acc (%)
MobileNetV3-Small	73.7 ± 0.9	75.13 ± 0.61
ConvNeXt-Atto	75.3 ± 0.3	78.13 ± 0.58
ResNet-18	75.5 ± 1.1	78.13 ± 1.42

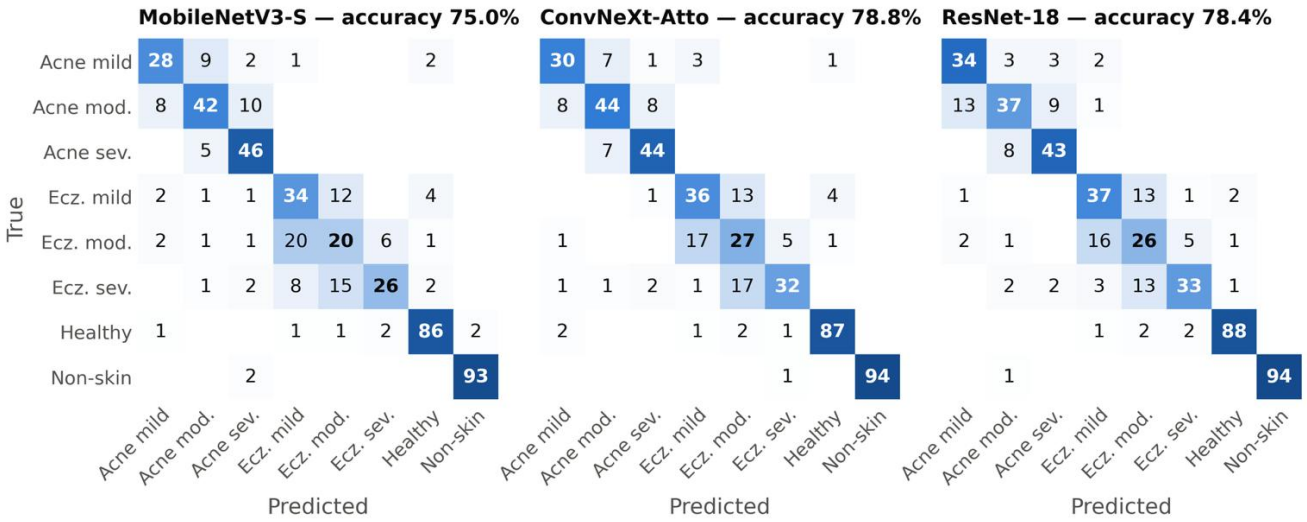


Figure 2. Confusion matrix of models.

Figure 2 shows the per-class confusion matrices on the leakage-free test set (n = 500, seed 0). All three models classify the Healthy and Non-skin classes with high reliability (86–88 of 93 Healthy and 93–94 of 95 Non-skin images correctly classified), confirming that the leakage correction did not compromise the models' ability to separate skin-disease images from non-pathological or non-skin inputs. The dominant source of error across all models is confusion between adjacent severity levels within the same condition, most pronounced for Eczema: Eczema-moderate is the single most frequently misclassified class in every model, with most of its errors going to Eczema-mild (16–20 images) rather than Eczema-severe (5–6 images); conversely, Eczema-severe is frequently predicted as Eczema-moderate (13–17 images). This pattern is consistent with the inherently continuous and subjective nature of severity grading, where boundaries between adjacent classes are not sharply defined even for human annotators. Acne severity classes show comparatively less inter-class confusion, with Acne-severe classified correctly in the large majority of cases across all three models. ConvNeXt-Atto and ResNet-18 show visibly tighter diagonal concentration than MobileNetV3-Small, particularly within the Eczema block, consistent with their higher overall accuracy.

4. DISCUSSION

The findings of this study demonstrate that models with a low number of parameters can achieve surprisingly competitive performance on a challenging, leakage-free skin disease classification task. With only 3.4M parameters, ConvNeXt-Atto achieved a test accuracy of 78.13%, which is statistically indistinguishable from that of ResNet-18, which has approximately 3.3 times as many parameters. This suggests that architectural design decisions (depthwise convolutions, large kernel size, LayerNorm) may be more decisive than the raw number of parameters on small-scale datasets. On the other hand, the significant underperformance of MobileNetV3-Small (75.13%) demonstrates that the design choices made by mobile-first architectures to prioritize efficiency come at the cost of accuracy on datasets of this size. The hyperparameter search results are also noteworthy: The fact that disabling mixup/cutmix yields the best result for ResNet-18 suggests that this architecture is harmed rather than benefited by aggressive mixup-based regularization. This underscores that a single regularization scheme cannot be applied uniformly to different architectures and highlights the need for model-specific tuning. The most significant methodological contribution of this study is the detection of a serious data leak in the split of the dataset used (43.9% of the test set consisted of copies of images from the training set). This finding demonstrates that even widely used, publicly available medical image datasets can lead to deceptively high performance metrics if used directly without careful scrutiny. A limitation of this study is that no direct numerical comparison was made between the leaky and corrected splits; however, given the performance inflation observed in similar leakage cases in the literature, it is assessed that the reported results on the original split may have significantly overestimated the true generalization capacity. This study has several limitations. First, the relatively small size of the test set (n = 500) widens the confidence intervals, particularly in classes with few examples. Second, the evaluation is limited to a single dataset; the generalizability of the findings to datasets with different imaging conditions or skin tone distributions has not been tested. Finally, the scope of the study is limited to low-to-medium-parameter models, and no direct comparison with large-scale architectures (e.g., ViT-based models) is provided.

5. CONCLUSION

In this study, a significant data leak was detected in a widely used image dataset of skin diseases and was corrected through re-partitioning at the photo-group level. Three low-capacity models (MobileNetV3-Small, ConvNeXt-Atto, ResNet-18) were comparatively evaluated on this leak-free dataset. The results show that ConvNeXt-Atto achieved accuracy equivalent to that of ResNet-18 (11.2M parameters) with only 3.4M parameters, while MobileNetV3-Small lagged behind (75.13%) due to its lower capacity. All models exhibit a similar pattern of confusion across disease severity levels, a phenomenon attributed to the subjective limitations inherent in severity grading. These findings demonstrate that even with a single consumer-grade laptop GPU, skin disease classification models can be trained with reasonable accuracy on a carefully prepared and leak-free dataset. Future work may include directly quantifying the effect of leakage on performance, validating the models on larger and more diverse datasets, and evaluating ordinal classification approaches that account for the ordinal relationship between severity levels.

REFERENCES

Abhishek, K., Jain, A., & Hamarneh, G. (2025). Investigating the quality of DermaMNIST and Fitzpatrick17k dermatological image datasets. Scientific Data, 12, 196. https://doi.org/10.1038/s41597-025-04382-5

Ansari, A. M., Shakeel, L., Bin Qasim, S. M., & Parveen, M. (2026). Multi-class skin disease image dataset with severity levels (V3) [Data set]. Mendeley Data. https://doi.org/10.17632/6sjcrtg54p.3

Bhargavi, M., Renugadevi, R., Sivabalan, S., Phani, P., Ganesh, J., & Bhanu, K. (2023). Ensemble learning for skin lesion classification: A robust approach for improved diagnostic accuracy (ELSLC). In 2023 3rd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA) (pp. 390–395). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICIMIA60377.2023.10425888

Cai, G., Zhu, Y., Wu, Y., Jiang, X., Ye, J., & Yang, D. (2023). A multimodal transformer to fuse images and metadata for skin disease classification. The Visual Computer, 39(7), 2781–2793. https://doi.org/10.1007/s00371-022-02492-4

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 770–778). IEEE. https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90

Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L.-C., Chen, B., Tan, M., Wang, W., Zhu, Y., Pang, R., Vasudevan, V., Le, Q. V., & Adam, H. (2019). Searching for MobileNetV3. arXiv preprint arXiv:1905.02244. https://doi.org/10.48550/arXiv.1905.02244

Inthiyaz, S., Altahan, B. R., Ahammad, S. H., Rajesh, V., Kalangi, R. R., Smirani, L. K., Hossain, M. A., & Rashed, A. N. Z. (2023). Skin disease detection using deep learning. Advances in Engineering Software, 175, 103361. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103361

Jiménez-Sánchez, A., Avlona, N.-R., Juodelyte, D., Sourget, T., Vang-Larsen, C., Rogers, A., Zając, H. D., & Cheplygina, V. (2024). Copycats: The many lives of a publicly available medical imaging dataset. arXiv preprint arXiv:2402.06353. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.06353

Kumar, A., Vishwakarma, A., Bajaj, V., & Mishra, S. (2024). Novel mixed domain hand-crafted features for skin disease recognition using multiheaded CNN. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 73, 1–13. https://doi.org/10.1109/TIM.2024.3370772

Liu, Z., Mao, H., Wu, C.-Y., Feichtenhofer, C., Darrell, T., & Xie, S. (2022). A ConvNet for the 2020s. In 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 11966–11976). IEEE. https://doi.org/10.1109/CVPR52688.2022.01167

Oztel, I., Yolcu Oztel, G., & Sahin, V. H. (2023). Deep learning-based skin diseases classification using smartphones. Advanced Intelligent Systems, 5(12), 2300211. https://doi.org/10.1002/aisy.202300211

Ramos, P., Ramos, R., & Garcia, N. (2025). Data leakage in visual datasets. arXiv preprint arXiv:2508.17416. https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.17416

Rangaswamy, S., Tantry, S. S., & Lal, T. S. (2025). Skin disease classification using deep learning. National Academy Science Letters, 48(5), 585–588. https://doi.org/10.1007/s40009-024-01523-z

Truong, T., Khun Jush, F., & Lenga, M. (2024). Benchmarking pretrained vision embeddings for near- and duplicate detection in medical images. arXiv preprint arXiv:2312.07273. https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07273

Tschandl, P., Rosendahl, C., & Kittler, H. (2018). The HAM10000 dataset, a large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions. Scientific Data, 5, 180161. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.161

Wightman, R. (2019). PyTorch image models [Computer software]. GitHub. https://doi.org/10.5281/zenodo.4414861

MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK SDN TOPOLOJİ ZEHİRLEME SALDIRILARININ TESPİTİNDE VERİ SIZINTISI VE SALDIRI-KOŞU TABANLI DEĞERLENDİRME

Arş. Gör., Emre TURAN1 / Doç. Dr., Muhammet Emin ŞAHİN2 / Prof. Dr., Orhan ER3

1İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, emre.turan@bakircay.edu.tr, 0009-0003-5631-8675

2İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, emin.sahin@bakircay.edu.tr, 0000-0001-7729-990X

3İzmir Bakırçay Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, orhan.er@bakircay.edu.tr, 0000-0002-4732-9490

Özet

Yazılım tanımlı ağlarda (SDN), denetleyicinin topoloji görünümü; yönlendirme ve erişim kararlarının temelini oluşturmaktadır. Bu görünümün sahte bir ana makine konumu veya sahte bağlantı bilgisiyle ele geçirilmesi, hizmet reddi ve araya girme gibi sonuçlara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, 247.346 akış ve 86 sütundan oluşan TPA veri kümesi üzerinde ikili ve dört sınıflı tespit görevleri incelenmiş; özellikle eğitim-test bölümünün performans tahminine etkisi araştırılmıştır. Beş katlı rastgele tabakalı doğrulamada Rastgele Orman için dört sınıflı doğruluk 0,768 iken, tüm saldırı koşularını gruplar arasında ayıran bir değerlendirmede bu değer 0,317'ye gerilemiştir. Rastgele bölümde test örneklerinin %100'ü eğitim kümesindeki bir saldırı koşusuyla, %84,9'u aynı flow_id konuşmasıyla ve %67,3'ü bayt düzeyinde özdeş bir akış özellik vektörüyle eşleşmiş; bu durum, yüksek skorların büyük ölçüde örnek bağımlılığından kaynaklandığına işaret etmektedir. Bulgular, TPA veri kümesinde saldırı koşusu tabanlı grup bölümlemesinin kimlik ve zaman niteliklerinin kaldırılmasıyla birlikte uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. İkili normal-saldırı görevinin tüm protokollerde neredeyse kusursuz kalması ise farklı yakalama kampanyalarından gelen iz kaynaklarının görevi doygunluğa taşıdığına işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yazılım Tanımlı Ağlar, Topoloji Zehirleme, Saldırı Tespiti, Veri Sızıntısı, Grup Tabanlı Çapraz Doğrulama

DATA LEAKAGE AND ATTACK-RUN-BASED EVALUATION IN THE DETECTION OF SDN TOPOLOGY POISONING ATTACKS USING MACHINE LEARNING

Res. Asst., Emre TURAN1 / Assoc. Prof. Dr., Muhammet Emin SAHIN2 / Prof. Dr., Orhan ER3

1İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, emre.turan@bakircay.edu.tr, 0009-0003-5631-8675

2İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, emin.sahin@bakircay.edu.tr, 0000-0001-7729-990X

3İzmir Bakırçay University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, orhan.er@bakircay.edu.tr, 0000-0002-4732-9490

Abstract

In software-defined networks (SDN), the controller's topology view forms the basis for routing and access decisions. Compromising this view with a spoofed host location or spoofed link information can lead to consequences such as denial of service and interception. In this study, binary and four-class detection tasks were examined on the TPA dataset, consisting of 247,346 flows and 86 columns; in particular, the effect of the training-test split on performance estimation was investigated. In a five-fold random stratified validation, the four-class accuracy for Random Forest was 0.768, whereas in an evaluation that separated all attack runs across groups, it dropped to 0.317. In the random split, 100% of the test examples matched an attack run from the training set, 84.9% matched the same flow_id conversation, and 67.3% matched a byte-level identical flow feature vector, indicating that high scores stemmed significantly from sample dependency. The findings reveal that, in the TPA dataset, attack run-based group splitting must be applied in conjunction with the removal of identity and time attributes. The fact that the binary normal-attack task remains nearly flawless across all protocols indicates that trace sources from different capture campaigns have brought the task to saturation.

Keywords: Software-Defined Networks, Topology Poisoning, Attack Detection, Data Leakage, Group-Based Cross-Validation

1. INTRODUCTION

The Software-Defined Networking (SDN) architecture makes network management programmable and centralized by separating the control plane from the data plane. While this architecture provides operational flexibility, it transforms the controller's global view of the network into a critical security asset. Hong et al. (2015) demonstrated that host location spoofing and link fabrication attacks can corrupt the controller's topology information and proposed the TopoGuard approach. Around the same time, SPHINX introduced a security framework based on detecting inconsistencies in SDN control behavior (Dhawan et al., 2015). These studies demonstrate that SDN-specific attacks must be addressed not only through general network traffic statistics but also in conjunction with the topological and temporal context of the event.

In machine learning-based attack detection, the realism of the dataset and the experimental design are just as critical as the chosen classifier. InSDN addressed this need by providing a comprehensive dataset containing both normal and attack traffic generated in an SDN environment and compared eight machine learning methods (Elsayed et al., 2020). In a more general framework, Ring et al. (2019) emphasized that recency, diversity, and label quality in network-based attack detection datasets limit the generalizability of results. Engelen et al. (2021) also demonstrated, using the CICIDS2017 dataset, that flow generation and labeling errors can alter measured performance. In data mining, when variables that carry indirect information about the target or sample identity cross the training-test boundary, this constitutes data leakage in the classical sense and leads to overly optimistic evaluations (Kaufman et al., 2012). In the network intrusion detection literature, Sommer and Paxson (2010) noted early on that machine learning detectors face evaluation problems that differ fundamentally from other application domains, which makes realistic data and careful experimental design essential. More recently, Arp et al. (2022) identified sampling bias, data snooping, and spurious correlations among the pitfalls that recur in security research, and Kapoor and Narayanan (2023) showed that data leakage undermines the reproducibility of machine-learning-based findings across many scientific fields. Group-based splitting follows the established principle that cross-validation must respect the dependence structure of the data, since random folds drawn from temporally or hierarchically correlated samples yield overly optimistic error estimates (Roberts et al., 2017). The temporal "last-run" protocol is motivated by time-aware evaluation practices in security learning, where training data must not postdate the test data (Pendlebury et al., 2019).

The TPA dataset published by Mgimba (2026) presents topology poisoning attacks across four categories and multiple controller/attack types. The published description of the dataset notes that ensemble methods such as Random Forest, XGBoost, and LightGBM provide strong baselines. However, if highly similar traffic flows from the same attack run are randomly distributed across both training and testing, the model may memorize the traces of the capture session rather than learning a new attack. The aim of this study is to determine the magnitude of this effect by changing only the separation protocol while keeping the same feature set and classifiers, and to propose a more leak-resistant experimental setup for reporting.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Dataset

The TPA dataset has been published on Mendeley Data under a CC BY 4.0 license (Mgimba, 2026). The dataset combines bidirectional flow statistics extracted using CICFlowMeter with the fields flow_id, label, _source, and category, which are intended to facilitate traceability. It contains a total of 247,346 rows and 86 columns. The binary task is based on the distinction between normal and attack, while the multi-class task is based on the four categories given in Table 1.

Table 1. Four-class distribution of the TPA dataset.

Class	Label	Number	%
Benign	0	68,424	27.66%
Link Fabrication + CT	1	69,723	28.19%
Host Location Hijacking + PGH	2	4,423	1.79%
Combined	3	104,776	42.36%

In the experiments, infinite and missing numerical values were replaced with 0.0. For the Logistic Regression, KNN, and Gaussian Naive Bayes models that required scaling, StandardScaler was fitted on the training fold only and then applied to both the training and test folds. No resampling, feature selection, or hyperparameter tuning was performed; thus, the aim was to ensure that the difference between the protocols stemmed solely from the training-test split.

2.2. Algorithms

Decision Tree, Random Forest (Breiman, 2001), Extra Trees (Geurts et al., 2006), XGBoost (Chen & Guestrin, 2016), LightGBM (Ke et al., 2017), Logistic Regression, KNN, and Gaussian Naive Bayes models were compared; the Decision Tree, Logistic Regression, KNN, Gaussian Naive Bayes, Random Forest, and Extra Trees implementations were taken from scikit-learn (Pedregosa et al., 2011). For Random Forest and Extra Trees, 200 trees were used; for XGBoost, 300 predictors; and for LightGBM, 300 predictors. The seed value is 42. The splitting strategies included 80%/20% stratified splitting, five-fold stratified validation (Arlot & Celisse, 2010), the flow_id group, the five-minute block group, the attack run group, the capture day group, “leave-one-run-out,” “leave-one-day-out,” and temporal “last-run” splitting. Runs were segmented by a 600-second gap between consecutive flows; sensitivity analysis was also performed for thresholds ranging from 5 minutes to 6 hours.

2.3. Evaluation Metrics

By combining out-of-fold predictions, accuracy, balanced accuracy, macro and weighted F1, macro precision, macro sensitivity, and the Matthews correlation coefficient were calculated. In the four-class main comparison, accuracy and, in particular, the sensitivity of the Combined class were reported. Class labels were kept fixed at [0, 1, 2, 3] in each fold, and division-by-zero cases were treated as 0. The majority class baseline is 0.4236. The model-independent Bayesian upper bound achievable for the same 77 flow feature vectors was calculated as 0.7732 based on the majority of conflicting labels.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

The flow-based main experiment pipeline was executed on a CPU using the classical classifiers defined. The study is performed on a Windows 11 workstation equipped with an Intel Core i9-13900HX processor and 32 GB of RAM, using scikit-learn 1.6.1, XGBoost 3.0.0, and LightGBM 4.6.0 in a Python 3.11.6 environment. Table 2 summarizes the full experimental configuration used throughout this study. It lists the dataset's size and class distribution, the preprocessing steps applied (missing/infinite value handling and per-fold scaling), the two feature sets compared (the naive 82-feature set FS-A and the identifier-free 77-feature set FS-B, plus the diagnostic-only 70-feature set FS-C), the four grouping keys used to define non-random splits (idle-gap threshold, time block, capture day, and flow_id), the eleven train/test splitting protocols (from random holdout and stratified k-fold to

group-based, leave-one-run-out, leave-one-capture-day-out, and temporal splits), the eight classifiers and their hyper-parameters, the evaluation metrics reported, and the reference values used throughout the paper — the majority-class baseline (0.4236) and the feature-level Bayes ceiling (0.7732). All hyper-parameters are held fixed across protocols, so that any difference in reported accuracy can be attributed solely to the train/test splitting strategy. Two basic feature sets were used: FS-A is a naive set of 82 variables that adds source/destination ports, encoded IP addresses, and timestamps to 77 flow statistics; FS-B is a flow-focused set consisting of 77 flow statistics with identifiers removed and protocol information.

Table 2. Detailed experimental setup covering the dataset, preprocessing, feature sets, splitting protocols, models, and metrics.

CATEGORY	ITEM	VALUE
Dataset	Source	Mendeley vsbstvcwhw - TPA_Dataset.csv
	Rows x Columns	247,346 x 86
	Classes	0 Benign: 68,424 1 LinkFabrication+CT: 69,723 2 HostLocationHijack+PGH: 4,423 3 Combined: 104,776
	Tasks	binary (label) | multiclass (category)
Preprocessing	inf / NaN	np.nan_to_num -> 0.0
	Scaling	StandardScaler, fit on train fold only
	Resampling / feature selection / tuning	none
Feature sets	FS-A naive	82 = 77 flow + src_port + dst_port + src_ip_enc + dst_ip_enc + ts_epoch
	FS-B flow_only	77 = flow statistics + protocol
	FS-C provenance_hardened	70 = FS-B minus 7 campaign-disjoint features (diagnostics only)
Grouping	Idle-gap threshold	600 s -> 23 runs
	Time block	5 min -> 267 blocks
	Capture day	run start date -> 13 days
	flow_id	88,663 groups
Protocols	A holdout_stratified	train_test_split(test_size=0.2, stratify=y, random_state=42)
	B cv_stratified	StratifiedKFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42)
	C cv_group_flowid	StratifiedGroupKFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42), groups=flow_id
	D cv_group_block	StratifiedGroupKFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42), groups=block_id

CATEGORY	ITEM	VALUE
	E cv_group_run	StratifiedGroupKFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42), groups=run_id
	E2 cv_group_run_rr	class round-robin, k=4, deterministic, seed-free, groups=run_id
	H cv_group_day	StratifiedGroupKFold(n_splits=4, shuffle=True, random_state=42), groups=capture_day
	H2 cv_group_day_rr	class round-robin, k=3, deterministic, seed-free, groups=capture_day
	F loro	leave-one-run-out, 23 folds
	I logo_day	leave-one-capture-day-out, 13 folds
	G temporal_lastrun	last run of each _source held out
Models	DecisionTree	random_state=42
	RandomForest	n_estimators=200, n_jobs=-1, random_state=42
	ExtraTrees	n_estimators=200, n_jobs=-1, random_state=42
	XGBoost	n_estimators=300, max_depth=8, learning_rate=0.1, subsample=0.9, colsample_bytree=0.9, tree_method='hist', n_jobs=-1, random_state=42
	LightGBM	n_estimators=300, learning_rate=0.1, n_jobs=-1, random_state=42
	LogisticRegression	max_iter=300, solver='lbfgs', C=1.0, n_jobs=-1, random_state=42 [scaled]
	KNN	n_neighbors=5, metric='minkowski', p=2, n_jobs=-1 [scaled]
	GaussianNB	var_smoothing=1e-9 [scaled]
	LORO / LODO subset	DecisionTree, RandomForest, XGBoost, LogisticRegression
Metrics	Aggregation	pooled out-of-fold
	Reported	accuracy, balanced accuracy, macro-F1, weighted-F1, macro precision, macro recall, MCC, per-class F1 / recall, confusion matrix
	Fixed label set	labels= [0,1,2,3], zero_division=0
	Missing class in train fold	contiguous label encoding, predictions mapped back
Reference	Bayes ceiling (4-class, FS-B)	0.7732
	Majority baseline	0.4236

CATEGORY	ITEM	VALUE
Environment	Versions	python 3.11.6 | scikit-learn 1.6.1 | xgboost 3.0.0 | lightgbm 4.6.0 | numpy 2.0.2 | pandas 2.2.3
	Seed	42
Scale	Total	2 tasks x 2 feature sets x (9 protocols x 8 models + 2 protocols x 4 models) = 320 configurations

Figure 1 shows the overlap between the training and test sets resulting from random stratified 80%/20% splitting. In the 80%/20% stratified split, all test rows matched a capture run present in the training set and the same five-minute block. The presence rate of the same host pair in the training set is 99.9%; the presence rate of the same flow_id conversation is 84.9%. Even after removing identifying fields, 67.3% of the test rows have a byte-level identical 77-dimensional flow vector in the training set. Therefore, random splitting measures interpolation among rows derived from the same event rather than generalization to independent attack samples.

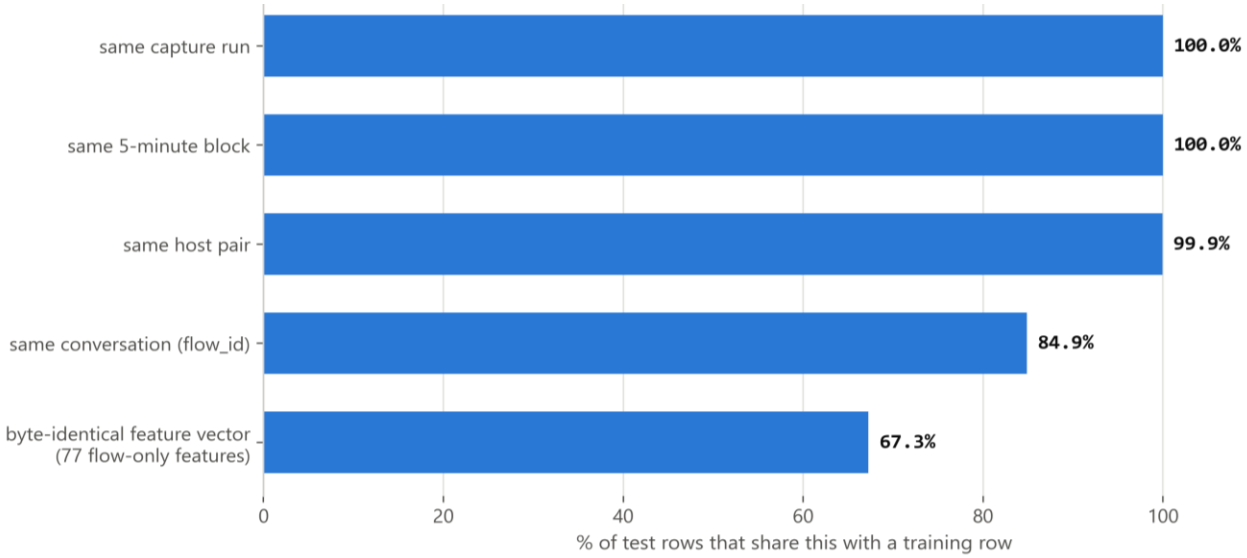


Figure 1. Training–test overlap remaining in the test set under the stratified random split.

The effect of different training-test split protocols on the performance of Random Forest is compared in Figure 2. With Random Forest and FS-B features, accuracy was found to be 0.769 with a random 80%/20% split and 0.768 with five-fold cross-validation. Grouping by flow_id or in five-minute blocks reduced this value by only about one point, bringing it down to 0.760 and 0.759, respectively. In contrast, protocols at the attack run or capture day level remained in the 0.297–0.325 range and fell below the 0.424 majority baseline. This result indicates that grouping by conversation or short time blocks does not eliminate event-level dependency.

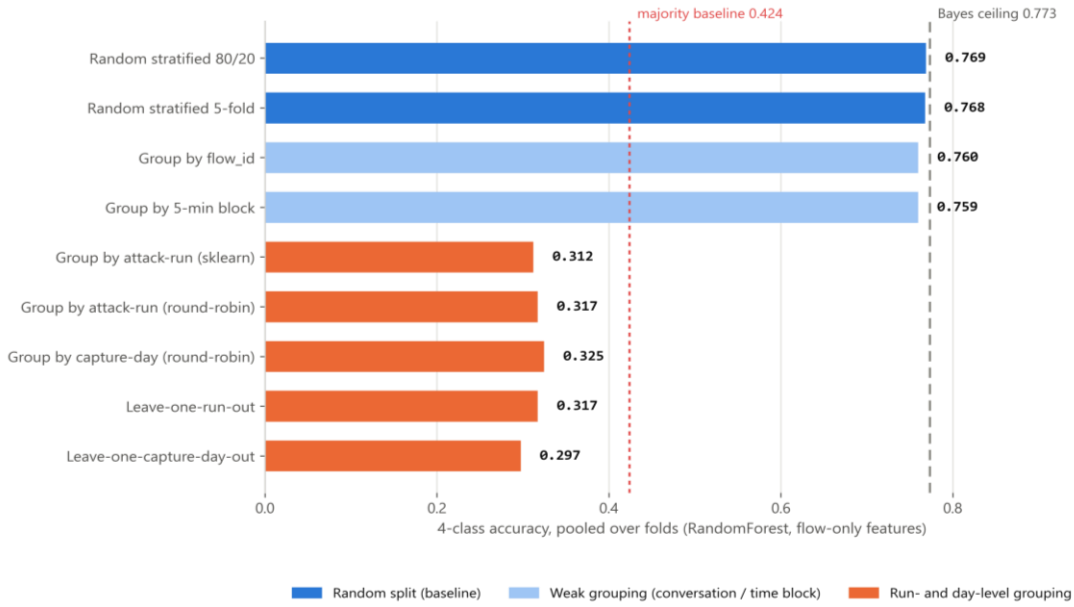


Figure 2. Four-class Random Forest accuracy under different data-splitting protocols.

Figure 3 shows that the performance difference between random stratified validation and attack-run-based group splitting is not unique to the Random Forest model. The effect of run-based grouping is not specific to a single classifier. The accuracy of Random Forest and Extra Trees dropped from 0.768 to 0.317; Decision Tree from 0.768 to 0.333; XGBoost and LightGBM from approximately 0.763 to 0.316; and Logistic Regression from 0.762 to 0.337. Although KNN remains above the majority baseline at 0.554, the sensitivity for the "Combined" class is only 0.006. For the other models, the sensitivity for this class ranges from 0.005 to 0.012. Therefore, the overall accuracy may mask rare or inconsistent behavior under certain conditions.

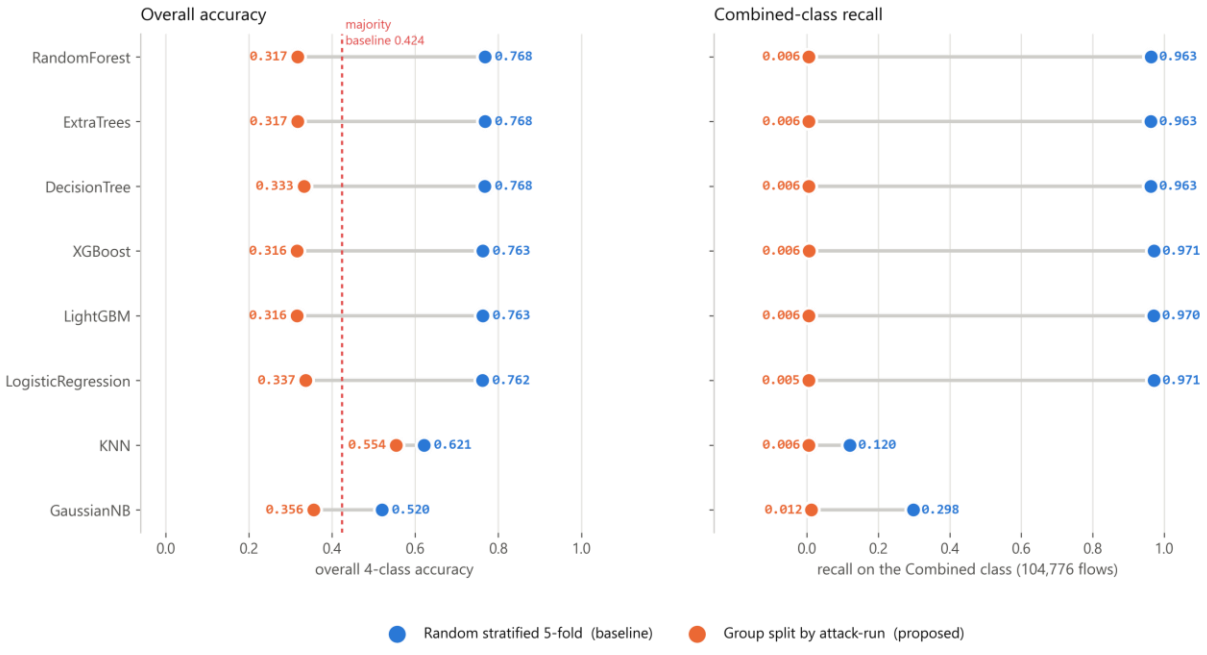


Figure 3. Model-wise comparison of stratified five-fold cross-validation and attack-run-based group splitting.

The independent effects of identity and event leaks are shown in Figure 4. When naive features and random segmentation were used together, both leak channels remained active, and the accuracy was 1.000. When only attack run grouping was applied, the accuracy remained at 0.5788 due to identity and timestamp leaks. When only the identity variables were removed, the score was 0.7677 because rows from the same attack event were distributed across the folds. In the case where both identities were removed and attack run grouping was applied, the honest estimate was 0.3172.

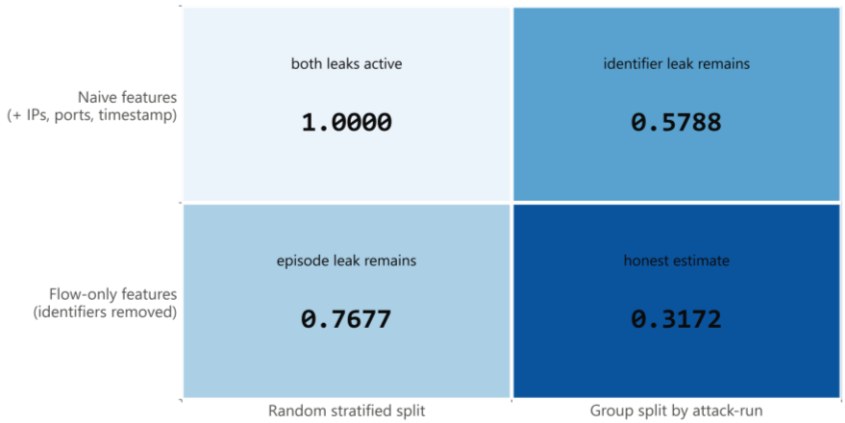


Figure 4. Individual and combined effects of removing identifier and timestamp features and applying attack-run-based splitting.

The effect of identical attribute vectors on classification is shown in detail in Figure 5. The 247,346 rows in the FS-B set generate only 82,656 distinct flow vectors. 61.96% of the rows are found in repeated blocks that carry more than one class label. The largest block consists of 141,221 repetitions of a single 88-byte UDP attribute vector; of these, 88,053 rows are labeled as “Combined” and 53,168 rows as “Link Fabrication + CT.” Due to this discrepancy, the theoretical upper bound achievable with the same attributes is 0.7732. While the 0.7677 score in the random split nearly reaches this ceiling, the run-based score drops to 0.3172.

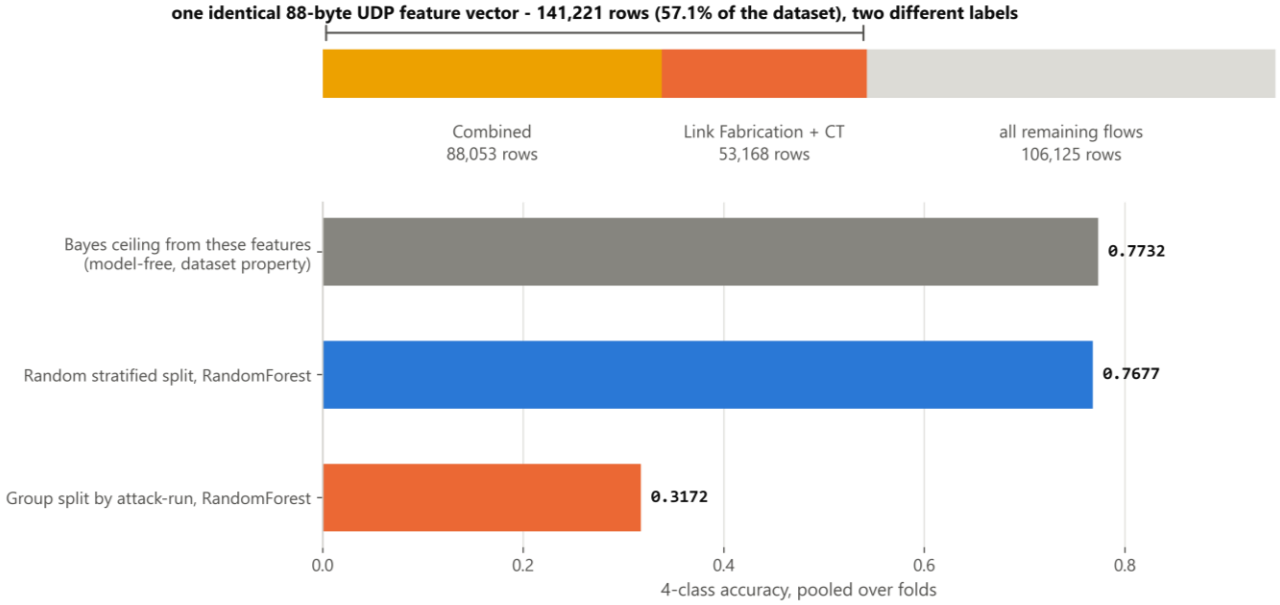


Figure 5. Identical flow blocks with conflicting labels, the Bayes accuracy ceiling, and the effect of the data-splitting protocol.

The results of the "leave-one-run-out" evaluation are shown in Figure 6. In the "leave-one-run-out" analysis, runs belonging to normal traffic and some small attack runs were classified with a sensitivity of approximately 1.000. In contrast, six of the large Combined and Link Fabrication + CT runs fell within the range of 0.001–0.069. These runs are the largest contributors to the 88- or 103-byte identical vectors shared across classes. Since the model selects the label that is predominant in the relevant repeated block during training, the prediction systematically reverses when the block's dominant run is retained in the test.

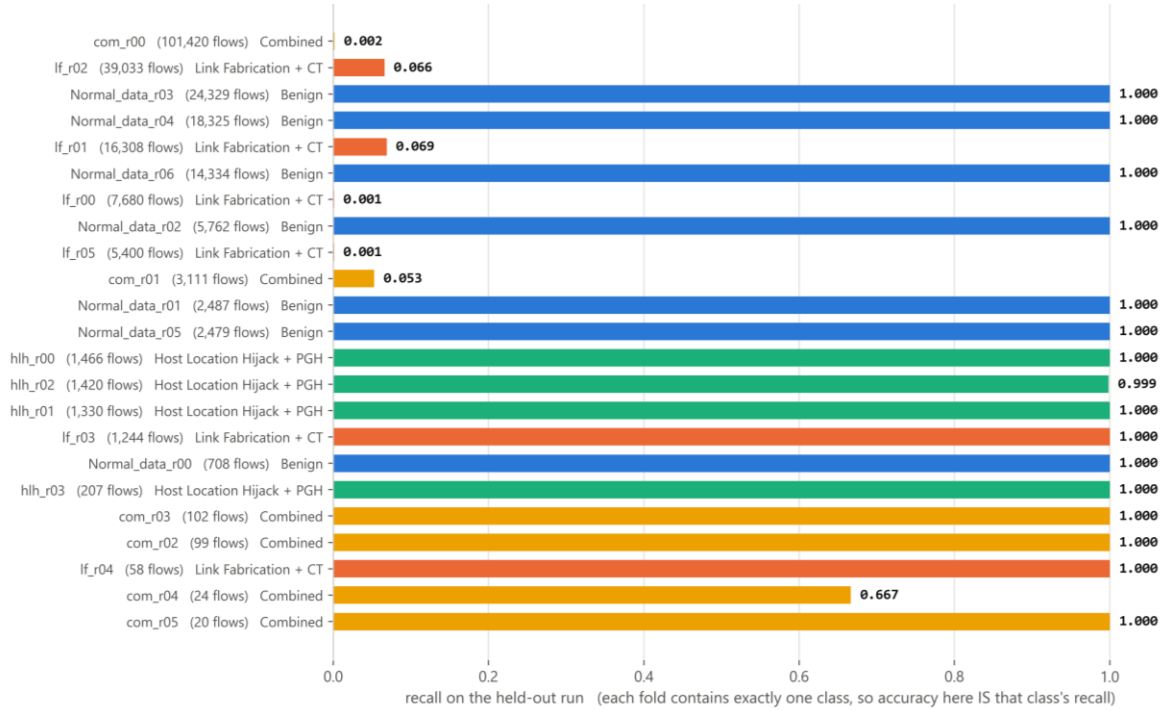


Figure 6. Attack-run recall obtained through leave-one-run-out evaluation.

A sensitivity analysis regarding the time gap threshold used to identify attack sequences is presented in Figure 7. The determination of sequences with a 600-second gap is not based on explicit metadata in the dataset but is an inference drawn from timestamps. Therefore, thresholds of 5 minutes, 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, 1 hour, and 6 hours were tested. The group-based accuracy values are 0.343, 0.339, 0.513, 0.328, 0.333, and 0.328, respectively. All thresholds except 20 minutes remained below the majority baseline; the 20-minute deviation stems from the composite data resulting from the combination of two Link Fabrication runs. The main result is maintained within a reasonable threshold range.

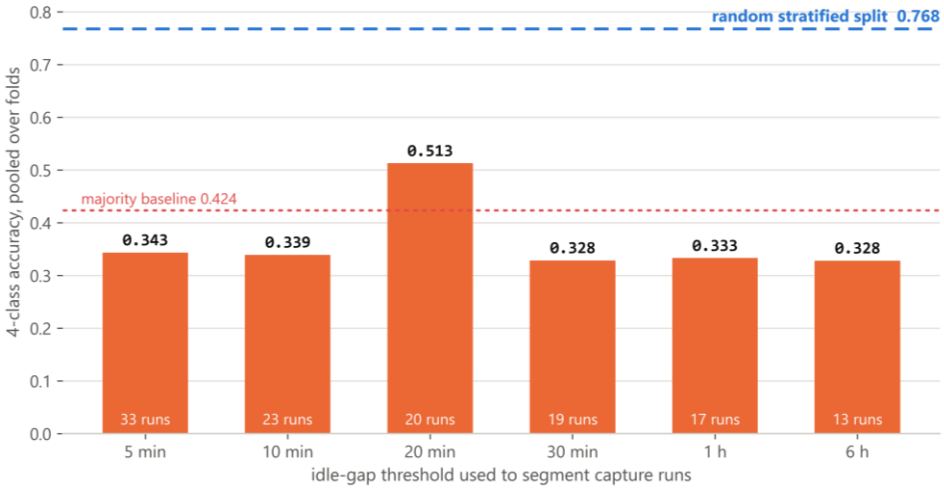


Figure 7. Four-class accuracy for different idle-gap thresholds used to segment capture runs.

The results of the normal-attack binary classification are shown in Figure 8. The normal-attack binary classification achieved an accuracy of 1.000 across all but one of the eight classifiers and eleven protocols. No significant differences were observed, except for a result of 0.999992 for Logistic Regression in one protocol. This should not be interpreted as a truly protocol-independent attack generalization. The fact that normal flows came from the 2019–2020 InSDN capture, while attack flows came from the 2026 Mininet experiments, created traces that distinguished the data sources in variables such as fwd_seg_size_min, reverse-direction attributes, and flow duration scale. The fact that perfect separation persists even after removing seven campaign-specific

attributes demonstrates that the binary task falls short of serving as a discriminative scientific benchmark in the current data composition.



Figure 8. Saturation of the binary benign-versus-attack classification task across models and evaluation protocols using flow-only features.

Figure 9 explains why a controller-based separation protocol could not be established. None of the 247,346 flows in the dataset contained SDN control plane ports numbered 6633, 6653, 6640, 6632, 8080, 8181, 8443, 830, or 1830. Therefore, it is not possible to reliably infer the Ryu, Floodlight, or OpenDaylight controller from the flow records. A Random Forest experiment aimed at distinguishing the three repetitions in the Host Location Hijacking (HLH) class yielded an overall accuracy of 0.3506; this value is only 0.0028 above the majority baseline of 0.3477. Therefore, attack run/capture session grouping should be used instead of inventing a controller label.

CONTROL-PLANE PORT		FLOWS SEEN
6633	OpenFlow (legacy)	0
6653	OpenFlow (IANA)	0
6640	OVSDB	0
6632	OVSDB (legacy)	0
8080	Floodlight/ODL REST	0
8181	OpenDaylight RESTCONF	0
8443	REST over TLS	0
830	NETCONF	0
1830	NETCONF (ODL)	0
Total control-plane flows		0

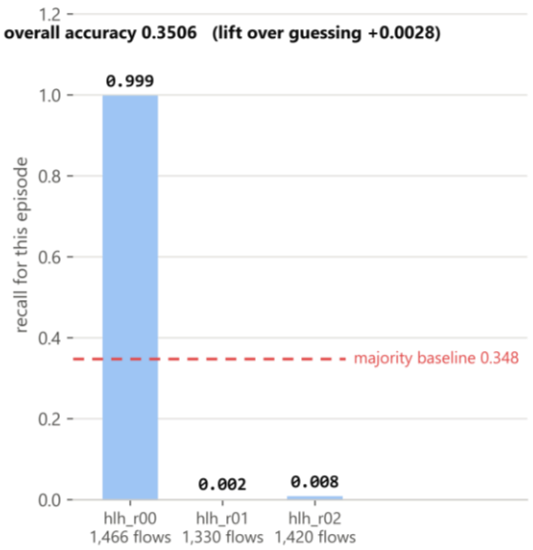


Figure 9. Absence of control-plane flows and the inability to distinguish HLH capture runs using flow-level features.

4. DISCUSSION

The most significant aspect of the results is the decisive impact of data segmentation—rather than model selection—on the outcomes. While random and weak grouping protocols yielded similar scores in the range of 0.759–0.769, run/day-based protocols that ensured event independence resulted in a drop of approximately 45 points. This difference is greater than that attributable to hyperparameter or fold assignment randomness and is observed across all main classifiers. In particular, the fact that the run-based sensitivity of the Combined class remains below 1% in nearly all models demonstrates that high random-segmentation accuracy cannot be presented as operational generalization. The second key finding is that two distinct leakage sources must be controlled simultaneously. Removing variables such as IP, port, and timestamp reduces explicit identity leakage; however, event leakage persists when repeated or highly similar rows originating from the same attack event remain in different folds. Group-based splitting alone is also insufficient when the timestamp distinguishes the attack family. Therefore, the recommended minimum reporting scheme is the combined use of flow-based attributes and attack-run-based group splitting. The third finding is that the dataset design determines the classification ceiling and error pattern. The repetition of a single flow vector tens of thousands of times across two different attack classes makes row-level classification conceptually ambiguous. In such a situation, a more complex model cannot be expected to exceed the Bayesian upper bound. While random splitting approaches the upper bound by memorizing the majority label of a block, when an independent run is excluded, the training majority of the block changes and class sensitivity collapses. The fact that the binary task appears flawless also poses a separate validity threat. If normal and attack traffic originate from different years, tools, and capture campaigns, the classifier may learn the data source rather than the attack's behavior. Therefore, the binary result should be reported as a negative control of the dataset composition rather than a claim of success. In future versions, normal and attack traffic should be captured using the same topology, the same time range, the same flow extractor version, and the same measurement units; if possible, control plane telemetry should also be recorded.

5. CONCLUSIONS

This study has shown that four-class topology poisoning detection in the TPA dataset is significantly overestimated using random row selection. While the Random Forest accuracy was 0.768 in random stratified validation, it dropped to 0.317 in attack-run-based selection; a similar decline was observed across all powerful

ensemble models. This discrepancy is explained by the fact that test rows overlap extensively with the training data in terms of the same event, time block, conversation, or identical feature vector. Furthermore, it was determined that removing identity variables or using group-based splitting alone is insufficient; both measures must be applied together. Consequently, the TPA dataset serves as a valuable starting point for examining topology poisoning attacks at the dataset level; however, any claim of generalization to new attack runs must be supported by attack-run or capture-day-based splits. The proposed evaluation framework makes data leaks visible, uses the majority baseline as a mandatory comparison, and reports class-based sensitivity alongside overall accuracy. This approach will contribute to a more realistic and reproducible comparison of TPA detection methods to be developed in the future.

REFERENCES

Arlot, S., & Celisse, A. (2010). A survey of cross-validation procedures for model selection. Statistics Surveys, 4, 40–79. https://doi.org/10.1214/09-SS054

Arp, D., Quiring, E., Pendlebury, F., Warnecke, A., Pierazzi, F., Wressnegger, C., Cavallaro, L., & Rieck, K. (2022). Dos and don'ts of machine learning in computer security. In 31st USENIX Security Symposium (USENIX Security 22) (pp. 3971–3988). USENIX Association. https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity22/presentation/arp

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 785–794). ACM. https://doi.org/10.1145/2939672.2939785

Dhawan, M., Poddar, R., Mahajan, K., & Mann, V. (2015). SPHINX: Detecting security attacks in software-defined networks. In Proceedings of the 22nd Annual Network and Distributed System Security Symposium (NDSS 2015). Internet Society. https://doi.org/10.14722/ndss.2015.23064

Elsayed, M. S., Le-Khac, N.-A., & Jurcut, A. D. (2020). InSDN: A novel SDN intrusion dataset. IEEE Access, 8, 165263–165284. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022633

Engelen, G., Rimmer, V., & Joosen, W. (2021). Troubleshooting an intrusion detection dataset: The CICIDS2017 case study. In 2021 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW) (pp. 7–12). IEEE. https://doi.org/10.1109/SPW53761.2021.00009

Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). Extremely randomized trees. Machine Learning, 63(1), 3–42. https://doi.org/10.1007/s10994-006-6226-1

Hong, S., Xu, L., Wang, H., & Gu, G. (2015). Poisoning network visibility in software-defined networks: New attacks and countermeasures. In Proceedings of the 22nd Annual Network and Distributed System Security Symposium (NDSS 2015). Internet Society. https://doi.org/10.14722/ndss.2015.23283

Kapoor, S., & Narayanan, A. (2023). Leakage and the reproducibility crisis in machine-learning-based science. Patterns, 4(9), 100804. https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100804

Kaufman, S., Rosset, S., Perlich, C., & Stitelman, O. (2012). Leakage in data mining: Formulation, detection, and avoidance. ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data, 6(4), 1–21. https://doi.org/10.1145/2382577.2382579

Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T.-Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. In Advances in Neural Information Processing Systems 30 (pp. 3146–3154). Curran Associates.

Mgimba, D. (2026). A topology poisoning attack dataset for machine learning-based detection in software-defined networks [Data set]. Mendeley Data. https://doi.org/10.17632/vsbstvcwhw.1

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12, 2825–2830.

Pendlebury, F., Pierazzi, F., Jordaney, R., Kinder, J., & Cavallaro, L. (2019). TESSERACT: Eliminating experimental bias in malware classification across space and time. In 28th USENIX Security Symposium (USENIX Security 19) (pp. 729–746). USENIX Association.

Ring, M., Wunderlich, S., Scheuring, D., Landes, D., & Hotho, A. (2019). A survey of network-based intrusion detection data sets. Computers & Security, 86, 147–167. https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.06.005

Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Arroita, G., Hauenstein, S., Lahoz-Monfort, J. J., Schröder, B., Thuiller, W., Warton, D. I., Wintle, B. A., Hartig, F., & Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. Ecography, 40(8), 913–929. https://doi.org/10.1111/ecog.02881

Sommer, R., & Paxson, V. (2010). Outside the closed world: On using machine learning for network intrusion detection. In 2010 IEEE Symposium on Security and Privacy (pp. 305–316). IEEE. https://doi.org/10.1109/SP.2010.25

İLERİ SENTETİK FONKSİYONELLEŞTİRMELER İÇİN POTANSİYEL BİR YAPI TAŞI: YENİ BİR DİBROMO SPİRO-ANTRON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU

Doç. Dr. Musa ERDOĞAN[1,2]

[1]Kafkas Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye, 36100

[2]Kafkas Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye, 36100

musaerdogan0@gmail.com

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6097-2862

Özet

Spiro bileşikler, kendilerine özgü üç boyutlu moleküler mimarileri ve farklı fonksiyonel gruplarla çeşitlendirilebilen yapıları sayesinde organik sentez, tıbbi kimya ve fonksiyonel materyal araştırmalarında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, literatürde daha önce rapor edilmemiş yeni bir dibromo spiro-antron türevinin (Spiro 7) sentezi ve spektroskopik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sentez stratejisinde dibenzosuberenon iskeletinden hareketle aromatik bromlama, benzilik bromlama ve eliminasyon reaksiyonları sonucunda dibromodibenzosuberenon ara ürünü elde edilmiştir. Bu bileşiğin dimetil 1,2,4,5-tetrazin-3,6-dikarboksilat ile *invers* Diels-Alder reaksiyonu sonucunda dihidropiridazin türevi oluşturulmuş ve aynı ortamda gerçekleştirilen termal yeniden düzenlenmeyle hedef spiro-antron iskeletine ulaşılmıştır. Elde edilen bileşiklerin yapısal karakterizasyonunda ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopik yöntemlerinden yararlanılmıştır. Dibromodibenzosuberenon ara ürününün ^{1}H NMR spektrumunda δ 7.01 ppm'de gözlenen iki olefinik tip protona ait singlet sinyali, merkezi yedi üyeli halkada karbon-karbon çift bağının oluştuğunu desteklemiştir. Hedef spiro 7 bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda ise δ 8.68 ppm'de N–H protonuna, δ 5.59 ppm'de dihidropiridazin halkasındaki olefinik protona ve δ 3.83 ile 3.49 ppm'de iki farklı metoksi grubuna ait sinyaller belirlenmiştir. ^{13}C NMR spektrumunda δ 180.47 ppm'deki antron karbonil karbonu ve özellikle δ 41.73 ppm'deki spiro merkezine ait kuaterner karbon sinyali, hedef spirosiklik yapının oluşumunu destekleyen önemli bulgular olarak değerlendirilmiştir. Sentezlenen Spiro 7 bileşiğinin aromatik halkalarında bulunan iki brom atomu, Suzuki–Miyaura, Sonogashira ve Buchwald–Hartwig kapling reaksiyonlarıyla gerçekleştirilebilecek ileri sentetik modifikasyonlar açısından potansiyel fonksiyonelleştirme noktaları sunmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, yeni bir dibromo spiro-antron türevinin ilk kez sentezlenmesini ve NMR spektroskopisiyle karakterize edilmesini ortaya koyarak farklı fonksiyonel spirosiklik bileşiklerin geliştirilmesine yönelik potansiyel bir moleküler yapı taşı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Spiro-antron, Dibenzosuberenon, Dihidropiridazin, Termal yeniden düzenlenme, NMR spektroskopisi, Sentetik fonksiyonelleştirme.

A POTENTIAL BUILDING BLOCK FOR FURTHER SYNTHETIC FUNCTIONALIZATION: SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF A NOVEL DIBROMO SPIRO-ANTHRONE DERIVATIVE

Assoc. Prof. Dr. Musa ERDOĞAN[1,2]

[1]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Kafkas University, Kars, Türkiye, 36100

[2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Kafkas University, Kars, Türkiye, 36100

musaerdogan0@gmail.com

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6097-2862

Abstract

Spiro compounds hold an important place in organic synthesis, medicinal chemistry, and functional materials research owing to their unique three-dimensional molecular architectures and structures that can be diversified with different functional groups. In this study, the synthesis and spectroscopic characterization of a novel dibromo spiro-anthrone derivative (Spiro 7), which has not been previously reported in the literature, were carried out. In the synthetic strategy, a dibromodibenzosuberenone intermediate was obtained from a dibenzosuberenone scaffold through aromatic bromination, benzylic bromination, and elimination reactions. The reaction of this compound with dimethyl 1,2,4,5-tetrazine-3,6-dicarboxylate via an *inverse* Diels-Alder reaction afforded a dihydropyridazine derivative, and the target spiro-anthrone framework was subsequently obtained through thermal rearrangement carried out in the same reaction medium. The structural characterization of the obtained compounds was performed using ^{1}H NMR and ^{13}C NMR spectroscopic methods. In the ^{1}H NMR spectrum of the dibromodibenzosuberenone intermediate, the singlet signal observed at δ 7.01 ppm, corresponding to two olefinic-type protons, supported the formation of a carbon–carbon double bond in the central seven-membered ring. In the ^{1}H NMR spectrum of the target Spiro 7 compound, signals were identified at δ 8.68 ppm corresponding to the N–H proton, at δ 5.59 ppm corresponding to the olefinic proton in the dihydropyridazine ring, and at δ 3.83 and 3.49 ppm corresponding to two different methoxy groups. In the ^{13}C NMR spectrum, the signal at δ 180.47 ppm corresponding to the anthrone carbonyl carbon and, particularly, the signal at δ 41.73 ppm corresponding to the quaternary carbon at the spiro center were evaluated as important findings supporting the formation of the target spirocyclic structure. The two bromine atoms located on the aromatic rings of the synthesized Spiro 7 compound provide potential functionalization sites for further synthetic modifications through Suzuki–Miyaura, Sonogashira, and Buchwald–Hartwig coupling reactions. In conclusion, this study reports the first synthesis and NMR spectroscopic characterization of a novel dibromo spiro-anthrone derivative, providing a potential molecular building block for the development of different functional spirocyclic compounds.

Keywords: Spiro-anthrone, Dibenzosuberenone, Dihydropyridazine, Thermal rearrangement, NMR spectroscopy, Synthetic functionalization.

1. GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Spiro bileşikler, iki halka sisteminin ortak bir tetrahedral atom üzerinden birbirine bağlandığı, kendilerine özgü üç boyutlu moleküler mimariye sahip önemli bir organik bileşik sınıfını oluşturmaktadır. Spiro merkezinin oluşturduğu uzaysal düzen, bu bileşiklerin moleküler geometrisini, konformasyonel özelliklerini ve fizikokimyasal davranışlarını etkileyebilmekte, böylece farklı uygulama alanlarına yönelik yeni moleküler sistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle tıbbi kimya ve ilaç keşfi çalışmalarında spirosiklik iskeletler, biyolojik olarak aktif bileşiklerin yapısal çeşitliliğinin artırılması ve moleküler özelliklerinin düzenlenmesi amacıyla yaygın biçimde araştırılmaktadır. Nitekim çeşitli spirosiklik yapıların onaylanmış ilaçların ve klinik araştırmalarda değerlendirilen ilaç adaylarının moleküler iskeletlerinde yer aldığı bildirilmiştir [1]. Bunun yanında spiro bileşikler, organik elektronik ve optoelektronik materyallerin geliştirilmesinde de önemli bir yere sahiptir. Özellikle spiro konfigürasyonuna sahip aromatik sistemler; organik ışık yayan diyotlar (OLED), güneş pilleri ve yük taşıma materyalleri gibi uygulamalarda değerlendirilmektedir [2,3]. Ayrıca spiropiranlar gibi belirli spirosiklik bileşik sınıfları, ışık ve diğer dış uyaranlara karşı yapısal değişim gösterebilmeleri nedeniyle moleküler anahtarlar, kimyasal sensörler ve uyaranlara duyarlı materyallerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır [4,5]. Bu geniş uygulama alanları, spirosiklik iskeletlerin yalnızca yapısal açıdan ilgi çekici moleküller olmadığını, aynı zamanda farklı fonksiyonel özelliklere sahip yeni organik bileşiklerin tasarımı ve sentezi için önemli moleküler platformlar oluşturduğunu göstermektedir.

Spiro bileşiklerin sentezinde kullanılan yöntemler arasında siklokatılma reaksiyonları, halka kapanma reaksiyonları, metatez yöntemleri ve molekül içi yeniden düzenlenmeler önemli bir yer tutmaktadır. Bu yaklaşımlar, farklı büyüklüklerdeki halkaların ortak bir spiro merkez üzerinden birleştirilmesine ve yapısal açıdan karmaşık moleküllerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Kotha ve çalışma arkadaşları, spirosiklik sistemlerin hazırlanmasında çeşitli metatez ve siklokatılma reaksiyonlarının yanı sıra Claisen yeniden düzenlenmesi, Grignard katılması, Suzuki-Miyaura çapraz eşleşmesi ve *retro*-Diels-Alder reaksiyonlarının da sentetik stratejilerin bir parçası olarak kullanılabildiğini göstermiştir [6]. Bu nedenle spiro bileşiklerin sentezi kadar, elde edilen moleküler iskeletlerin farklı fonksiyonel gruplarla çeşitlendirilmesi de organik sentez kimyası açısından önemli bir araştırma alanını oluşturmaktadır.

Spirosiklik sistemler içerisinde spiro-antron türevleri, antron iskeleti ile ikinci bir halka sisteminin ortak bir spiro karbonu üzerinden birleşmesiyle oluşan dikkat çekici moleküler yapılardır. Bu bileşiklerin sentezine yönelik yaklaşımlardan biri, dibenzosuberenon temelli moleküllerin uygun reaksiyonlar sonucunda spiro-antron yapılarına dönüştürülmesidir. Dibenzosuberenon iskeleti, iki benzen halkasını birbirine bağlayan yedi üyeli merkezi halka ile bu halka üzerinde bulunan karbonil ve karbon-karbon çift bağı fonksiyonlarıyla karakterize edilmektedir. Merkezi halkadaki çift bağ, uygun dienlerle gerçekleştirilen siklokatılma reaksiyonları açısından bir reaksiyon merkezi oluşturabilmektedir. Dibenzosuberenon türevlerinden spiro-antron yapılarına geçişin mümkün olduğu, Koçak ve Daştan tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada ortaya konmuştur [7]. Koçak ve Daştan, dihidropiridazin birimi içeren dibenzosuberenon türevlerinin termal izomerizasyon veya 420 nm dalga boyundaki görünür ışık etkisiyle spiro-antron yapılarına dönüşebildiğini göstermiştir [7]. Söz konusu çalışmada, merkezi yedi üyeli halkaya sahip floresan dibenzosuberenon türevlerinin yeniden düzenlenme sonucunda merkezi altı üyeli halka içeren renksiz spiro-antron izomerlerine dönüştüğü bildirilmiştir. Ayrıca incelenen bazı spiro-antron sistemlerinin 350 nm dalga boyundaki ultraviyole ışık etkisiyle dibenzosuberenon yapılarına geri dönüşebildiği rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, dibenzosuberenon-spiro-antron dönüşümünün yalnızca yeni bir moleküler iskelet oluşturma yöntemi olmadığını, aynı zamanda belirli türevlerde moleküler yapı ile optik özellikler arasındaki ilişkinin incelenmesine de olanak sağladığını göstermektedir [7].

Dibenzosuberenon temelli dihidropiridazin sistemlerinin oluşturulmasında 1,2,4,5-tetrazin türevleri önemli sentetik bileşenler arasında yer almaktadır. Elektronca fakir tetrazin halkaları, uygun alken ve alkinlerle *invers* Diels-Alder reaksiyonlarına girebilmektedir. Bu reaksiyonlarda tetrazin birimi elektronca fakir dien olarak görev yapmakta ve siklokatılma sürecini izleyen azot ayrılmasıyla yeni azot içeren halka sistemlerinin oluşumu mümkün olmaktadır. Tetrazin temelli IEDDA reaksiyonları, heterosiklik bileşiklerin sentezinde, biyokonjugasyon uygulamalarında ve fonksiyonel polimerik materyallerin hazırlanmasında değerlendirilen önemli dönüşümler arasında yer almaktadır [8]. Tetrazinlerin alkenlerle gerçekleştirdiği siklokatılma reaksiyonları, uygun moleküler sistemlerde dihidropiridazin halkalarının oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Dibenzosuberenon türevlerinin merkezi halkasında bulunan C-C çift bağı da bu tür bir dönüşüm için uygun bir reaksiyon bölgesi oluşturabilmektedir. Nitekim Koçak ve Daştan'ın çalışmasında, dibenzosuberenon iskeletine dihidropiridazin biriminin kazandırılması ve ardından gerçekleştirilen yeniden düzenlenme sonucunda spiro-antron yapılarının elde edilmesi gösterilmiştir [7]. Bu yaklaşım, dibenzosuberenonların halka yapısının değiştirilmesine ve azot içeren spirosiklik sistemlerin hazırlanmasına yönelik uygulanabilir bir sentetik yol sunmaktadır. Tetrazin temelli siklokatılma kimyasının genel özellikleri ve reaksiyon çeşitliliği de bu sentetik yaklaşımın kuramsal temelini desteklemektedir [8].

Yeni spirosiklik bileşiklerin geliştirilmesinde yalnızca hedef halka sisteminin oluşturulması değil, aynı zamanda elde edilen yapıların sonraki sentetik dönüşümlere uygun fonksiyonel gruplar içermesi de önem taşımaktadır. Bu açıdan aril halojenürler, özellikle aril bromürler (Ar–Br), organik sentezde önemli bir fonksiyonel grup sınıfını oluşturmaktadır. Aromatik halkalarda bulunan C–Br bağları, uygun geçiş metali katalizörleri ve reaksiyon koşulları altında yeni C–C ve C–N bağlarının oluşturulmasına olanak sağlayan reaksiyon merkezleri olarak kullanılabilmektedir. Aril bromürlerin bu özelliği, mevcut aromatik iskeletlerin farklı organik gruplarla çeşitlendirilmesine ve daha karmaşık moleküler yapıların hazırlanmasına yönelik sentetik stratejilerde önemli avantajlar sunmaktadır [9–11]. Aril bromürlerin ileri sentetik fonksiyonelleştirilmesinde kullanılan başlıca yöntemlerden biri Suzuki-Miyaura çapraz eşleşme reaksiyonudur. Bu reaksiyon, aril veya diğer uygun organik halojenürlerin organobor bileşikleriyle geçiş metali katalizi altında eşleşmesine dayanmakta ve yeni C–C bağlarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Suzuki–Miyaura reaksiyonunun organik sentezde yaygın olarak kullanılmasının başlıca nedenleri arasında farklı organobor reaktiflerinin kullanılabilmesi, çeşitli fonksiyonel gruplarla uyumlu koşulların geliştirilebilmesi ve aromatik moleküler iskeletlerin çeşitlendirilmesine olanak sağlaması bulunmaktadır. Lennox ve Lloyd-Jones, Suzuki–Miyaura reaksiyonlarında kullanılan organobor bileşiklerini kapsamlı biçimde inceleyerek bu yöntemin karbon–karbon bağı oluşumundaki önemini ve geniş uygulama alanını ortaya koymuştur [9]. Dolayısıyla aromatik halkalarında brom atomları taşıyan moleküller, uygun koşulların belirlenmesi durumunda farklı aril gruplarının yapıya kazandırılması açısından potansiyel başlangıç bileşikleri olarak değerlendirilebilir.

Aril bromürlerin fonksiyonelleştirilmesi yalnızca C–C bağı oluşturulmasıyla sınırlı değildir. Buchwald–Hartwig aminasyonu, aril halojenürler ile aminler arasında palladyum katalizli çapraz eşleşme yoluyla C-N bağlarının oluşturulmasını sağlayan önemli bir sentetik yöntemdir. Dorel ve çalışma arkadaşları, bu reaksiyonun gelişimini ve genişleyen substrat kapsamını değerlendirdikleri derlemede, aril bromürlerin çeşitli aminlerle eşleşerek farklı amino sübstitüe aromatik yapıların hazırlanmasında kullanılabildiğini ortaya koymuştur [10]. Bunun yanında Sonogashira kapling reaksiyonları, aril veya vinil halojenürler ile terminal alkinler arasında C–C bağı oluşumunu sağlayarak alkinil sübstitüe moleküllerin sentezine olanak tanımaktadır [11]. Bu yöntemler birlikte değerlendirildiğinde, aril bromür fonksiyonlarının aynı moleküler iskelet üzerinde farklı türde sentetik modifikasyonların gerçekleştirilmesine yönelik önemli bir potansiyel sunduğu görülmektedir. Aromatik halkalarında birden fazla brom atomu taşıyan bileşikler, birden fazla potansiyel fonksiyonelleştirme noktası içermeleri nedeniyle moleküler çeşitlendirme çalışmalarında değerlendirilebilecek önemli başlangıç yapılarıdır. Aril bromürlerin Suzuki–Miyaura ve Buchwald–Hartwig gibi çapraz eşleşme reaksiyonlarında kullanılabildiği

literatürde gösterilmiş olmakla birlikte, çoklu brom sübstitüsyonuna sahip bir molekülde gerçekleştirilecek dönüşümlerin verimi ve seçiciliği substratın yapısına, kullanılan katalitik sisteme ve reaksiyon koşullarına bağlıdır [9,10]. Bu nedenle dibromo sübstitüe bir spiro-antron türevinin farklı organik gruplarla fonksiyonelleştirilmesi, deneysel olarak araştırılabilecek bir sentetik potansiyel olarak değerlendirilmelidir. Dibenzosuberenonlardan spiro-antron yapılarına dönüşümün literatürde gösterilmiş olması [7], bu yaklaşımın farklı sübstitüsyon düzenlerine sahip yeni moleküler sistemlere uygulanmasını araştırmaya değer kılmaktadır. Özellikle aromatik halkalarda brom sübstitüentlerinin bulunması, elde edilen spiro-antron iskeletine ileride gerçekleştirilebilecek çapraz eşleşme reaksiyonları için potansiyel fonksiyonelleştirme noktaları kazandırmaktadır. Böylece spiro-antron yapısının oluşturulması ile aril bromürlerin sentetik çeşitlendirme amacıyla kullanılabilmesi aynı moleküler tasarım yaklaşımı içerisinde bir araya getirilmektedir. Literatürde spirosiklik yapıların farklı sentetik yöntemlerle hazırlanabilmesi [6] ve aril bromürlerin çapraz eşleşme reaksiyonlarındaki geniş kullanım alanı [9–11], dibromo sübstitüe spiro-antron türevlerinin ileri sentetik çalışmalar açısından değerlendirilmesine bilimsel bir temel oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, aromatik halkalarının 3 ve 7 pozisyonlarında brom atomu taşıyan dibenzosuberenon türevinden hareketle yeni bir dibromo spiro-antron bileşiğinin (Spiro 7) sentezlenmesi ve moleküler yapısının aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda dibromo dibenzosuberenon türevinin dimetil 1,2,4,5-tetrazin-3,6-dikarboksilat (DET) ile reaksiyonu sonucunda ilgili dihidropiridazin ara ürününün oluşturulması ve ardından termal yeniden düzenlenme yoluyla hedef spiro-antron iskeletinin elde edilmesi esas alınmıştır. Elde edilen bileşiğin yapısal karakterizasyonunda ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın temel özgünlük yaklaşımı, literatürde bilinen dibenzosuberenon-spiro-antron dönüşümünün dibromo sübstitüe bir moleküler sisteme uygulanması ve elde edilen yapının iki aril bromür fonksiyonu sayesinde ileri sentetik fonksiyonelleştirmeler için potansiyel bir yapı taşı olarak değerlendirilmesidir.

2. YÖNTEM

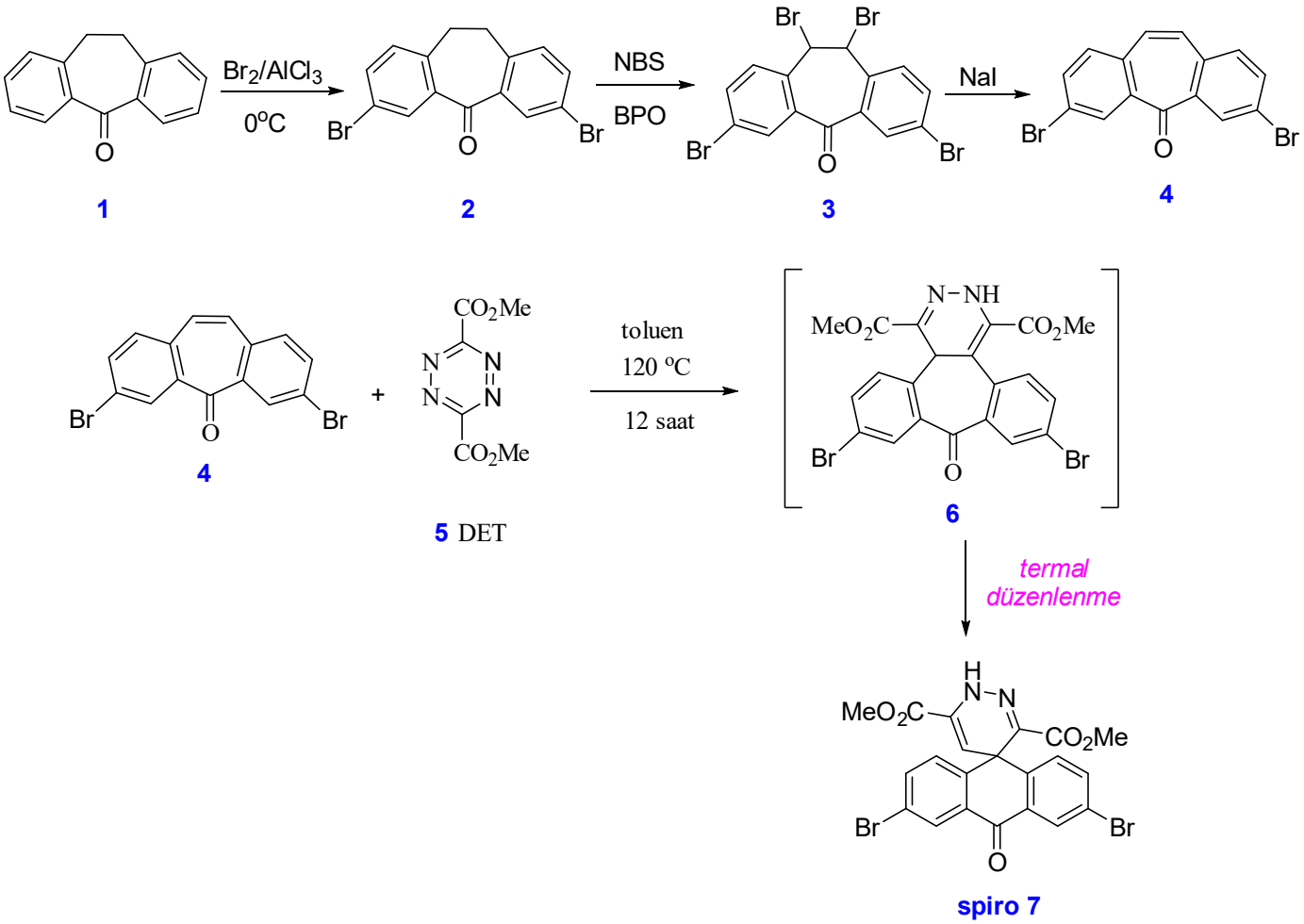
2.1. Molekül Tasarım Yaklaşımı

Bu çalışmada moleküler tasarım yaklaşımı, spiro-antron iskeletinin oluşturulması ve elde edilen moleküler yapıya ileri sentetik fonksiyonelleştirmelerde kullanılabilecek potansiyel reaksiyon merkezlerinin kazandırılması esasına dayandırılmıştır. Bu doğrultuda, temel moleküler iskelet olarak dibenzosuberenon yapısı tercih edilmiş ve aromatik halkalarında iki brom atomu taşıyan bir türev üzerinden yeni bir dibromo spiro-antron bileşiğinin (Spiro 7) sentezlenmesi hedeflenmiştir. Dibenzosuberenon iskeletinin tercih edilmesindeki temel neden, merkezi yedi üyeli halkasında bulunan C-C çift bağının uygun tetrazin türevleriyle siklokatılma reaksiyonlarına katılabilmesi ve oluşan dihidropiridazin sisteminin yeniden düzenlenmesiyle spiro-antron yapısının elde edilebilmesidir. Nitekim Koçak ve Daştan tarafından gerçekleştirilen çalışmada, dibenzosuberenon temelli dihidropiridazin türevlerinin termal veya fotokimyasal koşullar altında spiro-antron yapılarına dönüşebildiği gösterilmiştir [7]. Bu dönüşüm, yeni spirosiklik moleküler sistemlerin hazırlanması açısından bu çalışmanın temel sentetik yaklaşımını oluşturmaktadır. Moleküler tasarımın ikinci önemli bileşeni, dibenzosuberenon iskeletinin aromatik halkalarına iki brom atomunun kazandırılmasıdır. Aril bromür fonksiyonları, uygun katalitik koşullar altında Suzuki–Miyaura, Buchwald–Hartwig ve Sonogashira gibi çapraz eşleşme reaksiyonlarında kullanılabilen önemli sentetik reaksiyon merkezleridir [9–11]. Bu nedenle hedef spiro-antron bileşiğinde iki aril bromür grubunun bulunması, gelecekte farklı aromatik, amino veya alkinil grupların moleküler iskelete kazandırılması açısından potansiyel bir avantaj olarak değerlendirilmiştir. Bu tasarım doğrultusunda, başlangıç dibenzosuberenon iskeletinin aromatik halkalarında brom sübstitüsyonunun gerçekleştirilmesi, merkezi yedi üyeli halkadaki çift bağın uygun şekilde oluşturulması ve ardından dimetil 1,2,4,5-tetrazin-3,6-dikarboksilat (DET) ile reaksiyona sokulması esas alınmıştır. Tetrazin birimiyle gerçekleştirilen siklokatılma sonucunda dihidropiridazin halkasının oluşturulması ve bu ara ürünün termal yeniden düzenlenmesiyle hedef dibromo spiro-antron yapısına ulaşılması planlanmıştır.

Sonuç olarak moleküler tasarım stratejisi, literatürde bilinen dibenzosuberenon-spiro-antron dönüşümünün dibromo sübstitüe bir moleküler sisteme uygulanması üzerine kurulmuştur. Böylece bir taraftan spiro-antron iskeletinin oluşturulması, diğer taraftan aromatik halkalarda bulunan iki brom atomu aracılığıyla yeni spiro-antron analoglarının geliştirilmesine yönelik potansiyel fonksiyonelleştirme noktalarının korunması amaçlanmıştır. Bununla birlikte mevcut çalışma kapsamında Spiro 7 üzerinde doğrudan çapraz eşleşme reaksiyonları gerçekleştirilmediğinden, bu fonksiyonelleştirme olanakları ileri çalışmalarda araştırılabilecek sentetik potansiyel olarak değerlendirilmiştir.

2.2. Sentez Stratejisi

Bu çalışmada hedef dibromo spiro-antron bileşiği Spiro 7'nin sentezi, dibenzosuberenon iskeletinden hareketle gerçekleştirilen ardışık bromlama, bromlama–eliminasyon, tetrazin ile siklokatılma ve termal yeniden düzenlenme reaksiyonlarına dayandırılmıştır. İlk aşamada dibenzosuberon bileşiği (1), $Br_2/AlCl_3$ reaktif sistemi kullanılarak 0 °C'de aromatik bromlama reaksiyonuna tabi tutulmuş ve aromatik halkalarında iki brom atomu taşıyan dibromo türevi 2 elde edilmiştir (Şekil 1). Bu aşamada brom atomlarının aromatik halkalara kazandırılmasıyla, sonraki reaksiyon basamaklarında korunması hedeflenen iki aril bromür fonksiyonu moleküler yapıya dâhil edilmiştir. İkinci aşamada bileşik 2, NBS ve BPO kullanılarak bromlama reaksiyonuna tabi tutulmuş ve merkezi yedi üyeli halka üzerinde brom atomları taşıyan ara ürün 3 elde edilmiştir. Ardından bileşik 3'ün NaI ile reaksiyonu sonucunda eliminasyon gerçekleştirilerek merkezi halkasında C-C çift bağı bulunan dibromo dibenzosuberenon türevi 4 sentezlenmiştir (Şekil 1). Bir sonraki aşamada bileşik 4, dimetil 1,2,4,5-tetrazin-3,6-dikarboksilat (DET, 5) ile toluen içerisinde 120 °C'de 12 saat reaksiyona sokulmuştur. Ham ürün eter ile yıkanmış ve gerçekleştirilen NMR analizleri sonucunda elde edilen spektral verilerin, Spiro 7 için önerilen moleküler yapıyla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda reaksiyon ortamında dibenzosuberenon iskeletinin merkezi halkasında bulunan karbon–karbon çift bağı ile tetrazin birimi arasında *invers* DA siklokatılma reaksiyonu gerçekleşmiş ve ilk olarak dihidropiridazin halkası içeren ara ürün 6'nın oluşumu öngörülmüştür (Şekil 1). Bu ara ürünün aynı ortamda ısı ile (termal yeniden düzenlenme) Spiro 7'ye dönüştüğü düşünülmektedir [7]. Tetrazinlerin alkenlerle gerçekleştirdiği IEDDA reaksiyonları ve dibenzosuberenon temelli dihidropiridazin sistemlerinin oluşumu literatürde açıklanmıştır [7,8]. Bu dönüşüm sonucunda başlangıçtaki dibenzosuberenon iskeletinin merkezi yedi üyeli halka sistemi, altı üyeli antron iskeletine dönüşmüş ve dihidropiridazin halkasıyla ortak bir spiro karbonu içeren hedef dibromo spiro-antron bileşiği (Spiro 7) elde edilmiştir (Şekil 1). Söz konusu yeniden düzenlenme yaklaşımı, Koçak ve Daştan tarafından bildirilen dibenzosuberenon-spiro-antron dönüşümüne dayanmaktadır [7]. Böylece sentez stratejisinin tamamında aromatik halkalardaki iki brom atomunun korunması ve hedef spiro-antron iskeletine taşınması sağlanmıştır. Elde edilen Spiro 7 bileşiğinin moleküler yapısının doğrulanması amacıyla ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopik analizlerinden yararlanılmıştır.

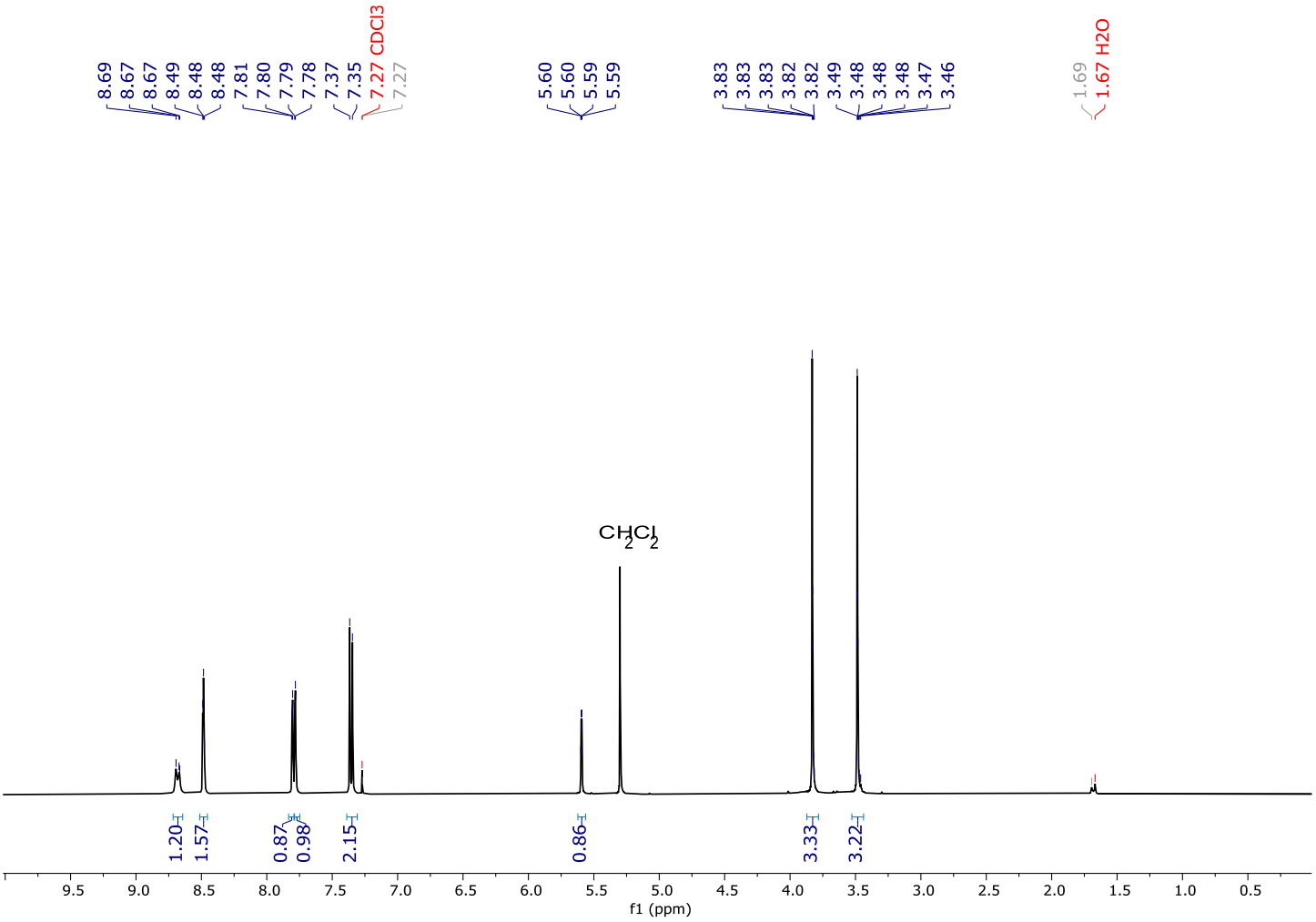


Şekil 1. Spiro 7 bileşiğinin sentez yolu ve önerilen dihidropiridazin ara ürünü (6) üzerinden gerçekleşen termal yeniden düzenlenme.

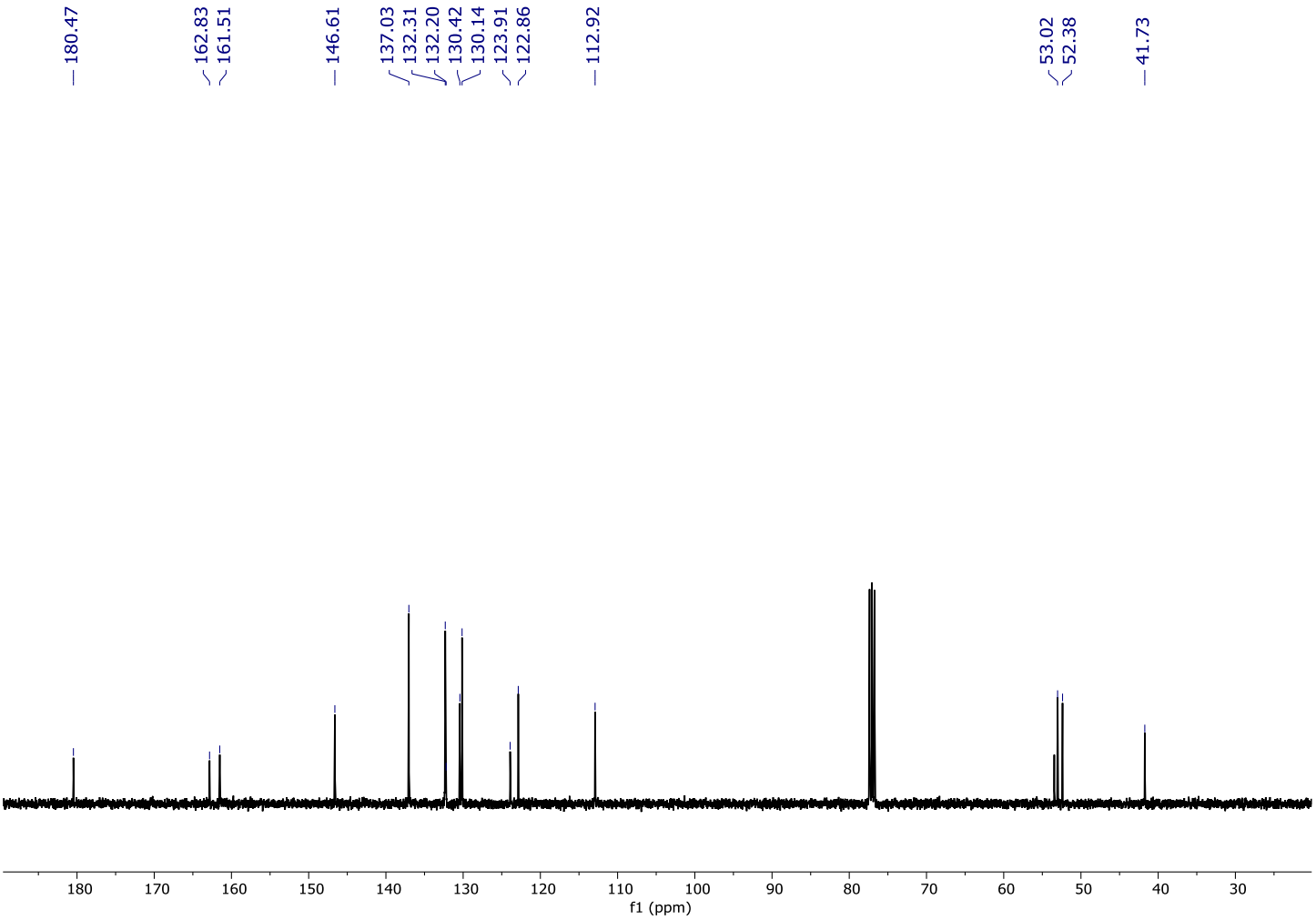
3. ANALİZ VE BULGULAR

Hedef dibromo spiro-antron bileşiğinin sentezine yönelik gerçekleştirilen reaksiyon basamaklarında elde edilen ara ürünlerin yapısal karakterizasyonu, ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopik verileri üzerinden değerlendirilmiştir. Özellikle dibromodibenzosuberon (2), tetrabromodibenzosuberon (3) ve dibromodibenzosuberenon (4) bileşiklerinin spektral verileri, aromatik bromlama, benzilik bromlama ve eliminasyon basamaklarının gerçekleştiğini desteklemektedir. İlk aşamada sentezlenen dibromodibenzosuberon (2) bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda, aromatik protonlara ait sinyaller δ 8.11–7.11 ppm aralığında gözlenirken, merkezi yedi üyeli halkada bulunan metilen gruplarına ait protonlar δ 3.15 ppm'de singlet (4H) olarak belirlenmiştir. ^{13}C NMR spektrumunda ise karbonil karbonuna ait δ 192.3 ppm ve metilen karbonlarına ait δ 34.2 ppm sinyalleri, bileşiğin önerilen yapısını desteklemektedir. Bileşik 2'nin NBS/BPO kullanılarak bromlanması sonucunda elde edilen tetrabromodibenzosuberon (3) bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda, başlangıç bileşiğinde δ 3.15 ppm'de gözlenen metilen protonları sinyalinin kaybolduğu ve bunun yerine δ 5.70 ppm'de singlet (2H) sinyalinin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu değişim, merkezi halkadaki benzilik karbonlarda brom sübstitüsyonunun gerçekleştiğini desteklemektedir. Ayrıca ^{13}C NMR spektrumunda δ 34.2 ppm'deki karbon sinyalinin δ 51.4 ppm'ye kayması, bromlama sonucunda karbonların kimyasal çevresinin değiştiğini göstermektedir. Tetrabromodibenzosuberon (3) bileşiğinin NaI ile eliminasyon reaksiyonu sonucunda elde edilen dibromodibenzosuberenon (4) bileşiğinin ^{1}H

NMR spektrumunda, δ 5.70 ppm'deki benzilik proton sinyalinin kaybolduğu ve δ 7.01 ppm'de singlet (2H) olarak yeni bir sinyalin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu sinyal, aromatik protonlardan farklı olarak dibenzosuberenon iskeletinin merkezi yedi üyeli halkasında oluşan karbon–karbon çift bağına ait iki olefinik protona karşılık gelmektedir. Dolayısıyla δ 7.01 ppm'deki karakteristik sinyal, bileşik 4'ün sentezinde eliminasyon reaksiyonunun gerçekleştiğini ve bir sonraki aşamada tetrazin türeviyle siklokatılma reaksiyonuna katılacak çift bağın oluştuğunu destekleyen en önemli ^{1}H NMR bulgularından biridir. Ayrıca ^{13}C NMR spektrumunda karbonil karbonuna ait sinyalin δ 203.2 ppm'de gözlenmesi ve başlangıçtaki bromlanmış benzilik karbonlara ait δ 51.4 ppm sinyalinin kaybolması, hedef dibromodibenzosuberenon yapısının oluşumunu desteklemektedir. Bu spektral bulgular birlikte değerlendirildiğinde, bileşik 2'den bileşik 4'e uzanan reaksiyon basamaklarında merkezi yedi üyeli halkada beklenen yapısal dönüşümlerin gerçekleştiği görülmektedir. Özellikle bileşik 4'ün δ 7.01 ppm'deki olefinik proton sinyali, sonraki aşamada gerçekleştirilecek tetrazin temelli siklokatılma reaksiyonu açısından önemli bir yapısal göstergedir [12].



Şekil 2. Spiro 7'nin ^{1}H NMR spektrumu.



Şekil 3. Spiro 7'nin ^{13}C NMR spektrumu.

Hedef dibromo spiro-antron bileşiğinin (Spiro 7) ^{1}H NMR spektrumunda, δ 8.68 ppm'de gözlenen geniş singlet (1H) sinyali dihidropiridazin halkasında bulunan N–H protonuna aittir. Aromatik protonlara ait sinyaller δ 8.51–7.36 ppm aralığında gözlenirken, δ 5.59 ppm'de dublet (J = 2.3 Hz, 1H) olarak belirlenen sinyal dihidropiridazin halkasındaki olefinik protonla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca δ 3.83 ve 3.49 ppm'de gözlenen iki ayrı singlet (her biri 3H), molekülde bulunan metil ester gruplarının metoksi protonlarına karşılık gelmektedir. ^{13}C NMR spektrumunda ise δ 180.47 ppm'deki sinyal antron karbonil karbonuna, δ 162.83 ve 161.51 ppm'deki sinyaller iki ester karbonil karbonuna, δ 53.02 ve 52.38 ppm'deki sinyaller metoksi karbonlarına atfedilmiştir. Özellikle δ 41.73 ppm'de gözlenen sinyalin spiro merkezindeki kuaterner karbona karşılık gelmesi, hedef spiro-antron iskeletinin oluşumunu destekleyen önemli bir spektroskopik veridir. Molekülün üç boyutlu yapısında, dibromo-antron iskeletinin yaklaşık düzlemsel bir geometri sergilediği, dihidropiridazin halkasının ise spiro merkezi üzerinden bu iskeletten farklı bir uzaysal doğrultuda konumlandığı düşünülmektedir. Elde edilen ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR verileri birlikte değerlendirildiğinde, önerilen Spiro 7 moleküler yapısıyla uyumlu sonuçlar elde edildiği anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, dibenzosuberenon temelli başlangıç bileşiklerinden hareketle aromatik halkalarında iki brom atomu taşıyan bir spiro-antron türevi (Spiro 7) sentezlenmiş ve moleküler yapısı ^{1}H NMR ve ^{13}C NMR spektroskopik yöntemleriyle karakterize edilmiştir. Sentez stratejisi kapsamında gerçekleştirilen ardışık bromlama, eliminasyon, tetrazin temelli siklokatılma ve termal yeniden düzenlenme reaksiyonları sonucunda hedef spirosiklik moleküler iskelete ulaşılmıştır. Sentez basamaklarında elde edilen ara ürünlerin NMR verileri, gerçekleşen yapısal dönüşümleri desteklemiştir. Özellikle dibromodibenzosuberon (2) bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda δ 3.15 ppm'de gözlenen metilen protonlarına ait sinyalin, benzilik bromlama sonucunda elde edilen tetrabromodibenzosuberon (3) bileşiğinde δ 5.70 ppm'ye kayması, merkezi halkadaki kimyasal çevrenin değiştiğini göstermiştir. Ardından gerçekleştirilen eliminasyon reaksiyonuyla elde edilen dibromodibenzosuberenon (4) bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda δ 7.01 ppm'de iki olefinik protona ait singlet sinyalinin ortaya çıkması, merkezi yedi üyeli halkada karbon–karbon çift bağının oluştuğunu desteklemiştir.

Hedef Spiro 7 bileşiğinin ^{1}H NMR spektrumunda δ 8.68 ppm'de dihidropiridazin halkasındaki N–H protonuna, δ 5.59 ppm'de aynı halkadaki olefinik protona ve δ 3.83 ile 3.49 ppm'de iki farklı metoksi grubuna ait sinyaller gözlenmiştir. ^{13}C NMR spektrumunda ise δ 180.47 ppm'deki antron karbonil karbonu, δ 162.83 ve 161.51 ppm'deki ester karbonil karbonları ve özellikle δ 41.73 ppm'deki spiro merkezine ait kuaterner karbon sinyali, önerilen moleküler yapıyı destekleyen önemli spektroskopik bulgular olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca iki metoksi grubunun hem ^{1}H NMR hem de ^{13}C NMR spektrumlarında farklı kimyasal kaymalarda gözlenmesi, bu grupların molekül içerisinde farklı kimyasal çevrelerde bulunduğunu göstermektedir.

Bileşik 4'teki merkezi yedi üyeli halkaya ait olefinik proton sinyallerinin Spiro 7'de aynı kimyasal çevrede gözlenmemesi ve spiro merkezine ait karakteristik karbon sinyalinin belirlenmesi, dibenzosuberenon iskeletinden spiro-antron iskeletine gerçekleşen yapısal dönüşümü desteklemektedir. Ayrıca önerilen moleküler yapıda dibromo sübstitüe antron iskeletinin spiro merkezi aracılığıyla dihidropiridazin halkasına bağlanması, iki farklı halka sisteminin üç boyutlu bir moleküler mimari içerisinde birleşmesini sağlamaktadır.

Sonuç olarak elde edilen spektroskopik bulgular, hedef dibromo spiro-antron bileşiği için önerilen moleküler yapıyla uyumludur. Çalışmanın temel katkısı, literatürde bilinen dibenzosuberenon–spiro-antron dönüşümünün dibromo sübstitüe bir moleküler sisteme uygulanması ve elde edilen bileşiğin yapısal karakterizasyonunun gerçekleştirilmesidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında elde edilen Spiro 7 bileşiği, aromatik halkalarında bulunan iki brom atomu sayesinde ileri sentetik fonksiyonelleştirmeler için potansiyel bir yapı taşı olarak değerlendirilmektedir. Bu fonksiyonel gruplar, spiro-antron iskeletinin farklı organik gruplarla çeşitlendirilmesine yönelik önemli sentetik olanaklar sunabilir.

Gelecek çalışmalarda, Spiro 7 bileşiğinin Suzuki–Miyaura, Sonogashira ve Buchwald–Hartwig çapraz eşleşme reaksiyonlarıyla modifiye edilerek sırasıyla aril, alkinil ve amino sübstitüe yeni spiro-antron türevlerinin sentezlenmesi önerilmektedir. Bu kapsamda uygun katalitik koşulların belirlenmesi ve elde edilecek türevlerin yapısal ve fizikokimyasal özelliklerinin araştırılması, spiro-antron temelli yeni fonksiyonel moleküllerin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

[1] Hiesinger, K., Dar'in, D., Proschak, E., & Krasavin, M. (2021). Spirocyclic scaffolds in medicinal chemistry. Journal of Medicinal Chemistry, 64(1), 150–183. https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.0c01473

[2] Poriel, C. (2021). Journal of Materials Chemistry C editor's choice web collection: 'Spiro compounds for electronics'. Journal of Materials Chemistry C, 9, 12972–12973. https://doi.org/10.1039/D1TC90191E

[3] Lin, Y. H., Huang, Y. Q., Gnanasekaran, P., Lin, Y. S., Chow, T. J., & Chang, Y. J. (2024). Novel spiro-compounds with carbonyl and sulfone-based small molecules: An overview of recent application in optoelectronic devices. Synthetic Metals, 301, Article 117522. https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2023.117522

[4] Kortekaas, L., & Browne, W. R. (2019). The evolution of spiropyran: Fundamentals and progress of an extraordinarily versatile photochrome. Chemical Society Reviews, 48, 3406–3424. https://doi.org/10.1039/C9CS00203K

[5] Klajn, R. (2014). Spiropyran-based dynamic materials. Chemical Society Reviews, 43, 148–184. https://doi.org/10.1039/C3CS60181A

[6] Kotha, S., Panguluri, N. R., & Ali, R. (2017). Design and synthesis of spirocycles. European Journal of Organic Chemistry, 2017(36), 5316–5342. https://doi.org/10.1002/ejoc.201700439

[7] Koçak, R., & Daştan, A. (2021). Dibenzosuberenone-based photo- and thermochromic switches, a transformation: Rearrangement of dibenzosuberenones to spiro anthrones. Organic Letters, 23(11), 4483–4487. https://doi.org/10.1021/acs.orglett.1c01413

[8] Arslan, M., Degirmenci, A., Sanyal, R., & Sanyal, A. (2024). Tetrazine-based inverse-electron-demand Diels–Alder reaction: A powerful tool for fabrication and functionalization of polymeric materials. Polymer Chemistry, 15, 4173–4195. https://doi.org/10.1039/D4PY00912F

[9] Lennox, A. J. J., & Lloyd-Jones, G. C. (2014). Selection of boron reagents for Suzuki–Miyaura coupling. Chemical Society Reviews, 43(1), 412–443. https://doi.org/10.1039/C3CS60197H

[10] Dorel, R., Grugel, C. P., & Haydl, A. M. (2019). The Buchwald–Hartwig amination after 25 years. Angewandte Chemie International Edition, 58(48), 17118–17129. https://doi.org/10.1002/anie.201904795

[11] Chinchilla, R., & Nájera, C. (2011). Recent advances in Sonogashira reactions. Chemical Society Reviews, 40, 5084–5121. https://doi.org/10.1039/C1CS15071E

[12] Erdoğan, M. (2021). A novel dibenzosuberenone bridged DA-π-A type dye: Photophysical and photovoltaic investigations. Journal of Molecular Structure, 1232, 130056. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130056

MOLEKÜLER HİBRİDİZASYON YAKLAŞIMIYLA POTANSİYEL BİYOAKTİF BİR KİNOLİN-BENZOTİYAZOL HİBRİT HİDRAZON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU

Doç. Dr. Musa ERDOĞAN[1,2]

[1]Kafkas Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye, 36100

[2]Kafkas Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kars, Türkiye, 36100

musaerdogan0@gmail.com

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6097-2862

Özet

Bu çalışmada, potansiyel biyoaktif bileşiklerin geliştirilmesinde kullanılan moleküler hibridizasyon yaklaşımı esas alınarak, biyolojik aktiviteleri literatürde çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuş olan 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol iskeletlerinin hidrazon köprüsüyle tek bir moleküler yapıda birleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, farklı heterosiklik sistemlerin yapısal ve elektronik özelliklerini bir araya getiren potansiyel biyoaktif bir hibrit molekül olarak **5** bileşiğinin sentezi ve spektroskopik karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Hedef bileşik, üç basamaklı bir sentetik strateji izlenerek elde edilmiştir. İlk basamakta 8-hidroksikinolinin formilasyonu sonucunda 8-hidroksikinolin-5-karbaldehit, ikinci basamakta ise 2-klorobenzotiyazolün hidrazin hidrat ile reaksiyonu sonucunda 2-hidrazinilbenzotiyazol sentezlenmiştir. Son basamakta, elde edilen iki ara bileşiğin kondenzasyon reaksiyonu ile birleştirilmesi sonucunda hedef kinolin-benzotiyazol hibrit hidrazon türevi **5** hazırlanmıştır. Sentezlenen bileşiğin yapısal karakterizasyonu ^{1}H NMR ve HRMS spektroskopik yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen spektroskopik veriler, hedeflenen moleküler yapının oluşumunu desteklemiştir. Moleküler hibridizasyon stratejisiyle 8-hidroksikinolin, benzotiyazol ve hidrazon birimlerinin aynı moleküler iskelette bütünleştirilmesi, farklı heteroatom merkezleri ve konjuge bir sistem içeren hibrit bir yapının elde edilmesini sağlamıştır. Sonuç olarak, sentezlenen bileşiğin yapısal özellikleri ve ilgili heterosiklik sistemlerin literatürde bildirilen biyolojik aktiviteleri dikkate alındığında, bu hibrit hidrazon türevinin gelecekte gerçekleştirilecek biyolojik aktivite ve kimyasal sensör araştırmaları için potansiyel bir molekül adayı olabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 8-Hidroksikinolin, Benzotiyazol, Hidrazon, Moleküler Hibridizasyon, Spektroskopik Karakterizasyon.

SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC CHARACTERIZATION OF A POTENTIALLY BIOACTIVE QUINOLINE-BENZOTHIAZOLE HYBRID HYDRAZONE DERIVATIVE VIA A MOLECULAR HYBRIDIZATION APPROACH

Assoc. Prof. Dr. Musa ERDOĞAN[1,2]

[1]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Kafkas University, Kars, Türkiye, 36100

[2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Kafkas University, Kars, Türkiye, 36100

musaerdogan0@gmail.com

ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6097-2862

Abstract

In this study, a molecular hybridization approach was employed to integrate 8-hydroxyquinoline and benzothiazole scaffolds, whose biological activities have been extensively investigated in the literature, into a single molecular framework through a hydrazone linkage, with the aim of developing a potentially bioactive compound. Accordingly, hybrid compound 5 was synthesized and spectroscopically characterized, combining the structural and electronic features of two distinct heterocyclic systems within a single molecular framework with potential biological activity. The target compound was obtained through a three-step synthetic strategy. In the first step, 8-hydroxyquinoline-5-carbaldehyde was prepared via the formylation of 8-hydroxyquinoline. In the second step, 2-hydrazinylbenzothiazole was synthesized through the reaction of 2-chlorobenzothiazole with hydrazine hydrate. Finally, condensation of the two intermediates afforded the target quinoline–benzothiazole hybrid hydrazone derivative. The molecular structure of the synthesized compound was characterized using ^{1}H NMR, and HRMS spectroscopy. The obtained spectroscopic data supported the formation of the proposed molecular structure. The molecular hybridization strategy enabled the integration of 8-hydroxyquinoline, benzothiazole, and hydrazone moieties into a single molecular framework, resulting in a hybrid structure featuring multiple heteroatom-containing functional groups and a conjugated system. Overall, considering the structural characteristics of the synthesized compound and the biological activities previously reported for related heterocyclic scaffolds, this hybrid hydrazone derivative may represent a promising molecular candidate for future investigations into its biological activity and potential applications as a chemical sensor.

Keywords: 8-Hydroxyquinoline, Benzothiazole, Hydrazone, Molecular Hybridization, Spectroscopic Characterization.

1. GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Heterosiklik bileşikler, yapılarında azot, oksijen ve kükürt gibi heteroatomları bulundurmaları ve farklı fonksiyonel gruplarla modifiye edilebilmeleri nedeniyle modern organik sentez ve farmasötik kimya araştırmalarında önemli bir yere sahiptir. Özellikle farklı heterosiklik iskeletlerin tek bir moleküler yapıda birleştirilmesine dayanan moleküler hibridizasyon yaklaşımı, biyolojik açıdan önemli yapısal birimlerin özelliklerinden yararlanılarak yeni bileşik adaylarının geliştirilmesinde kullanılan stratejilerden biridir. Viegas-Junior ve çalışma arkadaşları, moleküler hibridizasyon yaklaşımının farklı farmakoforların bir araya getirilmesiyle yeni etki mekanizmalarına ve biyolojik aktivite profillerine sahip moleküllerin tasarlanmasına olanak sağlayabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte, hibrit bir moleküler yapının oluşturulması tek başına biyolojik aktivitenin artacağını garanti etmemekte, elde edilen bileşiklerin deneysel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [1]. Kinolin, benzen ve piridin halkalarının kaynaşmasıyla oluşan azot içeren aromatik bir heterosiklik sistemdir. Bu iskeletin farklı konumlarından fonksiyonelleştirilebilmesi, çeşitli fizikokimyasal ve biyolojik özelliklere sahip türevlerin sentezlenmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle kinolin çekirdeğine hidrazon fonksiyonel grubunun bağlandığı bileşiklerin antimikrobiyal ve antitüberküloz özellikleri araştırılmıştır. Mandewale ve çalışma arkadaşları, kinolin-hidrazon türevleri ile bunların bakır(II) ve çinko(II) komplekslerini sentezleyerek Mycobacterium tuberculosis üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada bazı bileşiklerin antitüberküloz aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Bu bulgular, kinolin iskeletinin hidrazon gruplarıyla fonksiyonelleştirilmesinin biyolojik aktivite araştırmaları açısından değerlendirilebilecek bir yaklaşım olduğunu göstermektedir [2]. Kinolin türevleri içerisinde 8-hidroksikinolin (8-HQ), heterosiklik azot atomu ile fenolik hidroksil grubunu aynı moleküler yapı içerisinde bulundurması nedeniyle özel bir öneme sahiptir. Bu iki donör merkezin uygun geometrik konumda bulunması, 8-hidroksikinolin iskeletinin çeşitli metal iyonlarıyla koordinasyon oluşturabilmesini sağlamaktadır. Oliveri ve Vecchio tarafından gerçekleştirilen kapsamlı derlemede, 8-hidroksikinolin türevlerinin metal iyonlarıyla etkileşimleri, biyolojik etki mekanizmaları ve farmakolojik uygulamaları değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, bu bileşiklerin antibakteriyel, antifungal, antikanser ve nörodejeneratif hastalıklara yönelik araştırmalardaki önemi ele alınmıştır. Bu özellikleri nedeniyle 8-hidroksikinolin iskeleti, farklı biyolojik hedeflere yönelik moleküllerin geliştirilmesinde kullanılabilecek önemli bir yapısal birim olarak değerlendirilmektedir [3].

8-Hidroksikinolin türevlerinin biyolojik özellikleri yalnızca metal iyonlarıyla koordinasyon oluşturabilmeleriyle sınırlı değildir. Aromatik halka sisteminin elektronik yapısı, fenolik hidroksil grubunun varlığı ve farklı konumlardan gerçekleştirilen sübstitüsyonlar, bu bileşiklerin fizikokimyasal özelliklerini ve biyolojik davranışlarını etkileyebilmektedir. Gupta ve çalışma arkadaşları, 8-hidroksikinolin türevlerinin çeşitli hastalıklarla ilişkili biyolojik hedefler açısından araştırıldığını ve bu heterosiklik çekirdeğin farmasötik kimyada önemli bir moleküler platform oluşturduğunu bildirmiştir. Bu literatür bulgularından hareketle, 8-hidroksikinolin çekirdeğinin farklı heterosiklik birimlerle fonksiyonelleştirilmesi, biyolojik özellikleri gelecekte araştırılabilecek yeni molekül adaylarının tasarımı açısından uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir [3,4]. Diğer taraftan benzotiyazol, benzen ve tiyazol halkalarının kaynaşmasından oluşan, yapısında azot ve kükürt heteroatomlarını birlikte bulunduran heteroaromatik bir sistemdir. Benzotiyazol türevleri, farklı fonksiyonel gruplarla modifiye edilebilmeleri ve çeşitli biyolojik aktivitelerinin bildirilmiş olması nedeniyle farmasötik kimya araştırmalarında dikkat çekmektedir. Singh ve çalışma arkadaşları tarafından yayımlanan kapsamlı derlemede, benzotiyazol ve benzotiyazol-hidrazon türevlerinin sentez yöntemleri, biyolojik aktiviteleri ve yapı–aktivite ilişkileri değerlendirilmiştir. Araştırmada, benzotiyazol çekirdeğine bağlanan farklı fonksiyonel grupların ve sübstitüentlerin bileşiklerin farmakolojik özellikleri üzerinde etkili olabildiği vurgulanmıştır [5].

Benzotiyazol türevlerinin antibakteriyel özelliklerine ilişkin araştırmalar, bu heterosiklik iskeletin farklı bakteriyel hedeflerle etkileşebilen bileşiklerin geliştirilmesinde kullanılabildiğini göstermektedir. Kashyap ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilen derlemede, benzotiyazol türevlerinin antibakteriyel potansiyeli ve

olası etki mekanizmaları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda DNA giraz, dihidrofolat redüktaz, MurB ve enoil-açil taşıyıcı protein redüktaz gibi bakteriyel enzimlerle ilişkili inhibitör aktiviteler ele alınmıştır. Ayrıca benzotiyazol türevlerinin antibakteriyel özelliklerinin sübstitüentlerin türüne, konumuna ve moleküler yapının bütününe bağlı olarak değişebildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, benzotiyazol iskeletinin antimikrobiyal araştırmalarda değerlendirilebilecek önemli bir yapısal birim olduğunu desteklemektedir [6]. Benzotiyazol iskeletinin biyolojik uygulamaları antibakteriyel araştırmalarla sınırlı değildir. Paoletti ve Supuran tarafından gerçekleştirilen derlemede, benzotiyazol türevlerinin özellikle hipoksik tümörlerle ilişkili biyolojik hedeflere yönelik tasarım ve sentez çalışmaları değerlendirilmiştir. Araştırmada, karbonik anhidraz IX/XII izoenzimleri ve kanserle ilişkili diğer moleküler hedefler açısından benzotiyazol türevlerinin potansiyeli ele alınmıştır. Bu çalışmalar, benzotiyazol çekirdeğinin antitümör ajanların geliştirilmesine yönelik araştırmalarda da değerlendirilebilen önemli bir heterosiklik yapı olduğunu göstermektedir [7]. Hidrazonlar, aldehit veya ketonların hidrazin ve uygun hidrazin türevleriyle kondenzasyonu sonucunda elde edilebilen, karakteristik C=N–N yapısal birimini içeren organik bileşiklerdir. Hidrazon fonksiyonel grubu, farklı aromatik ve heteroaromatik sistemlerin tek bir moleküler yapı içerisinde birleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Rollas ve Küçükgüzel tarafından gerçekleştirilen derlemede, hidrazon türevlerinin antimikrobiyal, antitüberküloz, antitümör, antikonvülzan ve antiinflamatuvar aktiviteleri kapsamlı olarak ele alınmıştır. Bu çalışmalar, hidrazon grubunun biyolojik aktivite potansiyeli taşıyan yeni moleküllerin sentezinde kullanılan önemli fonksiyonel birimlerden biri olduğunu göstermektedir [8]. Benzotiyazol çekirdeğinin hidrazon bağlantısıyla farklı aromatik sistemlere bağlanması, bu heterosiklik iskeletin yapısal çeşitliliğini artıran yaklaşımlardan biridir. Benzotiyazol-hidrazon türevlerinde azot ve kükürt içeren heteroaromatik halka ile hidrazon bağlantısının aynı molekülde bulunması, farklı moleküler etkileşimlere uygun fonksiyonel bölgelerin oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Singh ve çalışma arkadaşları, benzotiyazol-hidrazon türevlerinin biyolojik aktivitelerinin moleküler yapıdaki değişikliklerden etkilenebildiğini ve bu bileşiklerin yapı–aktivite ilişkilerinin yeni molekül tasarımları açısından önemli bilgiler sunduğunu bildirmiştir. Dolayısıyla benzotiyazol-hidrazon sistemleri, farklı biyolojik hedefler açısından araştırılabilecek moleküler yapıların geliştirilmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım oluşturmaktadır [5,8]. Kinolin-hidrazon hibritlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, bu yapısal yaklaşımın biyolojik araştırmalardaki önemini desteklemektedir. Ammar ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilen araştırmada, çeşitli hidrazono-kinolin türevleri sentezlenmiş ve antibakteriyel ile antifungal aktiviteleri değerlendirilmiştir. Ayrıca bazı türevlerin DNA giraz ve topoizomeraz IV enzimleri üzerindeki inhibitör etkileri incelenmiştir. Bu sonuçlar, kinolin ve hidrazon gruplarının birleştirilmesiyle elde edilen bileşiklerin antimikrobiyal ajan geliştirme araştırmalarında değerlendirilebileceğini göstermektedir [9]. Benzotiyazol-hidrazon türevlerinin biyolojik potansiyeline ilişkin dikkat çekici araştırmalardan biri Coimbra ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, aromatik hidrazon birimi içeren benzotiyazol türevlerini sentezleyerek Leishmania amazonensis parazitinin promastigot ve hücre içi amastigot formları üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada en etkili bileşiğin promastigot ve amastigot formlarına karşı sırasıyla 28,86 ve 7,70 µM IC_{50} değerleri gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca aromatik halkadaki sübstitüsyon düzeninin biyolojik aktivite üzerinde önemli rol oynayabildiği belirtilmiştir. Bu bulgular, benzotiyazol-hidrazon türevlerinin antiparaziter araştırmalarda da değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır [10]. Kinolin, benzotiyazol ve hidrazon yapısal birimlerinin birlikte değerlendirilmesi, farklı heterosiklik iskeletlerin tek bir molekülde birleştirilmesine dayanan moleküler hibridizasyon yaklaşımı açısından önem taşımaktadır. Kinolin çekirdeği azot içeren aromatik bir sistem sağlarken, benzotiyazol halkası azot ve kükürt heteroatomlarını moleküler yapıya dâhil etmektedir. Hidrazon bağlantısı ise bu iki heterosiklik sistem arasında konjuge bir bağlantı oluşturmakta ve hidrojen bağı etkileşimlerine katılabilecek ilave fonksiyonel bölgeler sağlamaktadır. Literatürde 8-hidroksikinolin, kinolin-hidrazon ve benzotiyazol-hidrazon türevlerinin farklı biyolojik aktivitelerinin bildirilmiş olması, bu yapısal birimlerin birlikte bulunduğu hibrit bileşiklerin sentezlenmesi ve karakterize edilmesi için bilimsel bir gerekçe oluşturmaktadır [1,3,5,9,10].

Bu literatür bilgileri doğrultusunda, mevcut çalışmada 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol iskeletlerini hidrazon bağlantısı üzerinden bir araya getiren hibrit bileşiği 5'in sentezi ve spektroskopik karakterizasyonu ele alınmıştır. Moleküler yapıda bulunan 8-hidroksikinolin birimi fenolik hidroksil grubu ve heterosiklik azot atomu içerirken, benzotiyazol halkası azot ve kükürt içeren ikinci bir heteroaromatik sistem oluşturmaktadır. Bu iki birimin hidrazon köprüsü üzerinden birleştirilmesiyle elde edilen hedef bileşik 5'in yapısal karakterizasyonu ^{1}H NMR ve HRMS spektroskopik yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen bileşiğin, literatürde biyolojik aktiviteleri araştırılmış heterosiklik iskeletleri bir arada bulundurması nedeniyle gelecekte gerçekleştirilecek biyolojik aktivite çalışmalarında değerlendirilebilecek potansiyel biyoaktif bir molekül adayı olduğu düşünülmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Molekül Tasarım Yaklaşımı

Bu çalışmada hedeflenen kinolin-benzotiyazol temelli hibrit hidrazon bileşiğinin tasarımında, moleküler hibridizasyon (molecular hybridization) yaklaşımı esas alınmıştır. Moleküler hibridizasyon, biyolojik açıdan önemli farklı farmakoforik birimlerin tek bir moleküler yapı içerisinde birleştirilmesine dayanan ve yeni biyoaktif bileşik adaylarının geliştirilmesinde kullanılan rasyonel molekül tasarım stratejilerinden biridir. Bu yaklaşım, farklı moleküler iskeletlerin yapısal ve elektronik özelliklerinin aynı kimyasal yapı içerisinde değerlendirilmesine olanak sağlamakta; uygun tasarımlarda biyolojik hedeflerle etkileşim çeşitliliğinin artırılması, seçiciliğin değiştirilmesi ve çoklu etki mekanizmalarına sahip bileşiklerin geliştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır [1,11]. Bununla birlikte, söz konusu avantajların ortaya çıkması moleküler yapı ve biyolojik hedef arasındaki ilişkiye bağlı olup deneysel çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir.

Moleküler hibridizasyon stratejisinde temel amaç, farklı biyolojik özelliklerle ilişkilendirilen moleküler iskeletleri rastgele bir araya getirmek yerine, bu yapıların fonksiyonel gruplarını, elektronik özelliklerini ve olası moleküler etkileşimlerini dikkate alarak uygun bir hibrit sistem oluşturmaktır. Literatürde farklı farmakoforik birimlerin doğrudan birleştirilmesi veya uygun bağlantı grupları aracılığıyla birbirine bağlanması yoluyla çeşitli hibrit moleküllerin geliştirildiği bildirilmektedir. Özellikle heteroaromatik sistemlerin uygun bağlantı gruplarıyla birleştirilmesi, hidrojen bağı donör ve akseptör merkezlerinin, aromatik yüzeylerin ve diğer potansiyel etkileşim bölgelerinin aynı molekül içerisinde düzenlenmesine imkân sağlamaktadır [1,11].

Bu yaklaşım doğrultusunda, hedef molekülün tasarımında biyolojik aktiviteleri farklı türevleri üzerinden araştırılmış olan 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol iskeletlerinin hidrazon köprüsü aracılığıyla birleştirilmesi planlanmıştır. Moleküler tasarımda dikkate alınan başlıca yapısal özellikler aşağıda açıklanmıştır.

8-Hidroksikinolin biriminin seçimi: 8-Hidroksikinolin çekirdeği, aromatik heterosiklik yapısı, halka azotu ve fenolik hidroksil grubuyla farklı moleküler etkileşimlere katılabilecek fonksiyonel merkezler içermektedir. Özellikle azot ve oksijen donör atomlarının uygun konumda bulunması, bu iskeletin metal iyonlarıyla koordinasyon oluşturabilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca 8-hidroksikinolin türevlerinin farklı biyolojik aktivitelerinin bildirilmiş olması, bu yapının hibrit molekül tasarımında temel birim olarak tercih edilmesinde etkili olmuştur [3,4].

Benzotiyazol biriminin seçimi: Benzotiyazol çekirdeği, azot ve kükürt heteroatomlarını aynı aromatik halka sisteminde bulundurması nedeniyle farmasötik kimyada yaygın olarak araştırılan heterosiklik yapılardan biridir. Benzotiyazol türevlerinin antimikrobiyal, antitümör ve diğer biyolojik aktivitelerinin literatürde bildirilmiş olması, bu iskeletin moleküler hibridizasyon yaklaşımında ikinci yapısal birim olarak seçilmesini desteklemektedir. Benzotiyazol halkasının 8-hidroksikinolin sistemiyle birleştirilmesiyle, farklı heteroaromatik yapıların tek bir molekülde bütünleştirilmesi hedeflenmiştir [5,7].

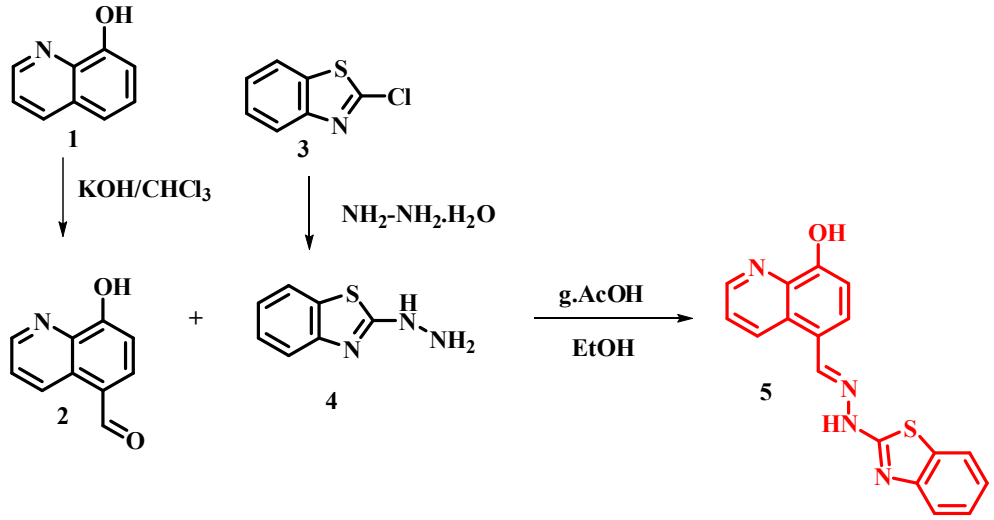
Hidrazon bağlantısının seçimi: İki heterosiklik birimin birleştirilmesinde hidrazon (–CH=N–NH–) fonksiyonel grubu tercih edilmiştir. Hidrazon bağlantısı, aldehit ve hidrazin türevleri arasında gerçekleşen kondenzasyon

reaksiyonlarıyla oluşturulabilmesi nedeniyle sentetik açıdan uygun bir bağlantı birimidir. Ayrıca azometin azotu ve hidrazon N–H grubu aracılığıyla molekülün hidrojen bağı etkileşimlerine katılabilecek fonksiyonel bölgelerine katkı sağlamaktadır. Hidrazon grubunun farklı aromatik ve heteroaromatik sistemler arasında bağlantı oluşturabilmesi, moleküler hibridizasyon stratejisinde kullanılmasını destekleyen önemli bir özelliktir [5,8].

Tasarlanan hibrit yapıda 8-hidroksikinolin, benzotiyazol ve hidrazon birimlerinin bir araya getirilmesiyle azot, oksijen ve kükürt içeren farklı fonksiyonel merkezlerin aynı molekül içerisinde bulunması sağlanmıştır. Aromatik halkalar ve hidrazon bağlantısı, molekülün konjuge yapısına katkıda bulunurken fenolik hidroksil ve hidrazon N–H grupları potansiyel hidrojen bağı donör merkezleri oluşturmaktadır. Bu özellikler, hedef bileşiğin gelecekte gerçekleştirilebilecek moleküler etkileşim ve biyolojik aktivite araştırmalarında değerlendirilmesi açısından yapısal bir temel sunmaktadır. Literatürde 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol birimlerinin farklı bağlantı grupları aracılığıyla aynı moleküler yapıda birleştirildiği hibrit sistemler de bulunmaktadır. Örneğin, 8-hidroksikinolin ve hidroksifenilbenzotiyazol birimlerini 1,2,3-triazol bağlantısı üzerinden bir araya getiren türevlerin sentezlendiği ve bu bileşiklerin DNA bağlanma özellikleri ile antimikrobiyal aktivitelerinin araştırıldığı bildirilmiştir [12]. Bu tür çalışmalar, söz konusu heterosiklik iskeletlerin moleküler hibridizasyon yaklaşımı kapsamında birlikte değerlendirilebildiğini göstermektedir. Mevcut çalışmada ise farklı bir bağlantı stratejisi benimsenerek iki heterosiklik birimin hidrazon köprüsü aracılığıyla birleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu moleküler tasarım sonucunda, 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol iskeletlerini aynı yapıda bulunduran hibrit bileşiği hedeflenmiştir. Tasarlanan hibrit molekülün farklı heteroatom merkezleri, aromatik sistemleri ve hidrazon fonksiyonel grubunu bir arada bulundurması, gelecekte gerçekleştirilecek biyolojik aktivite araştırmaları açısından değerlendirilmesine yönelik bilimsel bir gerekçe oluşturmaktadır. Bununla birlikte, moleküler hibridizasyon yaklaşımının hedef bileşiğe herhangi bir biyolojik üstünlük kazandırıp kazandırmadığının belirlenmesi için deneysel biyolojik aktivite ve yapı-aktivite ilişkisi çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

2.2. Sentez Stratejisi

Bu çalışmada hedeflenen kinolin–benzotiyazol temelli hibrit hidrazon bileşiği, üç basamaklı bir sentetik yaklaşım kullanılarak elde edilmiştir. Sentez stratejisinde öncelikle 8-hidroksikinolin iskeletine aldehit fonksiyonel grubunun kazandırılması, ardından benzotiyazol halkasına hidrazin grubunun bağlanması ve son aşamada elde edilen iki ara bileşiğin kondenzasyon reaksiyonu ile birleştirilmesi esas alınmıştır. Böylece 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol birimlerinin hidrazon (–CH=N–NH–) bağlantısı üzerinden aynı moleküler yapı içerisinde bir araya getirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. Kinolin-benzotiyazol temelli hibrit hidrazon bileşiği 5'in sentezi.

Sentezin ilk basamağında, Reimer-Tiemann reaksiyonu ile 8-hidroksikinolin (1), potasyum hidroksit (KOH) ve kloroform ($CHCl_3$) kullanılarak gerçekleştirilen formilasyon reaksiyonu sonucunda 8-hidroksikinolin-5-karbaldehit (2) bileşiğine dönüştürülmüştür. Bu dönüşümle kinolin halkasının 5. konumuna aldehit (–CHO) fonksiyonel grubu kazandırılmış ve hedef hidrazon bileşiğinin sentezinde kullanılacak karbonil bileşeni hazırlanmıştır. İkinci basamakta, 2-klorobenzotiyazol (3) ile hidrazin hidrat ($NH_2NH_2{\cdot}H_2O$) arasındaki nükleofilik aromatik sübstitüsyon reaksiyonu sonucunda 2-hidrazinilbenzotiyazol (4) bileşiği elde edilmiştir. Bu reaksiyonda benzotiyazol halkasının 2. konumunda bulunan klor atomunun hidrazinil grubu ile yer değiştirmesi sağlanmıştır. Böylece hedef molekülün benzotiyazol birimini taşıyan ve hidrazon oluşumuna katılabilecek terminal amino grubuna sahip ikinci ara bileşik hazırlanmıştır. Son basamakta, sentezlenen 8-hidroksikinolin-5-karbaldehit (2) ile 2-hidrazinilbenzotiyazol (4) asit katalizli kondenzasyon reaksiyonuna tabi tutularak hedef hibrit bileşik (5) elde edilmiştir. Bu reaksiyonda aldehit grubunun karbonil karbonu ile hidrazinil grubunun terminal amino azotu arasında gerçekleşen kondenzasyon sonucunda su ayrılmasıyla karakteristik hidrazon (-C=N–NH-) bağlantısı oluşturulmuştur (Şekil 1).

Uygulanan sentetik yaklaşım sayesinde 8-hidroksikinolin iskeletindeki fenolik hidroksil grubu korunurken, benzotiyazol halkasının azot ve kükürt heteroatomlarını içeren yapısı da hedef moleküle dahil edilmiştir. Böylece iki farklı heteroaromatik sistemin hidrazon köprüsü aracılığıyla birleştirildiği, çoklu heteroatom merkezleri içeren konjuge bir hibrit bileşik elde edilmiştir. Sentezlenen bileşiğin moleküler yapısının aydınlatılması amacıyla ^{1}H NMR ve HRMS spektroskopik analizlerinden yararlanılmıştır.

3. ANALİZ VE BULGULAR

Sentezlenen kinolin–benzotiyazol temelli hibrit hidrazon bileşiği 5'in yapısal karakterizasyonu, proton nükleer manyetik rezonans (^{1}H NMR) spektroskopisi ve yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi (HRMS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen spektroskopik bulgular, hedeflenen moleküler yapının oluşumunu ve karakteristik fonksiyonel grupların varlığını değerlendirmek amacıyla incelenmiştir. Özellikle hidrazon (C=N–NH) bağlantısının oluşumu ile 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol birimlerine ait karakteristik sinyallerin belirlenmesi, sentezlenen bileşiğin önerilen moleküler yapısının desteklenmesinde temel karakterizasyon ölçütleri olarak değerlendirilmiştir.

3.1. Yapısal Karakterizasyon

Sentezlenen 8-hidroksikinolin-5-karbaldehit (2) bileşiğinin yapısal karakterizasyonu, DMSO-d_6 ve $CDCl_3$ çözücülerinde kaydedilen ^{1}H NMR spektrumları kullanılarak değerlendirilmiştir. DMSO-d_6 ortamında δ 11.26 ppm'de gözlenen singlet sinyal, fenolik hidroksil (–OH) protonuna, δ 10.15 ppm'deki singlet sinyal ise aldehit (–CHO) protonuna atfedilmiştir. Özellikle aldehit protonunun karakteristik düşük alan bölgesinde gözlenmesi, 8-hidroksikinolin halkasının formilasyonunu desteklemektedir. Aromatik bölgede δ 9.57 (dd, J = 8.7, 1.7 Hz), 8.98 (dd, J = 4.1, 1.6 Hz) ve 7.79 (dd, J = 8.7, 4.1 Hz) ppm'de gözlenen sinyaller, kinolin halkasının sırasıyla H-4, H-2 ve H-3 protonlarına karşılık gelmektedir. Bu protonların yarılmaları ve J sabitleri, kinolin halkasındaki karakteristik H-H etkileşimleriyle uyumludur. Ayrıca δ 8.18 (d, J = 8.1 Hz) ve 7.27 (d, J = 8.0 Hz) ppm'de gözlenen sinyaller sırasıyla H-6 ve H-7 protonlarına atfedilmiş olup, bu protonların yaklaşık 8 Hz etkileşme sabitine sahip dubletler vermesi, aromatik halkadaki orto etkileşimini desteklemektedir (Şekil 2).

$CDCl_3$ ortamında kaydedilen ^{1}H NMR spektrumunda aldehit protonuna ait singlet sinyal δ 10.14 ppm'de gözlenirken, kinolin halkasının H-4, H-2 ve H-3 protonlarına ait sinyaller sırasıyla δ 9.68 (dd, J = 8.6, 1.6 Hz), 8.86 (dd, J = 4.2, 1.6 Hz) ve 7.66 (dd, J = 8.6, 4.2 Hz) ppm'de belirlenmiştir. Bunun yanında H-6 ve H-7 protonları sırasıyla δ 8.00 (d, J = 8.0 Hz) ve 7.28 (d, J = 8.0 Hz) ppm'de gözlenmiştir. Her iki çözücüde elde edilen spektrumlar karşılaştırıldığında, aromatik protonların kimyasal kaymalarında çözücüye bağlı küçük farklılıklar bulunmasına rağmen sinyallerin yarılma düzenlerinin ve etkileşme sabitlerinin büyük ölçüde korunduğu

görülmektedir. DMSO-d_6 ortamında belirgin olarak gözlenen fenolik –OH protonunun $CDCl_3$ spektrumunda rapor edilmemesi ise çözücü ortamına bağlı proton değişimi ve hidrojen bağı etkileşimlerindeki farklılıklarla ilişkili olabilir. Genel olarak elde edilen ^{1}H NMR verileri, 8-hidroksikinolin halkasının 5. konumunda aldehit fonksiyonel grubunun bulunduğu önerilen moleküler yapıyla uyumludur (Şekil 3).

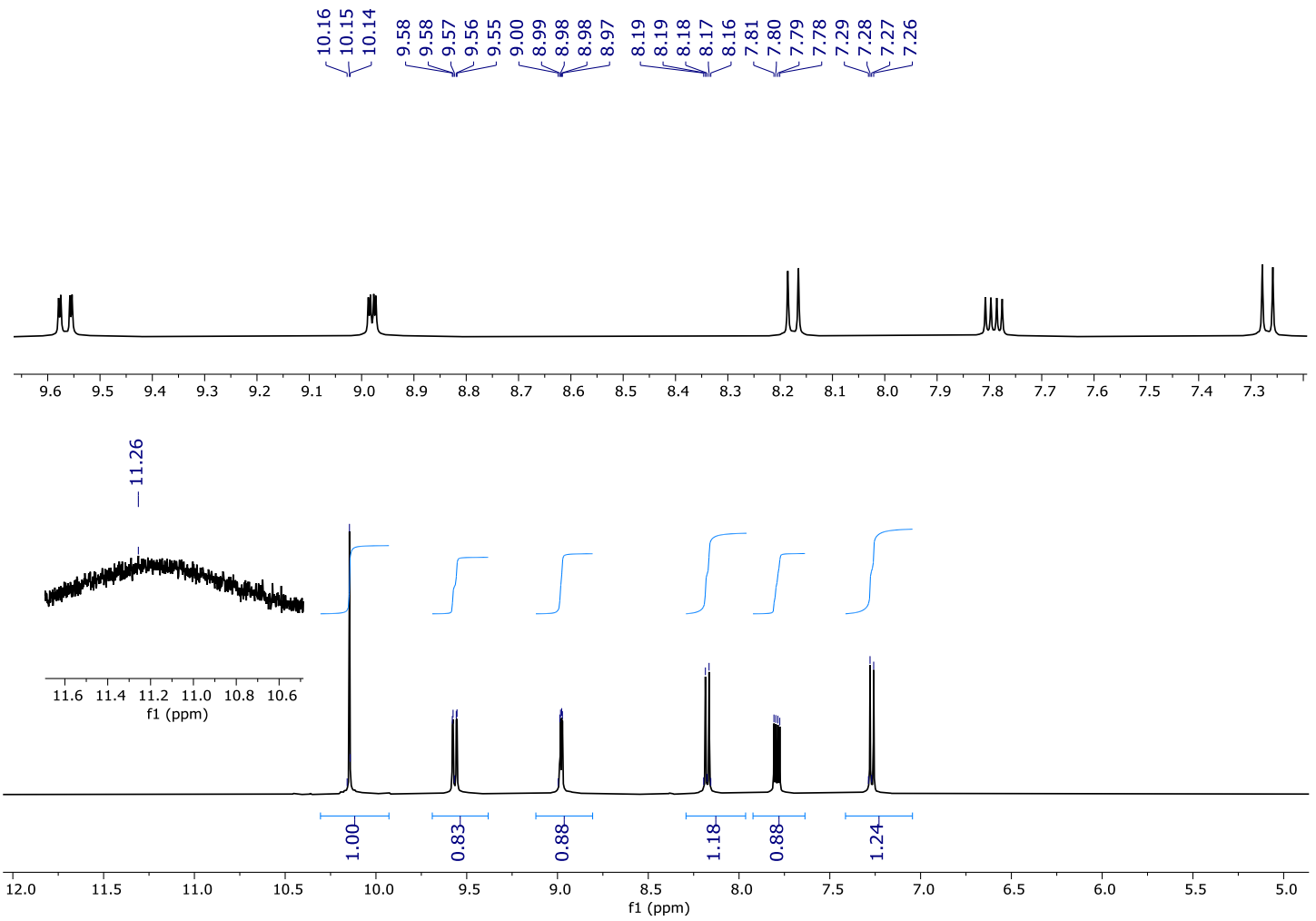
Sentezlenen 2-hidrazinilbenzotiyazol (4) bileşiğinin yapısal karakterizasyonu, DMSO-d_6 çözücüsünde kaydedilen ^{1}H NMR spektrumu kullanılarak değerlendirilmiştir. Spektrumda δ 9.05 ppm'de gözlenen geniş singlet sinyal, benzotiyazol halkasının 2. konumuna bağlı hidrazinil grubundaki –NH protonuna, δ 5.04 ppm'de gözlenen geniş singlet sinyal ise terminal $–NH_2$ grubuna ait iki protona atfedilmiştir. Bu sinyaller, hidrazinil fonksiyonel grubunun varlığını desteklemektedir. Aromatik bölgede δ 7.68 (dd, J = 7.8, 1.3 Hz) ve 7.33 (dd, J = 8.1, 1.2 Hz) ppm'de gözlenen sinyaller sırasıyla benzotiyazol halkasının H-4 ve H-7 protonlarına atfedilmiştir. Bu sinyallerde belirlenen yaklaşık 8 Hz büyüklüğündeki etkileşme sabitleri orto H-H etkileşimleriyle, yaklaşık 1.2–1.3 Hz değerindeki küçük eşleşme sabitleri ise uzun menzilli meta etkileşimleriyle uyumludur. Diğer taraftan δ 7.20 (td, J = 7.7, 1.3 Hz) ve 6.98 (td, J = 7.5, 1.3 Hz) ppm'de gözlenen sinyaller sırasıyla H-5 ve H-6 protonlarına atfedilmiştir. Bu protonların tripletin dubleti (td) yarılma düzeni göstermesi, komşu aromatik protonlarla gerçekleşen orto eşleşmelerin yanı sıra daha küçük meta eşleşmelerinin varlığını desteklemektedir. Aromatik protonların kimyasal kaymaları, yarılma düzenleri ve etkileşme sabitleri ile hidrazinil grubuna ait karakteristik –NH ve $–NH_2$ sinyalleri birlikte değerlendirildiğinde, elde edilen ^{1}H NMR verilerinin 2-hidrazinilbenzotiyazol (4) bileşiğinin önerilen moleküler yapısıyla uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 4).

Sentezlenen kinolin-benzotiyazol hibrit hidrazon türevi (5) bileşiğinin yapısal karakterizasyonu, DMSO-d_6 çözücüsünde kaydedilen ^{1}H NMR spektrumu (Şekil 5) kullanılarak değerlendirilmiştir. Spektrumda δ 12.18 ve 10.28 ppm'de gözlenen geniş singlet sinyaller, sırasıyla hidrazon bağlantısındaki –NH protonuna ve 8-hidroksikinolin birimindeki fenolik –OH protonuna atfedilmiştir. δ 8.56 ppm'de gözlenen singlet sinyal ise hidrazon grubunun karakteristik azometin (–CH=N–) protonuna karşılık gelmektedir. Özellikle başlangıç bileşiği 8-hidroksikinolin-5-karbaldehitte δ 10.15 ppm'de gözlenen aldehit protonuna ait sinyalin kaybolması ve δ 8.56 ppm'de azometin protonuna ait yeni bir singlet sinyalin ortaya çıkması, kondenzasyon reaksiyonunun gerçekleştiğini ve hedeflenen hidrazon bağlantısının oluştuğunu desteklemektedir.

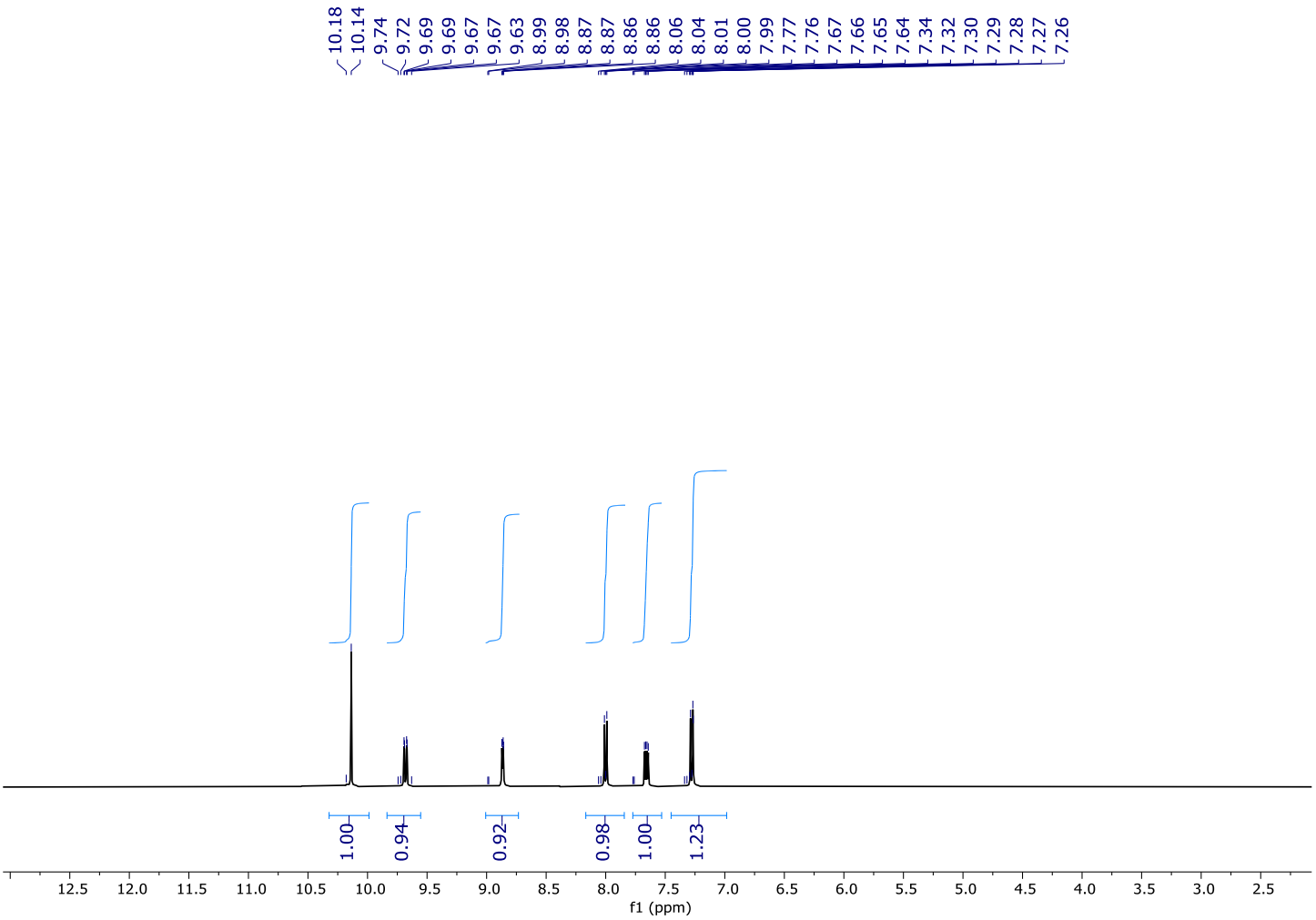
Kinolin halkasına ait aromatik protonlar incelendiğinde, δ 9.49 (d, J = 8.7 Hz) ve 8.96 (dd, J = 4.1, 1.6 Hz) ppm'de gözlenen sinyaller sırasıyla H-4 ve H-2 protonlarına atfedilmiştir. H-4 protonunun düşük alanda rezonans vermesi, kinolin halkasının elektronik özellikleri ve hidrazon grubunun etkisiyle ilişkilendirilebilir. Benzotiyazol ve kinolin halkalarına ait diğer aromatik protonlar ise δ 7.96–7.58 ppm aralığında multiplet (3H), δ 7.42 ppm'de geniş singlet (1H), δ 7.31 (t, J = 8.7 Hz, 1H), 7.18 (d, J = 8.1 Hz, 1H) ve 7.11 (t, J = 7.3 Hz, 1H) ppm'de gözlenmiştir. Aromatik bölgedeki sinyallerin kısmen örtüşmesi, iki farklı heteroaromatik sistemin aynı moleküler yapıda bulunmasıyla uyumludur.

Başlangıç bileşiği 2-hidrazinilbenzotiyazolün ^{1}H NMR spektrumunda δ 5.04 ppm'de gözlenen terminal $–NH_2$ grubuna ait geniş singlet sinyalin hedef bileşiğin spektrumunda bulunmaması, hidrazinil grubunun kondenzasyon reaksiyonuna katıldığını desteklemektedir. Bununla birlikte, hidrazinil grubuna ait –NH protonunun δ 9.05 ppm'den daha düşük alana kayması, hidrazon bağlantısının oluşumuyla birlikte protonun kimyasal çevresinin değiştiğini göstermektedir. Genel olarak aldehit ve terminal amino gruplarına ait karakteristik sinyallerin kaybolması, yeni azometin protonunun ortaya çıkması ve kinolin ile benzotiyazol halkalarına ait aromatik protonların gözlenmesi, hedeflenen kinolin–benzotiyazol hibrit hidrazon bileşiği (5)'in oluşumunu desteklemektedir. Sentezlenen kinolin–benzotiyazol hibrit hidrazon türevinin (5) yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi (HRMS) analizi, pozitif atmosferik basınçta kimyasal iyonizasyon ($APCI^+$) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kütle spektrumunda protonlanmış moleküler iyona $[M+H]^+$ ait pik m/z 321.08034 değerinde gözlenmiştir. $C_{17}H_{13}N_4OS^+$ iyonu için hesaplanan teorik m/z değeri 321.08046 olup deneysel ve teorik değerler

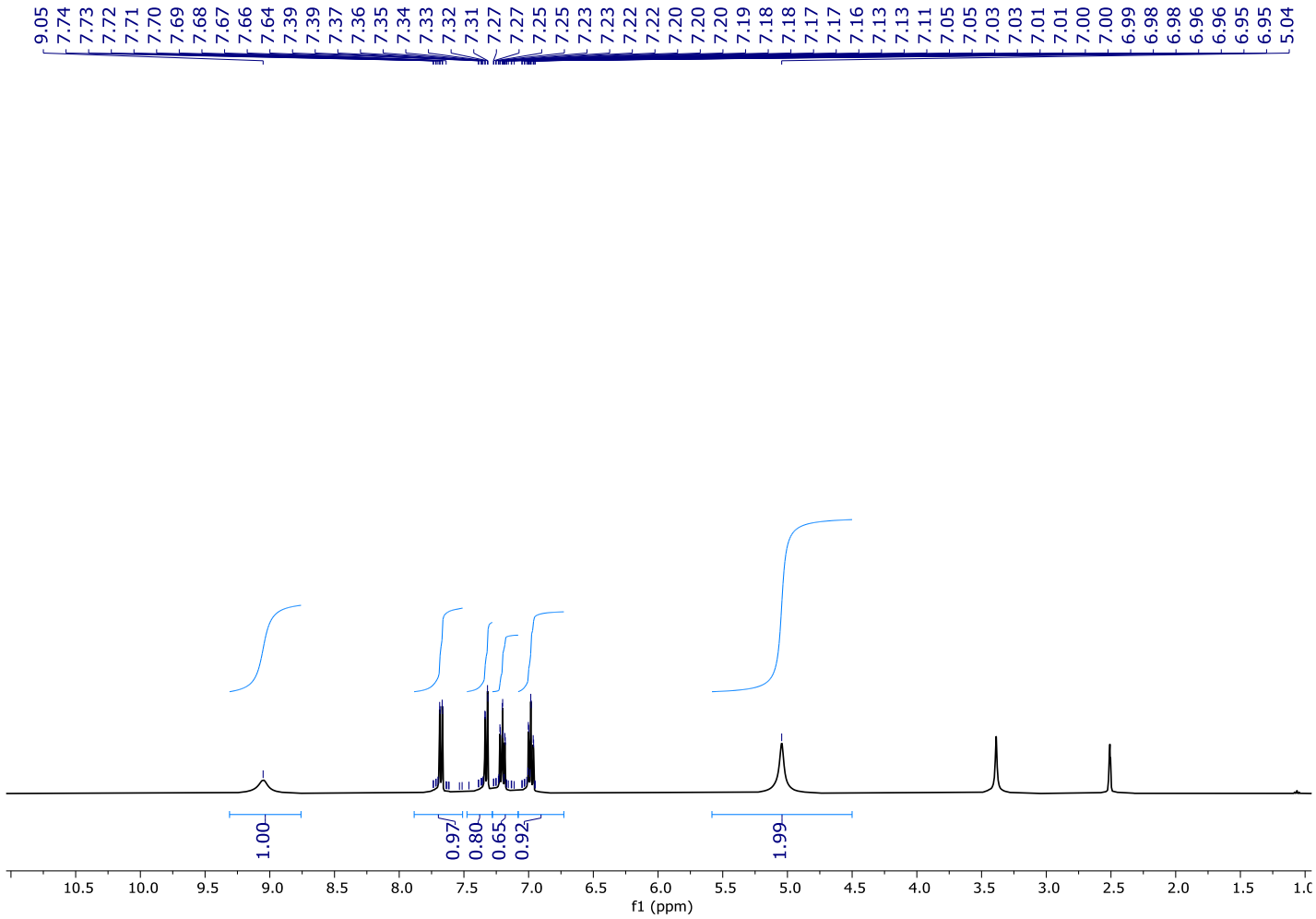
arasındaki kütle hatası −0.37 ppm olarak belirlenmiştir. Deneysel kütle değerinin teorik değerle yüksek uyum göstermesi, hedef bileşiğin $C_{17}H_{12}N_4OS$ moleküler formülünü güçlü biçimde desteklemektedir.



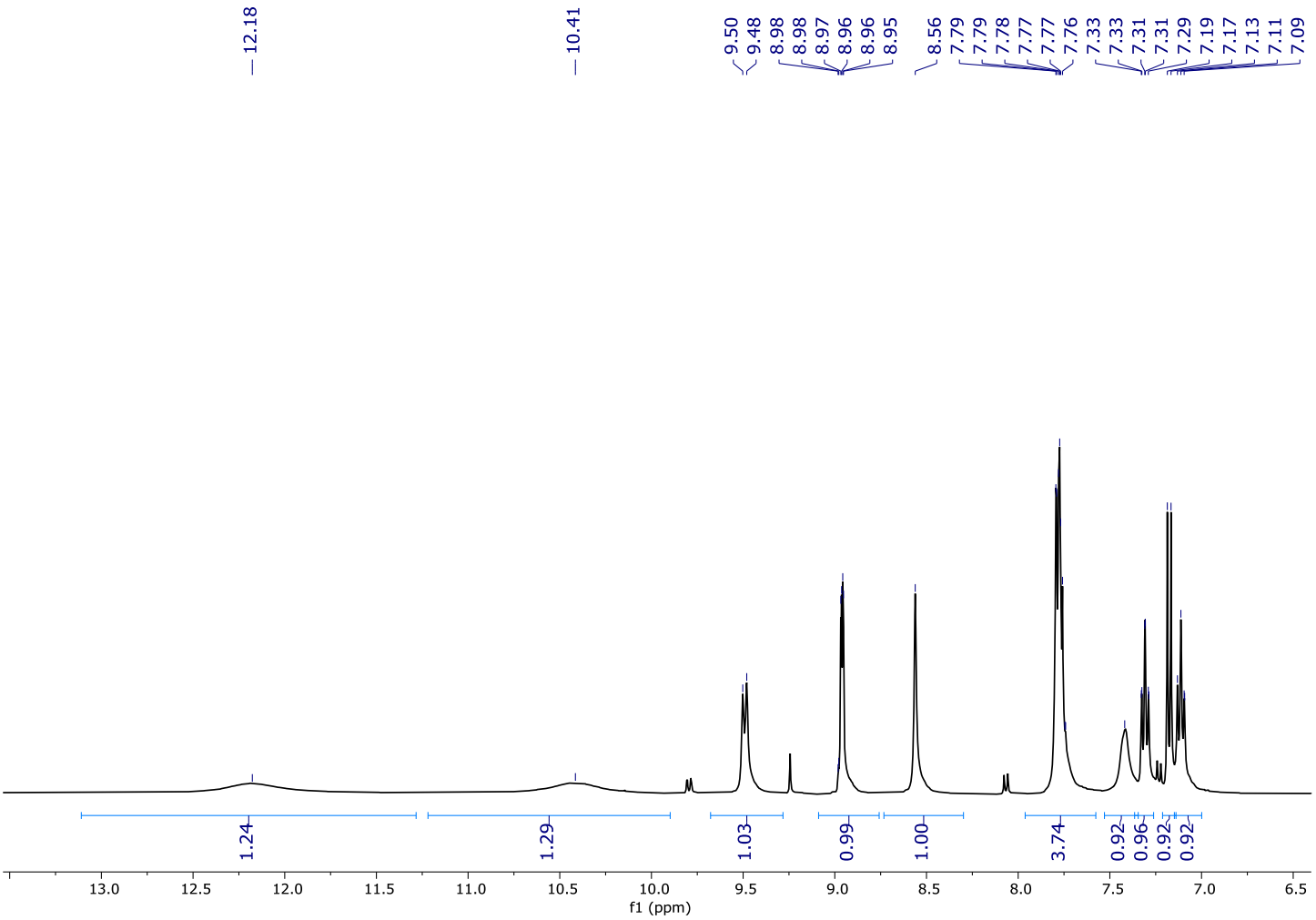
Şekil 2. Kinolin türevi **2**'nin ^{1}H NMR spektrumu (400 MHz, DMSO-d_6).



Şekil 3. Kinolin türevi **2**'nin ^{1}H NMR spektrumu (400 MHz, $CDCl_3$).



Şekil 4. 2-Hidrazinilbenzotiyazol ^{1}H NMR spektrumu (400 MHz, DMSO-d_6).



Şekil 5. Kinolin-benzotiyazol hibrit hidrazon türevinin ^{1}H NMR spektrumu (400 MHz, DMSO-d_6).

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında elde edilen spektroskopik bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, 8-hidroksikinolin ve benzotiyazol iskeletlerinin hidrazon bağlantısı üzerinden birleştirilmesine yönelik sentetik yaklaşımın hedeflenen moleküler yapının oluşturulmasında başarılı olduğu görülmektedir. Özellikle başlangıç bileşiklerine özgü proton sinyallerinin değişmesi ve hedef üründe azometin protonuna ait karakteristik sinyalin ortaya çıkması, reaksiyon sırasında gerçekleşen yapısal dönüşümü desteklemektedir. Yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi sonuçlarının önerilen moleküler formülle uyumlu olması da spektroskopik değerlendirmeyi tamamlayan önemli bir bulgudur.

Moleküler hibridizasyon açısından bu çalışmanın temel özelliği, farklı heteroatom dağılımlarına ve fonksiyonel gruplara sahip iki heteroaromatik sistemin ortak bir moleküler iskelette bütünleştirilmesidir. Kinolin ve benzotiyazol halkalarının hidrazon grubu aracılığıyla bağlanması, aromatik sistemler arasında konjugasyona uygun bir bağlantı oluştururken molekülün hidrojen bağı donör ve akseptör merkezleri bakımından çeşitlilik kazanmasını sağlamaktadır. Bu özellikler, molekülün olası biyolojik etkileşimlerinin değerlendirilmesi açısından yapısal bir temel oluşturmaktadır.

Literatürde kinolin-hidrazon ve benzotiyazol-hidrazon türevlerinin farklı biyolojik hedeflere yönelik araştırmalarda değerlendirilmiş olması, söz konusu moleküler tasarımın bilimsel gerekçesini desteklemektedir [5,8–10]. Bununla birlikte, moleküler hibridizasyon sonucunda elde edilen bir bileşiğin biyolojik özellikleri yalnızca içerdiği yapısal birimlerden hareketle kesin olarak öngörülemez. Biyolojik aktivite; molekülün üç boyutlu düzeni, elektronik özellikleri, çözünürlüğü ve hedef biyomoleküllerle gerçekleştirdiği etkileşimler gibi birçok parametreye bağlıdır. Dolayısıyla bu çalışmada ortaya konulan yapısal bulgular, sentezlenen hibrit hidrazon türevinin biyolojik etkinliğini kanıtlamaktan ziyade, ileride yapılacak deneysel araştırmalar için kimyasal bir temel sağlamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, moleküler hibridizasyon yaklaşımının kinolin ve benzotiyazol temelli heterosiklik sistemlerin bir araya getirilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir. Elde edilen hibrit hidrazon türevi, farklı heteroatom merkezlerini ve fonksiyonel grupları aynı moleküler yapıda bulundurması bakımından yeni türevlerin geliştirilmesine yönelik bir başlangıç iskeleti sunmaktadır. Çalışmanın devamında öncelikli olarak bileşiğin biyolojik aktivite profilinin deneysel yöntemlerle belirlenmesi önerilmektedir. Özellikle antimikrobiyal ve antiproliferatif etkilerin araştırılması, moleküler tasarımda esas alınan heterosiklik birimlerin hedef bileşiğin biyolojik davranışına olası katkılarının değerlendirilmesine olanak sağlayabilir. Elde edilecek sonuçlara göre kinolin ve benzotiyazol halkaları üzerinde farklı sübstitüentler taşıyan yeni türevlerin hazırlanması, yapı-aktivite ilişkilerinin ortaya konulması açısından önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, moleküler yapıda bulunan fenolik hidroksil grubu, hidrazon bağlantısı ve N ile S içeren heterosiklik merkezler, bileşiğin kimyasal sensör uygulamaları açısından da araştırılabileceğini düşündürmektedir. Özellikle ağır metal iyonlarıyla olası koordinasyon etkileşimlerinin ve çeşitli anyonlarla meydana gelebilecek hidrojen bağı veya proton transferi süreçlerinin incelenmesi önerilmektedir. Bu doğrultuda bileşiğin farklı metal iyonları ve anyonlar karşısındaki kolorimetrik ve floresans yanıtlarının, seçiciliğinin ve algılama sınırlarının UV-Vis ve floresans spektroskopisi yöntemleriyle değerlendirilmesi, potansiyel sensör özelliklerinin ortaya konulmasına katkı sağlayabilir.

Ayrıca hidrazon bağlantısının geometrik özelliklerinin ve molekülün olası tautomerik dengelerinin ileri analiz yöntemleriyle incelenmesi, yapısal karakterizasyonun geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Böylece sentezlenen bileşiğin biyolojik aktivite ve kimyasal sensör uygulamalarının yanı sıra moleküler yapı ile fizikokimyasal özellikler arasındaki ilişkiler bakımından da daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesi mümkün olacaktır. Sonuç olarak, elde edilen bulguların yeni kinolin-benzotiyazol hibritlerinin tasarlanmasına yönelik sonraki araştırmalara katkı sağlayabileceği ve sentezlenen bileşiğin hem potansiyel biyolojik özelliklerinin hem de metal iyonu ve anyon algılama kapasitesinin araştırılmasına temel oluşturabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Viegas-Junior, C., Danuello, A., Bolzani, V. S., Barreiro, E. J., & Fraga, C. A. M. (2007). Molecular hybridization: A useful tool in the design of new drug prototypes. Current Medicinal Chemistry, 14(17), 1829–1852. https://doi.org/10.2174/092986707781058805

[2] Mandewale, M. C., Thorat, B. R., Shelke, D., & Yamgar, R. (2015). Synthesis and biological evaluation of new hydrazone derivatives of quinoline and their Cu(II) and Zn(II) complexes against Mycobacterium tuberculosis. Bioinorganic Chemistry and Applications, 2015, Article 153015. https://doi.org/10.1155/2015/153015

[3] Oliveri, V., & Vecchio, G. (2016). 8-Hydroxyquinolines in medicinal chemistry: A structural perspective. European Journal of Medicinal Chemistry, 120, 252–274. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.05.007

[4] Gupta, R., Luxami, V., & Paul, K. (2021). Insights of 8-hydroxyquinolines: A novel target in medicinal chemistry. Bioorganic Chemistry, 108, 104633. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2021.104633

[5] Singh, H., Kumar, R., Yadav, R. K., Mazumder, A., Salahuddin, Chauhan, B., & Abdullah, M. M. (2023). Insight into the synthesis, biological activity, and structure-activity relationship of benzothiazole and benzothiazole-hydrazone derivatives: A comprehensive review. Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 23(5), 537–575. https://doi.org/10.2174/1389557522666220523110521

[6] Kashyap, P., Verma, S., Gupta, P., Narang, R., Lal, S., & Devgun, M. (2023). Recent insights into antibacterial potential of benzothiazole derivatives. Medicinal Chemistry Research, 32(8), 1543–1573. https://doi.org/10.1007/s00044-023-03077-z

[7] Paoletti, N., & Supuran, C. T. (2024). Benzothiazole derivatives in the design of antitumor agents. Archiv der Pharmazie, 357(9), e2400259. https://doi.org/10.1002/ardp.202400259

[8] Rollas, S., & Küçükgüzel, Ş. G. (2007). Biological activities of hydrazone derivatives. Molecules, 12(8), 1910–1939. https://doi.org/10.3390/12081910

[9] Ammar, Y. A., Micky, J. A., Aboul-Magd, D. S., Abd El-Hafez, S. M. A., Hessein, S. A., Ali, A. M., & Ragab, A. (2023). Development and radiosterilization of new hydrazono-quinoline hybrids as DNA gyrase and topoisomerase IV inhibitors: Antimicrobial and hemolytic activities against uropathogenic isolates with molecular docking study. Chemical Biology & Drug Design, 101(2), 245–270. https://doi.org/10.1111/cbdd.14154

[10] Coimbra, E. S., Antinarelli, L. M. R., de Oliveira Lemos, A. S., da Silva Neto, A. F., Pinheiro, A. C., & de Souza, M. V. N. (2024). Synthesis, biological evaluation and mechanism of action of benzothiazole derivatives with aromatic hydrazone moiety, a new class of antileishmanial compounds. Chemical Biology & Drug Design, 104(1), e14585. https://doi.org/10.1111/cbdd.14585

[11] Pinheiro, P. S. M., Franco, L. S., Montagnoli, T. L., & Fraga, C. A. M. (2024). Molecular hybridization: A powerful tool for multitarget drug discovery. Expert Opinion on Drug Discovery, 19(4), 451–470. https://doi.org/10.1080/17460441.2024.2322990

[12] Nehra, N., Tittal, R. K., & Ghule, V. D. (2021). 1, 2, 3-Triazoles of 8-hydroxyquinoline and HBT: Synthesis and studies (DNA binding, antimicrobial, molecular docking, ADME, and DFT). *ACS omega*, *6*(41), 27089.

MALATYA İLİ ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN CORİNE VERİLERİYLE BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Cansu YURTERİ[1]
[1]İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 06800 Ankara, Türkiye
Çalışma alanı: Jeoloji, hidrojeoloji, coğrafi bilgi sistemleri
E-posta: cansu.yurteri@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-4944-0168

Özet

Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsündeki (AK/AÖ) zamansal değişimlerin belirlenmesi; doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, ekosistem bütünlüğünün korunması açısından önem taşımaktadır. Bu değişimlerin izlenmesi, antropojenik faaliyetlerin arazi üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasının yanı sıra arazi kullanımına ilişkin planlama ve koruma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Sunulan çalışma, Malatya ilinde 1990–2018 döneminde gerçekleşen AK/AÖ değişimlerini CORINE (Çevresel Bilginin Koordinasyonu) arazi örtüsü verileri aracılığıyla belirlemeyi ve bu değişimlerin olası çevresel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Arazi örtüsünde meydana gelen değişimleri karşılaştırmalı olarak incelemek üzere CORINE sınıflandırma sisteminin birinci düzeyi esas alınmış; yapay bölgeler, tarımsal alanlar, orman ve yarı doğal alanlar, sulak alanlar ile su kütleleri olmak üzere beş temel sınıf Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında ele alınmıştır. Bu kapsamda, Malatya'daki arazi örtüsü dönüşümlerinin hangi sınıflarda yoğunlaştığının belirlenmesi ve gözlenen değişimlerin çevresel planlama ile sürdürülebilir arazi yönetimi açısından öneminin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Elde edilen bulgular, çalışma alanındaki yapay alanların yüzölçümünün 1990 yılında 65.86 km² iken 2018 yılında 116.5 km²'ye yükseldiğini ve bu dönemde bu alanların yaklaşık %76.9 oranında artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık, tarımsal alanların yüzölçümü 4.536,08 km²'den 4.395,6 km²'ye gerileyerek yaklaşık %3.10 oranında azaldığı belirlenmiştir. Orman ve yarı doğal alanların yüzölçümü 7.515,98 km²'den 7.583,2 km²'ye yükselmiş ve yaklaşık %0,89 oranında artış göstermiştir. Sulak alanların yüzölçümü 2,44 km²'den 2,9 km²'ye, su kütlelerinin yüzölçümü ise 160,85 km²'den 175,1 km²'ye yükselmiştir. Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, Malatya ilinde 1990–2018 döneminde AÖ/AK değişiminin özellikle yapay alanlardaki belirgin genişleme ve tarımsal alanlardaki daralma ile öne çıktığını göstermektedir. İl genelinde yapay alanlarda gözlenen belirgin artış, kentsel ve altyapısal gelişimin arazi örtüsü üzerindeki baskısının giderek arttığını göstermektedir. Söz konusu genişleme, geçirimsiz yüzeylerin artmasına bağlı olarak yüzeysel akışın artmasına, doğal habitatların daralmasına neden olarak ekosistem bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Tarımsal alanlarda eş zamanlı olarak gözlenen azalma ise verimli toprakların korunmasının ve arazi kullanımına ilişkin kararların sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda alınmasının önemini artırmaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulgular, özellikle yapay alanların genişlediği ve tarımsal alanların daraldığı bölgelerde AÖ değişimlerinin düzenli olarak izlenmesi ve planlama süreçlerinde söz konusu değişimlerin çevresel etkilerinin dikkate alınması gerektiğine işaret etmektedir. CORINE verileri, Malatya ilindeki arazi örtüsü değişimlerinin il ölçeğinde izlenmesi açısından önemli bir veri tabanı sunmakla birlikte, değişimlerin konumsal dağılımını ve arazi örtüsü sınıfları arasındaki dönüşümlerin ayrıntılı biçimde ortaya koyma konusunda sınırlılıklar barındırmaktadır. Bu doğrultuda, gelecekte gerçekleştirilecek çalışmalarda güncel arazi örtüsünün uydu görüntüleri aracılığıyla analiz edilmesi, sınıflar arasındaki dönüşümlerin ayrıntılı olarak incelenmesi ve elde edilen bulguların yerel ölçekte doğrulanması önem taşımaktadır. Bununla birlikte bu tür çalışmaların, arazi örtüsü değişimlerinin çevresel etkilerinin daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine ve sürdürülebilir arazi kullanımına yönelik planlama süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: CORINE, Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı, CBS, Çevresel Etkiler, Malatya.

ANALYSIS OF LAND USE AND LAND COVER CHANGE IN MALATYA PROVINCE USING CORINE DATA AND EVALUATION OF ITS ENVIRONMENTAL IMPACTS

Dr. Cansu YURTERİ[1]

[1]Ministry of Interior, Disaster and Emergency Management Authority, 06800 Ankara, Türkiye

Research Area: Geology, Hydrogeology, Geographic Information Systems

E-mail: cansu.yurteri@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-4944-0168

Abstract

Identifying temporal changes in Land Use/Land Cover (LU/LC) is important for the sustainable management of natural resources and the preservation of ecosystem integrity. Monitoring these changes helps reveal the effects of anthropogenic activities on land and contributes to the development of land-use planning and conservation strategies. This study aims to identify LULC changes in Malatya Province between 1990 and 2018 using CORINE (Coordination of Information on the Environment) land-cover data and to assess the potential environmental impacts of these changes. To compare changes in land cover, the first level of the CORINE classification system was used. The five main classes—artificial surfaces, agricultural areas, forests and semi-natural areas, wetlands, and water bodies—were examined in a Geographic Information Systems (GIS) environment. The study seeks to determine which classes experienced the greatest concentration of land-cover transitions in Malatya and to assess the significance of the observed changes for environmental planning and sustainable land management.

The results show that artificial surfaces in the study area expanded from 65.86 km² in 1990 to 116.5 km² in 2018, an increase of approximately 76.9%. Over the same period, agricultural land decreased from 4,536.08 km² to 4,395.6 km², a decline of about 3.10%. Forest and semi-natural areas grew from 7,515.98 km² to 7,583.2 km², representing an increase of approximately 0.89%. Wetlands expanded from 2.44 km² to 2.9 km², and water bodies increased from 160.85 km² to 175.1 km². Taken together, these changes indicate that land cover and land use in Malatya Province between 1990 and 2018 were shaped chiefly by the substantial growth of artificial surfaces and the reduction of agricultural land. The spread of artificial surfaces suggests increasing urban and infrastructure-related pressure on the province's land cover. By expanding impermeable areas, this development may increase surface runoff and diminish natural habitats, thereby placing ecosystem integrity at risk. The loss of agricultural land also highlights the need to safeguard fertile soils and ensure that land-use decisions adhere to sustainability principles. Accordingly, changes in land cover—especially where artificial surfaces are expanding as agricultural areas contract—should be monitored systematically, and their environmental consequences should be considered throughout the planning process. Although CORINE data provide a valuable basis for monitoring land-cover change across Malatya Province, their capacity to represent the spatial distribution of these changes and the specific transitions among land-cover classes is limited. Future research should use satellite imagery to assess current land cover, investigate transitions among land-cover classes in greater detail, and validate the findings at the local scale. Such studies could support a more comprehensive evaluation of the environmental consequences of land-cover change and inform scientifically grounded planning for sustainable land use.

Keywords: CORINE; Land Use/Land Cover; GIS; Environmental Effects, Malatya.

YÜKSEKÖĞRETİMDE ÜRETİCİ YAPAY ZEKÂ VE AKADEMİK DÜRÜSTLÜK: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ

Fatmanur Şahin[1] / Prof. Dr. Ali H. Işık[2]

[1]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, shnfatmanurr@gmail.com, 0009-0005-9455-0509

[2]Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, ahakan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0003-3561-9375

Özet

ChatGPT'nin 2022 sonunda kullanıma açılmasıyla üretici yapay zekâ (ÜYZ), yükseköğretimde akademik dürüstlüğün en çok tartışılan konularından biri hâline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, yükseköğretimde ÜYZ ve akademik dürüstlük ilişkisini ele alan araştırmaların yapısını, bilgi temelini ve zaman içindeki dönüşümünü bibliyometrik yöntemle incelemektir. Scopus veri tabanında 8 Ekim 2026 tarihinde yapılan aramayla 1.938 kayda ulaşılmış; ayıklama sonrasında 2023–2026 dönemine ait 1.253 İngilizce makale ve derleme analize dâhil edilmiştir. Performans analizi, anahtar kelime eş-oluşum ve ortak atıf analizleri ile dört temanın dönemsel dağılımını inceleyen sözlük temelli bir içerik analizi yapılmıştır. Yıllık yayın sayısı 2023'te 66 iken 2025'te 411'e yükselmiş, 2026'nın ilk dokuz ayında 563'e ulaşmıştır. ABD, Birleşik Krallık ve Avustralya en üretken ülkelerdir. Ortak atıf analizi bilgi temelinin dört kümeden oluştuğunu ve akademik dürüstlüğe özgü kaynakların ayrı ve daha yeni bir küme oluşturduğunu göstermiştir. Anahtar kelime analizinde akademik dürüstlük, ölçme tasarımı ve tespit kavramlarıyla aynı kümede yer almıştır. Tespit araçlarına değinen yayınların oranı %35'ten %15'e gerilerken politika ve yönetişim %39'dan %61'e, YZ okuryazarlığı ve pedagoji %36'dan %55'e yükselmiştir ($p < 0,001$; Cramér's $V = 0,11–0,19$). Bulgular, alanın risk ve tespit odaklı bir erken dönemden okuryazarlık, ölçme tasarımı ve yönetişim odaklı bir olgunlaşma dönemine geçtiğini göstermektedir. Türkiye adresli 16 yayının 13'ü 2025–2026'da yayımlanmıştır; ulusal bağlamda öğretim ve ölçme-değerlendirmeye odaklanan ampirik çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üretici yapay zekâ, Akademik dürüstlük, Yükseköğretim, Bibliyometrik analiz, Yapay zekâ okuryazarlığı

GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ACADEMIC INTEGRITY IN HIGHER EDUCATION: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Fatmanur Şahin[1] / Prof. Dr. Ali H. Işık[2]

[1]Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, shnfatmanurr@gmail.com, 0009-0005-9455-0509

[2]Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, ahakan@mehmetakif.edu.tr,

0000-0003-3561-9375

Abstract

Since the public release of ChatGPT in late 2022, generative artificial intelligence (GenAI) has become one of the most contested issues for academic integrity in higher education. This study examines the structure, knowledge base and evolution of research on GenAI and academic integrity in higher education using bibliometric methods. A search of the Scopus database on 8 October 2026 returned 1,938 records; after screening, 1,253 English-language articles and reviews published between 2023 and 2026 were analysed. Performance analysis, keyword co-occurrence and co-citation analyses, and a dictionary-based content analysis of four themes across periods were conducted. Annual output rose from 66 publications in 2023 to 411 in 2025 and reached 563 in the first nine months of 2026. The United States, the United Kingdom and Australia were the most productive countries. Co-citation analysis revealed a knowledge base of four clusters, in which integrity-specific sources formed a distinct and more recent cluster. In the keyword analysis, academic integrity was grouped with assessment design and detection. The share of publications addressing detection tools fell from 35% to 15%, while policy and governance rose from 39% to 61% and AI literacy and pedagogy from 36% to 55% ($p < 0.001$; Cramér's $V = 0.11–0.19$). The findings indicate that the field has moved from an early phase focused on risk and detection to a maturing phase centred on literacy, assessment design and governance. Thirteen of the 16 publications with a Türkiye address appeared in 2025–2026, pointing to a need for empirical studies on teaching and assessment in the national context.

Keywords: Generative artificial intelligence, Academic integrity, Higher education, Bibliometric analysis, AI literacy.

GRAFİK TASARIM PROGRAMLARINDA SİMGESEL ÖĞRENME, ARAYÜZ DÖNÜŞÜMÜ VE KULLANICI DENEYİMİ: PHOTOSHOP, ILLUSTRATOR VE FİGMA ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Öğrencisi, Sedat ALTUĞ[1] / Doç. Dr., Cengiz ŞAHİN[2]

[1]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat ve Tasarım Anabilim Dalı, sedataltug23@aybu.edu.tr, ORCID: 0009-0009-0439-7010

[2]Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakültesi, Görsel İletişim Tasarımı Bölümü, cengizsahin@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8348-0913

Özet

Bu çalışma, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator ve Figma arayüzlerinde kullanılan ikon, sembol ve görsel geri bildirim öğelerini simgesel öğrenme ve kullanıcı deneyimi (UX) açısından kuramsal olarak incelemektedir. Araştırma; görsel algı psikolojisi, Gestalt ilkeleri, göstergebilim, ikili kodlama ve bilişsel yük yaklaşımlarını temel alan nitel bir literatür taraması, betimsel analiz ve karşılaştırmalı yazılım arayüzü incelemesine dayanmaktadır. Bu bağlamda simgesel öğrenme, kullanıcının bir görsel işareti belirli bir işlev, kavram veya eylemle ilişkilendirerek zihinsel bir şema oluşturması ve bu eşleşmeyi sonraki etkileşimlerde kullanması anlamında ele alınmıştır. Çalışmada Photoshop'un fiziksel araç metaforlarına dayanan ikonografisi, Illustrator'ın vektörel ve geometrik temsil sistemi ve Figma'nın bileşen, Auto Layout, gerçek zamanlı imleç ve iş birliği odaklı arayüz dili karşılaştırılmıştır. Skeuomorfik tasarımdan düz tasarıma geçiş; tanıdıklık, görsel ekonomi, zihinsel model ve öğrenilebilirlik bağlamında değerlendirilmiş; arayüz simgelerinin kullanıcı deneyimini destekleme biçimleri mevcut literatürle ilişkilendirilmiştir. Tezin son bölümlerinde üretken yapay zekâ, derin öğrenme ve sembolik yapay zekâ yaklaşımlarının grafik tasarım araçlarındaki simgesel etkileşimi nasıl dönüştürdüğü tartışılmıştır. İnceleme, kullanıcı–yazılım etkileşiminin sabit araç ikonlarından doğal dil komutları, bağlamsal öneriler ve üretken arayüzlere doğru genişlediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Grafik Tasarım, Görsel Algı, Kullanıcı Deneyimi (UX), Simgesel Öğrenme, Yapay Zekâ.

SYMBOLIC LEARNING, INTERFACE TRANSFORMATION, AND USER EXPERIENCE IN GRAPHIC DESIGN SOFTWARE: CASE OF PHOTOSHOP, ILLUSTRATOR, AND FIGMA

Master's Student, Sedat ALTUĞ[1] / Assoc. Prof. Dr., Cengiz ŞAHİN[2]

[1]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Graduate School of Social Sciences, Department of Art and Design, sedataltug23@aybu.edu.tr, ORCID: 0009-0009-0439-7010

[2]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Architecture and Fine Arts, Department of Visual Communication Design, cengizsahin@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8348-0913

Abstract

This study theoretically examines the icons, symbols, and visual feedback elements used in Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, and Figma interfaces in terms of symbolic learning and user experience (UX). The research is based on a qualitative literature review, descriptive analysis, and comparative software-interface examination grounded in visual perception psychology, Gestalt principles, semiotics, dual coding, and cognitive load approaches. In this study, symbolic learning refers to the process by which a user associates a visual sign with a particular function, concept, or action, forms a mental schema, and reuses this association in later interactions. The study compares Photoshop's iconography based on physical-tool metaphors, Illustrator's vector and geometric representation system, and Figma's interface language centered on components, Auto Layout, real-time cursors, and collaboration. The transition from skeuomorphic to flat design is evaluated in relation to familiarity, visual economy, mental models, and learnability, while the role of interface icons in supporting user experience is discussed in light of existing literature. The final sections discuss how generative artificial intelligence, deep learning, and symbolic AI are transforming symbolic interaction in graphic design tools. The analysis suggests that user–software interaction is expanding from fixed tool icons toward natural-language commands, contextual suggestions, and generative interfaces.

Keywords: Artificial Intelligence, Graphic Design, Symbolic Learning, User Experience (UX), Visual Perception.

GİRİŞ

Günümüz dijital bilgi toplumunda grafik tasarım yazılımları, görsel fikrin zihinsel kurgusundan fiziksel ya da dijital çıktıya dönüştürülmesinde temel üretim ortamlarıdır. Bu ortamlarda kullanıcı ile yazılım arasındaki iletişim, büyük ölçüde arayüzde sunulan ikonlar, semboller, dinamik imleçler ve görsel geri bildirim mekanizmaları aracılığıyla yürütülmektedir. Bu araştırmanın temel amacı, endüstri standardı olarak kabul edilen Adobe Photoshop, Adobe Illustrator ve Figma arayüzlerinde kullanılan ikonografi ve görsel temsil sistemlerini; kullanıcıların bu öğeleri tanıma, anlamlandırma, hatırlama ve farklı yazılımlara aktarma süreçleri ile kullanıcı deneyimi (UX) bağlamında kuramsal olarak incelemektir.

Çalışma, deneysel bir nicel etki ölçümü veya ampirik test iddiası taşımamakta; simgesel öğrenme, bilişsel yük, zihinsel model, sağlarlık (affordance) ve göstergebilim yaklaşımları üzerinden karşılaştırmalı bir arayüz analizi sunmaktadır. Araştırma kapsamı; piksel tabanlı görüntü işlemenin temsilcisi Adobe Photoshop, vektörel çizim hassasiyetinin temsilcisi Adobe Illustrator ve bulut tabanlı kolektif arayüz tasarımının temsilcisi Figma ile sınırlandırılmıştır.

Grafik tasarım yazılımlarındaki ikonografi; görsel algı psikolojisi, göstergebilim, bilişsel yük ve kullanıcı deneyimi literatüründe sıklıkla tekil boyutlarıyla ele alınmaktadır. Buna karşın, yazılım arayüzlerinin ontolojik yapıları (raster, vektör, bileşen/bulut) ile kullanıcının zihninde oluşturduğu öğrenme şemaları arasındaki ilişkiyi bütüncül bir kuramsal çerçevede inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda araştırmanın temel problemi; söz konusu yazılımlardaki simgesel öğelerin kullanıcı tarafından nasıl anlamlandırıldığını ve arayüz paradigma değişimlerinin bu öğrenme sürecine nasıl yansıdığını açıklamaktır.

Bu temel problem doğrultusunda bildiride yanıt aranan alt problemler şunlardır:

Alt Problem 1: Grafik tasarım yazılımlarındaki simgesel arayüz öğeleri, kullanıcıların bilişsel yükü, tanıma ve hatırlama süreçleri bağlamında nasıl açıklanabilir?

Alt Problem 2: Adobe Photoshop, Adobe Illustrator ve Figma'nın ikonografik sistemleri, öğrenilebilirlik, zihinsel model ve kullanıcı deneyimi açısından hangi kuramsal farklılıkları göstermektedir?

Alt Problem 3: Skeuomorfik tasarımdan düz tasarıma (flat design) geçiş, kullanıcıların simgeleri tanıma, anlamlandırma ve öğrenme biçimlerini nasıl dönüştürmektedir?

Alt Problem 4: Yapay zekâ destekli tasarım araçlarında doğal dil komutları (prompting), bağlamsal öneriler ve üretken arayüzler, geleneksel simgesel öğrenme ile kullanıcı deneyimi ilişkisini nasıl dönüştürmektedir?

Bu çalışmada simgesel öğrenme kavramı; bir kullanıcının görsel bir işareti, ikonu veya sembolü belirli bir işlev, kavram ya da eylemle ilişkilendirerek zihinsel bir şema oluşturması; bu eşleşmeyi deneyim ve tekrar yoluyla kalıcı hâle getirmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Bruner, 1966; Rumelhart, 1980). Simgesel öğrenme, yalnızca eğitim bilimlerindeki soyut temsil düzeyini değil, grafik yazılımlarında ikonların tanınması, anlamlandırılması ve öğrenme transferi süreçlerini kapsayan işlevsel bir çerçevedir.

Grafik tasarımda simgesel öğrenmenin hayati önem taşımasının temel nedenleri şunlardır:

Bilişsel Tasarruf ve Hız: İnsan beyni görsel sembolleri metinsel ifadelere kıyasla çok daha hızlı işler (Paivio, 1971; Ware, 2004). Simgesel öğrenme sayesinde kullanıcılar, menü metinlerini okumak yerine ikonlar aracılığıyla milisaniyeler içinde işlem gerçekleştirir.

Evrensel İletişim Dili: Dilsel bariyerleri aşan piktografik ve ikonik göstergeler, farklı kültürlerden bireylerin ortak bir dijital çalışma alanında buluşmasını sağlar.

Hata Payının Azaltılması: Doğru simgesel eşleşmeler, kullanıcının zihnindeki eylem beklentisi ile sistemin çıktısı arasındaki boşluğu kapatarak etkileşim hatalarını minimize eder (Norman, 2013).

Öğrenme Transferi: Yazılımlar arasında standartlaşan simge dilleri (ör. büyüteç = arama/yakınlaşma), bir platformda edinilen zihinsel şemanın diğerine aktarılmasını sağlar.

1. SİMGESEL ÖĞRENMENİN BİLİŞSEL VE GÖSTERGEBİLİMSEL TEMELLERİ

1.1. Jerome Bruner ve Temsil Modları

Simgesel öğrenmenin gelişimsel ve bilişsel temelleri Jerome Bruner'ın (1966) Temsil Modları kuramına dayanır. Bruner, bilginin zihinde yapılandırılmasını üç aşamalı bir hiyerarşiyle açıklar.

Eylemsel (Enactive) Temsil: Bilginin kas hareketleri ve doğrudan fiziksel/dijital eylemlerle öğrenilmesi (ör. fare ile bir nesneyi sürükleme).

İmgesel (Iconic) Temsil: Bilginin resimler, grafikler ve görsel imgeler yoluyla zihinde kodlanması (ör. araç çubuğundaki fırça ikonu).

Sembolik (Symbolic) Temsil: Bilginin soyut semboller, dil, kısayol kodları ve mantık kuralları ile temsil edilmesi (ör. Ctrl+B komutu veya soyut vektör kodları).

Grafik tasarım programları, kullanıcının eylemsel (tıklama/sürükleme), imgesel (ikonu tanıma) ve sembolik (kısayol ve işlev mantığı) modlarını senkronize bir şekilde çalıştırmasını gerektiren gelişmiş bilişsel yüzeylerdir.

1.2. Bilişsel Yük Teorisi ve İkili Kodlama

John Sweller (1988) tarafından geliştirilen Bilişsel Yük Teorisi, insan çalışma belleğinin (working memory) sınırlı kapasitesine odaklanır. Yazılım arayüzlerindeki karmaşık metin menüleri yüksek dışsal bilişsel yük (extraneous cognitive load) yaratırken, resim üstünlüğü etkisi (picture superiority effect) sunan ikonlar bilgiyi paketleyerek çalışma belleğindeki zihinsel çabayı optimize eder.

Allan Paivio'nun (1971) İkili Kodlama Teorisi (Dual Coding Theory) ise zihnin bilgiyi hem sözel (verbal) hem de görsel (non-verbal) kanallar üzerinden işlediğini savunur. Arayüzde bir ikonun metin etiketi veya tooltip ile birlikte sunulması (ör. Brush Tool [B]), bilginin uzun süreli belleğe (long-term memory) çift kanaldan kodlanmasını ve geri çağrılma hızının artmasını sağlar.

1.3. Gestalt İlkeleri ve Görsel Algı Psikolojisi

Arayüzdeki ikonografik sistemlerin algılanmasında Gestalt psikolojisinin temel yasaları belirleyicidir (Wertheimer, 1923; Koffka, 1935; Köhler, 1947).

Şekil-Zemin (Figure-Ground) İlişkisi: İkonun arka plan paneli içerisinden net bir biçimde ayrışması ve görsel odak noktası oluşturması.

Yakınlık (Proximity) İlkesi: İlişkili araç ikonlarının araç çubuğunda gruplandırılarak (ör. seçim araçlarının üstte toplanması) tek bir zihinsel küme olarak algılanması.

Benzerlik (Similarity) İlkesi: Aynı kategorideki ikonların görsel stil, çizgi kalınlığı ve renk dili açısından tutarlı tasarlanarak işlevsel akrabalık kurulması.

Kapanış (Closure) İlkesi: Eksik veya soyut hatlara sahip minimalist ikonların insan zihni tarafından tamamlanarak bütünsel bir form olarak algılanması.

1.4. Göstergebilimsel Çerçeve: Saussure, Peirce ve Barthes

Grafik tasarımda ikonların anlam inşa süreçleri göstergebilimsel (semiyotik) kuramlarla açıklanmaktadır. Ferdinand de Saussure'ün (1916) Gösteren (signifier - ikonun görsel formu) ve Gösterilen (signified - temsil edilen işlev) ikiliği, arayüzdeki zihinsel eşleşmenin temelini oluşturur.

Charles Sanders Peirce'ün (1931) üçlü gösterge sınıflandırması, arayüz ikonlarının niteliğini çözümlemede kritik araçtır.

İkonik Gösterge: Temsil ettiği nesneyle birebir fiziksel/görsel benzerlik kuran göstergeler (ör. fotoğraf makinesi veya makas ikonu).

İndeksel Gösterge: Temsil ettiği işlevle neden-sonuç veya varlık ilişkisi kuran göstergeler (ör. renk seçimi için damlalık ikonu).

Sembolik Gösterge: Fiziksel benzerliği bulunmayan, anlamı toplumsal uzlaşı veya arayüz konvansiyonu ile öğrenilen göstergeler (ör. Bluetooth veya katman elmas ikonu).

Roland Barthes'ın (1977) Düzanlam (denotation) ve Yananlam (connotation) ayrımı ise, bir ikonun ilk bakıştaki yalın nesne anlamı ile kültürel bağlamda kazandığı ikincil anlamların (ör. ayarlar için kullanılan mekanik dişli çarkın karmaşık sistem yönetimine işaret etmesi) dengesini açıklar.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE YAPILANDIRILMASI

2.1. Araştırma Modeli

Bu araştırma, nitel araştırma paradigması çerçevesinde yürütülen kuramsal ve betimsel bir incelemedir. Araştırma modeli; görsel algı, göstergebilim, bilişsel bilimler ve insan-bilgisayar etkileşimi (HCI) literatüründen elde edilen kuramsal çerçevenin, endüstri standardı grafik tasarım yazılımlarının güncel arayüz pratiklerine tümdengelimsel bir yaklaşımla uygulanmasına dayanmaktadır.

2.2. Veri Toplama Yöntemi ve İnceleme Nesneleri

Araştırmada veriler literatür taraması ve yazılımların doğrudan arayüz incelemesi ve vaka analizi yoluyla toplanmıştır.

İnceleme nesnelerinin seçiminde yazılımların temsil ettikleri ontolojik paradigmalar esas alınmıştır.

Adobe Photoshop: Piksel/raster tabanlı görüntü işleme ve karanlık oda metaforları.

Adobe Illustrator: Vektörel hassasiyet, Bezier geometrisi ve soyut çizim araçları.

Figma: Bulut tabanlı mimari, bileşen hiyerarşisi (Atomic Design), Auto Layout ve eşzamanlı kolektif çalışma.

2.3. Veri Analiz Süreci ve Sınırlılıklar

Toplanan veriler betimsel analiz yöntemiyle kategorize edilmiştir. Arayüz incelemelerinden elde edilen bulgular; bilişsel yük, öğrenilebilirlik, zihinsel model uyumu, sağlarlık ve göstergebilimsel kategoriler altında karşılaştırmalı matrislere dönüştürülmüştür.

Araştırma belirtilen üç yazılımla sınırlandırılmıştır. CorelDRAW, Sketch veya Canva gibi uygulamalar/programlar dâhil edilmemiştir. Çalışma ampirik/deneysel kullanıcı testi veya göz izleme (eye-tracking) verisi içermemektedir. Kuramsal sentez düzeyindedir. Yapay zekâ değerlendirmeleri 2024-2026 dönemi teknolojilerini yansıtmaktadır.

3. GRAFİK TASARIM PROGRAMLARININ KARŞILAŞTIRMALI SİMGESEL ANALİZİ

3.1. Adobe Photoshop: Karanlık Oda Metaforu ve İkonik Süreklilik

Adobe Photoshop'un simgesel dili, tarihsel kökenleri itibariyle geleneksel fotoğrafçılık ve analog karanlık oda pratiklerine dayanmaktadır. Yazılım, fiziksel dünyada var olan araç ve teknikleri dijital ikonlar olarak yeniden üreterek güçlü bir tanıdıklık (familiarity) köprüsü kurar.

Photoshop arayüzündeki temel ikonografik yapılar şunlardır.

Rötuş ve Manipülasyon İkonları: Damlalık (Eyedropper - renk alma), Yama (Patch - doku aktarımı) ve Mühür (Clone Stamp - piksel kopyalama) ikonları, kullanıcının fiziksel dünyadaki onarma eylemlerini dijital düzleme taşır.

Işık ve Ton Kontrolü: Yakma (Burn) ve Soldurma (Dodge) araçları, isimlerini ve biçimsel ikonlarını doğrudan karanlık odada pozlama süresine müdahale eden fiziksel maskeleme aparatlarından alır.

Katmanlar ve Maskeler: Fiziksel asetat kâğıtlarının üst üste binmesi metaforuna dayanan katman (layer) paneli, karmaşık bir görsel kompozisyonu parçalara ayırarak yönetilebilir kılar (Manovich, 2013).

3.2. Adobe Illustrator: Vektörel Soyutlama ve Bezier Geometrisi

Adobe Photoshop'un aksine Adobe Illustrator, fiziksel dünyada doğrudan karşılığı bulunmayan matematiksel ve geometrik bir gerçekliği (vektör) temsil eder. Bu nedenle Illustrator'ın simgesel dili daha soyut, teknik ve inşa edicidir (constructive).

Pen Tool (Kalem Aracı) Fenomenolojisi: Illustrator'ın merkezinde yer alan dolma kalem ikonu, karmaşık vektörel eğri denklemlerinin (Bezier eğrileri) görsel temsilidir. Kullanıcı, tuval üzerinde beliren Düğüm Noktaları (Anchor Points) ve Tutamaçlar (Handles) aracılığıyla matematiksel bir fonksiyonu esnek bir ipi büker gibi yönetir.

Geometrik Hassasiyet İkonları: Makas (Scissors - yolu bölme), Yol Bulucu (Pathfinder - geometrik küme işlemleri) ve Şekil Oluşturucu (Shape Builder) ikonları, kullanıcının doğrudan matematiksel form birleşimi üzerinden zihinsel model kurmasını sağlar.

3.3. Figma: Bulut Tabanlı Kolektif Tasarım ve Bileşen Semantiği

Figma, ekran tasarımı ve kullanıcı deneyimi alanında geleneksel dosya merkezli üretim modelini bulut tabanlı canlı etkileşim modeline dönüştürmüştür. Figma'nın simgesel arayüz dili, tekil çizim araçlarından ziyade sistem etiğine, hiyerarşiye ve iş birliğine odaklanır (Toksöz, 2026).

Gerçek Zamanlı İmleçler (Multiplayer Cursors): Arayüzde diğer kullanıcıların isimleriyle hareket eden renkli imleçler, dijital arayüz tarihindeki en güçlü varlık göstergeleridir (sense of presence).

Atomik Tasarım ve Bileşen Hiyerarşisi: Figma, Atomic Design prensiplerini (Frost, 2016) simgesel dile taşır. Dörtlü dolu elmas ikonu Ana Bileşeni (Main Component), tekil içi boş elmas ikonu ise Kopyayı (Instance) temsil ederek kullanıcının nesne kalıtım hiyerarşisini giren görmesini sağlar.

Auto Layout Göstergeleri: Nesnelerin esnek hizalama ve katman davranışlarını parametrik simgelerle sunarak karmaşık CSS kutu modelini sezgisel bir görsel koda dönüştürür.

3.4. Karşılaştırmalı Arayüz Matrisi

Üç yazılımın simgesel temsil sistemleri, zihinsel modelleri ve kullanıcı deneyimi boyutları Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir.

Tablo 1. Yazılımların simgesel temsil sistemleri, zihinsel modelleri ve kullanıcı deneyimi boyutları

İnceleme Boyutu	Adobe Photoshop	Adobe Illustrator	Figma
Ontolojik Temel & Veri Yapısı	Piksel/Raster (Görüntü İşleme)	Vektör (Geometrik/Matematiksel)	Bulut / Bileşen Tabanlı (UI/UX)
Simgesel Temsil & Metaforlar	Karanlık oda, fiziksel rötuş araçları (Mühür, Damlalık)	Soyut matematiksel çizim, Pen Tool, Bezier eğrileri	Atomik tasarım, bileşen elmasları, Auto Layout
Zihinsel Model & Baskın Yaklaşım	Fiziksel dünya nesnelerini taklit ve manipülasyon	Geometrik form inşa etme ve vektörel hassasiyet	Sistemik hiyerarşi, prototipleme ve canlı iş birliği
Öğrenme Eğrisi & Başlangıç Bariyeri	Düşük/Orta (Karanlık oda metaforik aşinalığı yüksek)	Yüksek (Bezier eğrileri soyut öğrenme gerektirir)	Düşük (Yalın UI ve sezgisel bileşen mantığı)

4. ARAYÜZ PARADİGMALARININ DÖNÜŞÜMÜ VE KULLANICI DENEYİMİ (UX)

4.1. Skeuomorfizmden Düz Tasarıma Bilişsel Geçiş

Dijital kullanıcı arayüzlerinin tarihsel evriminde en radikal kırılma, skeuomorfik tasarımdan düz tasarıma (flat design) geçiş sürecidir. Dijitalleşmenin ilk evrelerinde benimsenen skeuomorfizm, dijital arayüz öğelerinin fiziksel dünyadaki nesne dokularını (deri, ahşap, gölge, cam) taklit etmesi esasına dayanıyordu (Norman, 2013). Bu yaklaşım, dijital okuryazarlığı düşük kullanıcılar için güçlü bir kognitif köprü kurmuş ve sağlarlığı (affordance) artırmıştır.

Kullanıcıların dijital konvansiyonları öğrenmesi ve zihinsel modellerin olgunlaşmasıyla birlikte, süslemeci detaylardan arındırılmış düz tasarım dönemi başlamıştır. Düz tasarım, nesne taklidi yerine tipografi, basit geometrik formlar, canlı renkler ve yüksek görsel ekonomi sunar (İşbilen, 2022; Demirkale Kukuoğlu, 2022). Bu geçiş, simgesel öğrenmeyi fiziksel nesneyi tanıma modelinden dijital koda ve konvansiyona adapte olma modeline evriltmiştir.

4.2. Sağlarlık (Affordance) ve Norman'ın Zihinsel Modelleri

Donald Norman (2013) ve James J. Gibson'ın (1979) kavramsallaştırdığı sağlarlık (affordance), bir nesnenin formunun onun nasıl kullanılacağına dair sunduğu görsel ipucudur. Arayüz tasarımında ikonlar, kullanıcının zihnindeki eylem beklentisiyle örtüşen birer sağlarlık göstergesidir.

Jakob Nielsen'in (1994) Jakob Yasası (Jakob's Law) uyarınca kullanıcılar, yeni bir uygulamanın zihinlerindeki mevcut diğer dijital platformlarla aynı mantıkta çalışmasını beklerler. Bu durum, Arama için büyüteç, Ayarlar için dişli çark, Gizli Menü için hamburger menü gibi evrensel standart ikonların kullanılmasını zorunlu kılar. Standartların dışına çıkılması, kullanıcı deneyiminde bilişsel sürtünmeye (cognitive friction) ve öğrenme bariyerlerine yol açar.

4.3. Standartlaşma, Kültürel Bağlam ve Erişilebilirlik (WCAG)

Arayüz ikonlarının evrensel kabulü (ISO 7001 ve AIGA standartları), küresel etkileşimi kolaylaştırsa da kültürel bağlamdan bağımsız değildir (Yasa, 2012; Kahraman & Toy, 2017). Örneğin sağdan sola yazılan dillerde

(Arapça, İbranice) yönsel ikonların aynalanması (mirroring) gerekmektedir. Ayrıca, kültürel fosil hâline gelen ikonlar (ör. hiç fiziksel disket görmemiş genç kuşakların disket ikonunu kaydet olarak öğrenmesi) semantik sürekliliğin en somut kanıtıdır.

Erişilebilirlik (WCAG 2.1) ve kapsayıcı tasarım ilkeleri uyarınca, arayüz simgelerinin yalnızca renkle değil biçimsel kontrastla desteklenmesi, görme engelliler için ekran okuyucu alt metinleri (alt-text) içermesi ve zihinsel aşırı yük yaratmayacak sadelikte kurgulanması etik ve teknik bir zorunluluktur.

5. YAPAY ZEKÂ, SEMBOLİK YAPAY ZEKÂ VE GELECEK YÖNELİMLERİ

5.1. Üretken Yapay Zekâ ve Prompt Engineering

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojileri (Adobe Firefly, Midjourney, DALL-E, Canvas AI), grafik tasarım yazılımlarını pasif birer araç olmaktan çıkarıp aktif birer üretim ortağı (co-creator) konumuna taşımıştır (Miller, 2019; Maeda, 2019). Üretken yapay zekâ (Generative AI) ile birlikte kullanıcı etkileşimi, sabit araç ikonlarına tıklama eyleminden doğal dil komutları yöneltmeye (prompting) doğru kaymaktadır.

Prompt Engineering, kullanıcının zihnindeki görsel kurguyu metinsel ve semantik bir kodlama diliyle yapay zekâya iletme sürecidir. Bu süreç, simgesel öğrenmeyi görsel işaretleri tanıma boyutundan görsel terminoloji ve kavramsal yönlendirme kurma boyutuna genişletmektedir.

5.2. Derin Öğrenme ve Sembolik Yapay Zekâ (Nöro-Sembolik Yaklaşım)

Kavramsal bir netlik sağlamak amacıyla: Tezin ilk bölümlerinde simgesel öğrenme insan kullanıcının ikonları zihinsel şemalarla eşleştirmesini ifade ederken; yapay zekâ literatüründe sembolik yapay zekâ (symbolic AI), bilginin açık kurallar, semboller ve mantıksal önermelerle temsil edilmesini ifade eder (Marcus, 2020).

Güncel yapay zekâ araştırmaları, veri odaklı derin öğrenme (bağlantıcılık) ile kural odaklı sembolik yapay zekâyı birleştiren Nöro-Sembolik (Neuro-Symbolic) hibrit sistemlere yönelmektedir. Derin öğrenme katmanı görsel verideki karmaşık pikselleri algılarken, sembolik katman tasarım kurallarını (hizalama, renk teorisi, hiyerarşi) mantıksal çerçevede denetler. Bu iki paradigma Tablo 2'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Veri odaklı derin öğrenme (bağlantıcılık) ile kural odaklı sembolik yapay zekânın karşılaştırılması

Karşılaştırma Parametresi	Derin Öğrenme (Deep Learning)	Sembolik Yapay Zekâ (Symbolic AI)
Veri ve Eğitim İhtiyacı	Çok yüksek (milyonlarca görsel veri seti)	Düşük (kural ve mantık tanımlaması yeterli)
Temsil Biçimi	Vektörler, istatistiksel ağırlıklar ve pikseller	Açık semboller, kural ağları (if-then)
Akıl Yürütme ve Şeffaflık	İstatistiksel olasılık, kara kutu (black box)	Biçimsel mantık, açık ve izlenebilir süreç
Tasarım Arayüzündeki Rolü	Üretken piksel/vektör sentezi (ör. Firefly)	Tasarım kurallarının denetimi ve hiyerarşi

5.3. Etik Sorunlar, Veri Seti Önyargıları ve Gelecek Yönelimleri

Yapay zekâ destekli simgesel tasarım, muazzam bir hız sağlarken ciddi etik ve sosyolojik sorunları da beraberinde getirmektedir. Üretken modellerin eğitildiği küresel veri setleri; toplumsal cinsiyet stereotiplerini, Batı-merkezli kültürel önyargıları ve temsil adaletsizliklerini yeniden üretebilmektedir. Ayrıca, yerel sembollerin özgün bağlamından koparılarak ticari amaçla tüketilmesi (cultural appropriation) etik sorumluluk alanıdır.

Gelecek yönelimlerinde simgeler; uzamsal tasarım (spatial design / visionOS glassmorphism), biyometrik veri duyarlılığı, dinamik adapte olabilen ikonografi ve beyin-bilgisayar arayüzleri (BCI) ile etkileşime giren çok boyutlu canlı kod parçacıklarına dönüşecektir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada elde edilen analitik bulgular, dört alt problem çerçevesinde şu şekilde sentezlenmiştir.

Bilişsel İşleme ve Bilişsel Yük: Grafik yazılımlarındaki arayüz simgeleri metin okuma zorunluluğunu ortadan kaldırarak dışsal bilişsel yükü azaltmakta; Paivio'nun ikili kodlama ve Bruner'ın imgesel/sembolik temsil modelleri uyarınca öğrenmeyi ve hızlı geri çağırmayı desteklemektedir.

Yazılım Paradigmalarının Karşılaştırılması: Photoshop karanlık oda metaforlarıyla tanıdıklık üzerinden; Illustrator Bezier geometrisi ve soyut vektör araçlarıyla inşa edici zihinsel modeller üzerinden; Figma ise bileşen hiyerarşisi (Atomic Design) ve canlı iş birliği üzerinden simgesel öğrenme inşa etmektedir.

Arayüz Dönüşümü: Skeuomorfizmden düz tasarıma geçiş, simgesel öğrenmeyi fiziksel nesne taklidini tanıma modelinden dijital ikonografik konvansiyonları öğrenme modeline taşımıştır.

Yapay Zekâ Etkileşimi: Yapay zekâ teknolojileri simgesel etkileşimi yok etmemekte; sabit araç ikonlarından doğal dil komutlarına, bağlamsal önerilere ve üretken arayüzlere doğru genişletmektedir.

Elde edilen bulgular ulusal ve uluslararası literatürle yüksek düzeyde örtüşmektedir. Toksöz'ün (2026) Figma üzerindeki ampirik öğrenci deneyimi bulguları, bulut tabanlı bileşen mimarisinin düşük öğrenme bariyeri sunduğu yönündeki kuramsal tespitimizi doğrulamaktadır. İşbilen (2022) ve Demirkale Kukuoğlu'nun (2022) düz ve neumorfik tasarım analizleri, sadeleşmenin görsel yükü azalttığı ancak sağlarlık ipuçlarının korunması gerektiği tezimizle paralellik göstermektedir. Yasa (2012) ile Kahraman ve Toy'un (2017) göstergebilimsel ve arayüz odaklı çalışmaları da ikonografinin aşinalık ve kültürel bağlamdan bağımsız düşünülemeyeceğini ortaya koymaktadır.

Araştırmadan hareketle geliştirilen uygulama ve akademik araştırma önerileri şunlardır.

Yazılım Tasarımcıları İçin: Arayüz ikon setleri platformlar arası öğrenme transferini destekleyecek biçimde tutarlı tasarlanmalı; yeni veya soyut simgeler tooltip ve metin etiketleriyle kademeli olarak sunulmalıdır (progressive disclosure).

Akademisyenler ve Eğitmenler İçin: Grafik tasarım eğitim müfredatlarında yalnızca yazılım araçlarının teknik kullanımı değil; göstergebilim, bilişsel yük, algı psikolojisi ve UX ilkeleri disiplinlerarası bir yaklaşımla öğretilmelidir.

Gelecek Araştırmalar İçin: Photoshop, Illustrator ve Figma kullanıcıları üzerinde göz izleme (eye-tracking), EEG bilişsel yük ölçümü ve görev tamamlama sürelerini içeren ampirik/deneysel araştırmalar kurgulanarak bu bildirideki kuramsal model sınanabilir.

KAYNAKLAR

Barthes, R. (1977). *Image, music, text*. Fontana Press.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Belknap Press.

Demirkale Kukuoğlu, O. C. (2022). Grafik kullanıcı arayüzünde neumorfik tasarım. *SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, 15*(30), 1251–1269.

Frost, B. (2016). *Atomic design*. Brad Frost.

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.

İşbilen, D. (2022). Düz tasarımın göstergebilimsel incelemesi: McDonald's görsel kimlik örneği. *SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, 15*(30), 1550–1569.

Kahraman, M. E., & Toy, E. (2017). Çocuk merkezli kullanıcı arayüz tasarımlarında ikon kullanımı. *Medeniyet Sanat, 3*(1), 8–28.

Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt psychology*. Harcourt.

Köhler, W. (1947). *Gestalt psychology: An introduction to new concepts in modern psychology*. Liveright.

Maeda, J. (2019). *How to speak machine: Laws of design for a digital age*. Portfolio.

Manovich, L. (2013). *Software takes command*. Bloomsbury Academic.

Marcus, G. (2020). *The next decade in AI: Four steps towards robust artificial intelligence* (arXiv:2002.06177). arXiv.

Miller, A. I. (2019). *The artist in the machine: The world of AI-powered creativity*. MIT Press.

Nielsen, J. (1994). *Usability inspection methods*. John Wiley & Sons.

Norman, D. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded ed.). Basic Books.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. Holt, Rinehart and Winston.

Peirce, C. S. (1931). *Collected papers of Charles Sanders Peirce*. Harvard University Press.

Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. In R. J. Spiro, B. C. Bruce, & W. F. Brewer (Eds.), *Theoretical issues in reading comprehension* (pp. 33–58). Lawrence Erlbaum.

Saussure, F. de. (1916). *Course in general linguistics*. Duckworth.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*(2), 257–285.

Toksöz, E. (2026). Arayüz tasarımı eğitiminde Figma'nın rolü: Öğrenci deneyimleri ve memnuniyeti üzerine bir araştırma. *SDÜ ART-E Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, (37), 1–22.

Ware, C. (2004). *Information visualization: Perception for design* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.

Wertheimer, M. (1923). Laws of organization in perceptual forms. In W. D. Ellis (Ed.), *A source book of Gestalt psychology* (pp. 71–88). Routledge.

Yasa, S. (2012). Grafik tasarımda iletişim ve göstergebilim. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 2*(5), 267–278.

DESIGN OF AN INTERACTIVE WEB-BASED SIMULATOR FOR THE MICHELSON INTERFEROMETER EXPERIMENT AND ITS USE IN PHYSICS EDUCATION

Prof. Dr. Ali Özhan AKYÜZ[1] / Öğr. Gör. Kazım KUMAŞ[2] / Öğr. Gör. Durmuş TEMİZ[3] / Öğr. Gör. Mustafa AYAN[4]

[1]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Fizik, aakyuz@mehmetakif.edu.tr, 0000-0001-9265-7293

[2]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Enerji, kkumas@mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-2348-4664

[3]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Makina, dtemiz@mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-7350-7502

[4]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Elektronik ve Bilgisayar, mayan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0001-6780-0625

Özet

Bu çalışmada, lisans düzeyindeki Michelson interferometresi deneyi için tarayıcıda çalışan, iki dilli (Türkçe/İngilizce) ve kurulum gerektirmeyen etkileşimli bir simülatör tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Simülatör, MIT Fizik Bölümü Junior Lab deney föyündeki düzeneği, ölçüm prosedürünü ve analiz adımlarını birebir izler. Öğrenci, piezoelektrik dönüştürücüye (PZT) bağlı aynayı sanal bir fonksiyon üreteciyle sürer, fotodiyot sinyalini sanal osiloskopta gözler, imleçlerle ardışık girişim minimumları arasındaki gerilim farkını ölçer ve gizli tutulan lazer dalga boyunu hesaplar. Modelde ışın bölücü dengesizliği, sınırlı eş-evre uzunluğu, hizalama hatası, karanlık akım, ortam ışığı, termal sürüklenme ve PZT kalibrasyon belirsizliği yer alır. Böylece öğrenciler ideal olmayan saçak görünürlüğünü ve istatistiksel ile sistematik hata arasındaki ayrımı deneyimleyebilir. Bildiride simülatörün fiziksel modeli, pedagojik tasarım ilkeleri, önerilen öğretim senaryosu ve değerlendirme planı sunulmakta; sınıf içi etkililiğin sınanması ise sonraki çalışmaya bırakılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Michelson interferometresi, sanal laboratuvar, fizik eğitimi, ölçüm belirsizliği, simülasyon tabanlı öğrenme

Abstract

This study presents the design and development of an interactive, browser-based, bilingual (Turkish/English) simulator for the undergraduate Michelson interferometer experiment. The simulator follows the setup, procedure and analysis steps of the MIT Junior Lab manual. Students drive a PZT-mounted mirror with a virtual function generator, observe the photodiode signal on a virtual oscilloscope, measure the voltage difference between consecutive interference minima with cursors, and determine a hidden laser wavelength. The model includes beam-splitter imbalance, finite coherence length, misalignment, dark current, ambient light, thermal drift and PZT calibration uncertainty, allowing students to experience non-ideal fringe visibility and to distinguish statistical from systematic error. The physical model, pedagogical design principles, a proposed teaching scenario and an evaluation plan are reported; classroom effectiveness is left for future work.

Keywords: Michelson interferometer, virtual laboratory, physics education, measurement uncertainty, simulation-based learning

1. Introduction

Laboratory work is a fundamental component of physics education, particularly for developing experimental skills and scientific reasoning; recent research indicates that laboratory courses are most effective when they focus on experimental practice rather than on reinforcing lecture content (Holmes and Wieman, 2018). Optical experiments, however, often require expensive equipment, careful alignment, and strict laser-safety procedures. As a result, students in many institutions have only limited time to work with the apparatus, and those who arrive insufficiently prepared may spend much of the available session on alignment rather than on the underlying physics. The Michelson interferometer provides a clear example of this difficulty. A single experiment brings together several closely related concepts, including wave interference, coherence, calibration, and measurement uncertainty. One of the main learning goals is for students to recognize that the fringe pattern observed on the oscilloscope originates from nanometer-scale motion of the mirror. In a physical setup, however, this relationship is not directly visible.

Virtual laboratories and interactive simulations have increasingly been used to address this gap. Systematic reviews of virtual laboratories in undergraduate science and engineering courses indicate that well-designed simulations can support learning, in part by making otherwise invisible processes easier to observe and interpret (Reeves and Crippen, 2021). Finkelstein et al. (2005) reported that students who studied electric circuits using simulations also performed better when later asked to construct real circuits. De Jong, Linn, and Zacharia (2013) similarly argued that physical and virtual laboratories should not be treated as alternatives, but rather as complementary learning environments. Many existing interferometer simulations are based on idealized conditions: fringe visibility is assumed to be unity, calibration is exact, and noise is absent. Such simplifications remove one of the most instructive aspects of laboratory work, namely the interpretation of non-ideal experimental data. Holmes, Wieman, and Bonn (2015) showed that students' critical thinking improved substantially when they were required to compare measured data with models and make decisions based on that comparison.

The aim of this study is to develop a Michelson interferometer simulator that follows the procedure and analysis steps of an actual undergraduate laboratory handout (MIT Junior Lab, 2016) while deliberately incorporating non-ideal experimental conditions, and to examine how the simulator can be used in teaching. The study follows a design-and-development approach and addresses the following questions:

1. To what extent can the procedural and analytical steps of an authentic laboratory handout be preserved in a browser-based simulator?

2. How can non-ideal effects be modeled in a way that allows students to explore fringe visibility and measurement uncertainty?

3. In what type of instructional scenario can the simulator be used alongside the physical experiment?

2. Theoretical Framework

2.1 Interference in the Michelson Interferometer

In a Michelson interferometer, a partially silvered mirror divides the laser beam into two perpendicular arms. The beams are reflected by mirrors at the ends of the two arms, recombine at the beam splitter, and interfere at the photodetector (Michelson and Morley, 1887; Hecht, 2017). If the arm lengths are denoted by ℓ_1 and ℓ_2 and the wave number is $k = 2\pi/\lambda$ the intensity at the detector can be expressed by Equation (1).

$$I \propto \frac{E_0^2}{2}[1 - \cos(2k(\ell_1 - \ell_2))] \quad (1)$$

Because the light travels along each arm twice, the optical path difference is twice the difference between the arm lengths. When one mirror is displaced by a distance (d), the phase difference changes by $4\pi d/\lambda$. Therefore, the mirror displacement between two successive minima is $\lambda/2$.

2.2 Calibration and Wavelength Measurement

In the experiment, one of the mirrors is mounted on a piezoelectric transducer (PZT). The PZT produces a displacement that is proportional to the applied voltage, and the calibration factor $\Delta\ell/\Delta V$ is provided for each device together with its uncertainty, for example 41.6 ± 1.3 nm/V. If ΔV is the difference between the drive voltages corresponding to two successive minima, the wavelength can be determined from Equation (2)

$$\lambda = 2\,\Delta V \frac{\Delta \ell}{\Delta V} \tag{2}$$

The calibration uncertainty affects all measurements in the same direction. It therefore cannot be reduced simply by increasing the number of measurements and should be treated as a systematic uncertainty (Taylor, 2022; JCGM, 2008).

2.3 Visibility

The degree to which the interference fringes are distinguishable is quantified by the visibility:

$$\mathcal{V} = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \tag{3}$$

Under ideal conditions, $\mathcal{V} = 1$. Visibility decreases when the two beams have unequal intensities, when the arm-length difference approaches the coherence length of the source, when the beams do not fully overlap at the detector, or when non-interfering background light reaches the detector. The analysis section of the laboratory handout specifically asks students to account for these effects. For this reason, they form a central part of the pedagogical design of the simulator.

3. Method: Design and Development of the Simulator

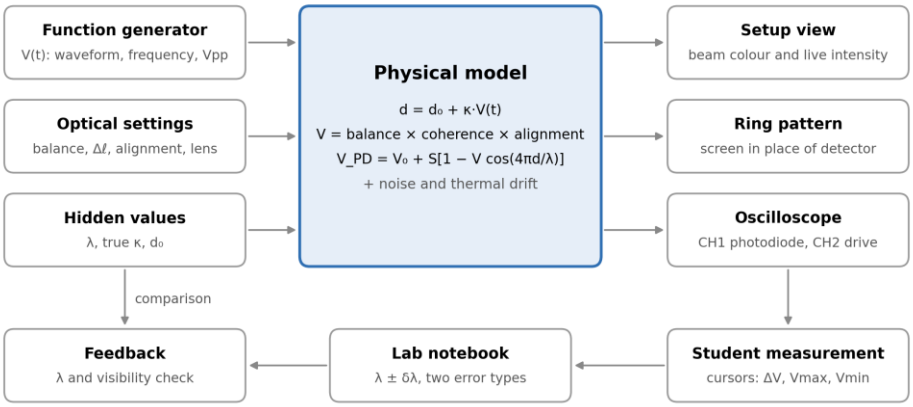
The study was conducted using a design and development research approach. The simulator was developed on the basis of the apparatus diagram, procedural steps, and analysis questions provided in the MIT Junior Lab handout. The resulting implementation was then compared with the handout item by item, and identified omissions were corrected. The software is contained in a single HTML file and was developed using JavaScript and the Canvas API. It requires neither a server nor installation and can run offline in any modern web browser. Figure 1 presents the overall architecture of the simulator. User-defined settings and hidden parameter values are processed through a single physical model. All indicators visible to the student are generated from this model, and feedback is produced by comparing the measured result with the hidden reference values.

3.1 Design Principles

Four principles guided the design of the simulator. The first was fidelity to the laboratory handout. The default settings (10 Hz, 10 Vpp, and 41.6 nm/V), channel connections, and measurement procedure were kept consistent with those used in the original experiment. The second principle was to make otherwise invisible processes visible. The beam color is calculated from the wavelength, the beam reaching the detector changes in brightness according to the instantaneous intensity, and the ring pattern that would be observed if a screen were placed at the detector position is displayed separately.

The third principle was the deliberate inclusion of non-ideal behavior. Rather than removing experimental imperfections, the simulator makes them adjustable so that students can investigate their effects directly. The fourth principle was to keep the target quantities hidden. The wavelength and the actual calibration value are not

revealed to the student, so the activity retains the character of a genuine measurement in which an unknown quantity must be determined from experimental data.



A.

Figure 1. Simulator architecture: inputs, physical model, displays, and the student measurement cycle.

3.2 Physical Model

The function generator produces a triangular or sinusoidal voltage V(t) at the selected frequency and amplitude. Mirror displacement is calculated as $d = d_0 + \kappa \cdot V(t)$, where d_0 is a randomly assigned initial path difference and κ is the actual calibration factor. The actual calibration value is allowed to deviate from the nominal label value according to a normal distribution with a standard deviation of 3%, with the deviation limited to ±6%. The photodiode voltage is modeled as follows (Equation 4).

$$V_{PD} = V_0 + 2S \cdot \frac{1}{2}\left[1 - \mathcal{V}\cos\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)\right] + \varepsilon \tag{4}$$

Here, V_0 represents the offset arising from dark current and ambient light, S denotes the signal amplitude determined by alignment and the presence of the lens, and ε represents noise. The theoretical visibility is defined as the product of three factors (Equation 5).

$$\mathcal{V} = \frac{2\sqrt{r}}{1+r}\exp\left[-\left(\frac{\Delta\ell}{L_c}\right)^2\right](0.15 + 0.85\,a^{1.5}) \tag{5}$$

The first factor is the standard interference term for two beams with an intensity ratio r. The second represents the effect of the arm-length difference Δℓ using a coherence length of (L_c = 20) cm to reflect the several tens of centimeters description given in the laboratory handout. The third is a phenomenological term introduced to mimic the effect of the alignment level , a ∈ [0, 1]. Because of the voltage offset, the visibility measured by the student becomes $S \cdot \mathcal{V}/(V_0 + S)$, and is therefore always lower than the theoretical value. A small random-walk component is also added to the optical path difference to represent thermal drift.

Figure 2 shows the signals generated by the model over one period of the drive waveform. The dashed lines mark two successive minima on the portion of the cycle where the drive voltage decreases monotonically. Using the voltage difference ΔV between these minima in $\lambda = 2 \cdot \Delta V \cdot \kappa$ gives a wavelength of 632.8 nm. At the turning points of the drive waveform, the mirror reverses direction and the fringe pattern folds back on itself. For this reason, students should avoid placing the measurement cursors on opposite sides of a turning point.

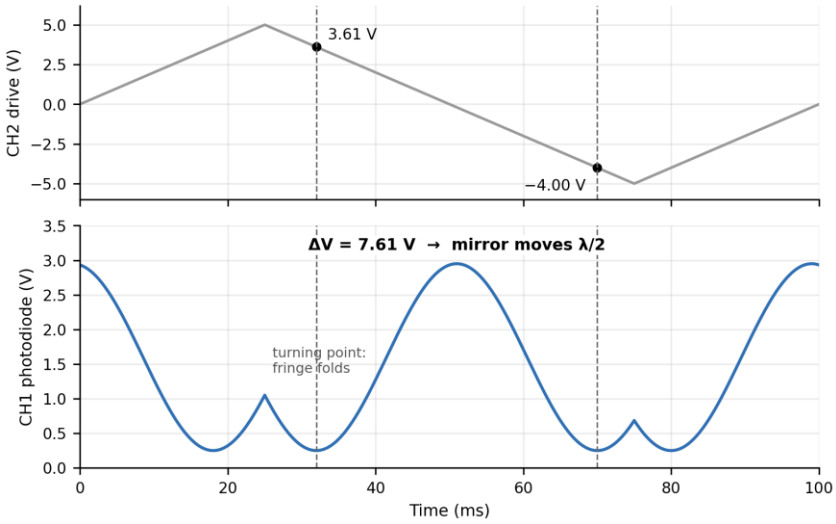


Figure 2. Signals generated by the model over one drive period (λ = 632.8 nm, κ = 41.6 nm/V, $\mathcal{V}$ = 0.9, 10 Hz triangular waveform, 10 V_{pp}; noise-free, with a 0.1 V offset).

3.3 Interface Components

The main interface components of the simulator and their correspondence with the steps in the laboratory handout are summarized in Table 1.

Table 1. Interface components and their relationship to the laboratory handout

Component	Student Activity	Corresponding Handout Step
Apparatus diagram	Traces the beam paths, identifies the PZT, and follows the cable connections	Steps 1–3, Figure 4
Function generator	Selects the waveform, frequency, and amplitude	Step 4
Optical settings	Adjusts the arm-length difference, beam-splitter balance, alignment, lens, ambient light, and noise	Step 5, Analysis 1
Oscilloscope	Freezes the signals and uses two cursors to read ΔV and CH1 values	Steps 5–6
Measurement notebook	Records measurements and views the mean, standard deviation, statistical uncertainty, and systematic uncertainty	Step 7
Measurement task	Enters the visibility and λ values and receives feedback	Analyses 1–2

For wavelength checking, the acceptance threshold is approximately 3.6%, calculated as the root-sum-square of the 3% calibration uncertainty and a 2% measurement allowance. When an incorrect answer is entered, the feedback points students toward the two most common sources of error: failing to place the cursors on successive

minima and forgetting to multiply ΔV by 2 in the wavelength calculation. The interface can be switched between Turkish and English with a single button, and the experiment's current state is preserved when the language is changed.

4. Proposed Instructional Scenario and Assessment Plan

The simulator was designed to complement, rather than replace, the physical experiment, with use planned both before and after the laboratory session. The proposed instructional sequence consists of three stages and requires approximately two class periods in total.

1. **Pre-laboratory preparation (approximately 45 minutes, at home).** Students complete the preparatory questions in the laboratory handout as they work with the simulator. They attempt to bring the visibility close to 1 and record, in their own words, how each setting affects the interference pattern. They then take at least five measurements to determine the hidden wavelength and report the result as $\lambda \pm \delta\lambda$.

2. **Physical experiment (in the laboratory).** Students assemble the real apparatus and follow the procedure described in the handout. They are expected to recognize on the actual oscilloscope the turning-point behavior, offset, and drift previously encountered in the simulator.

3. **Comparison and reflection (approximately 30 minutes).** Students compare their physical and simulated measurements. They explain the lower visibility observed in the real experiment by referring to the factors explored in the simulator and interpret the resulting error budget.

The intended learning outcomes are to explain the relationship among drive voltage, mirror displacement, and interference phase; to measure fringe visibility and identify the factors that reduce it; and to distinguish between statistical and systematic uncertainty when reporting a result together with its uncertainty.

4.1 Assessment Plan

The effectiveness of the simulator has not yet been evaluated in the present study. As a next step, a quasi-experimental pretest-posttest control-group design is proposed. The experimental group would use the simulator before the laboratory session, whereas the control group would prepare only by reading the laboratory handout. The proposed assessment instruments are summarized in

Table 2. Proposed assessment instruments

Outcome	**Instrument**	**Timing**
Understanding of interference and visibility	Researcher-developed conceptual test, to be refined through expert review and pilot testing	Pretest and posttest
Understanding of measurement uncertainty	Open-ended scenario questions addressing measurement concepts	Pretest and posttest
Laboratory efficiency	Time required for alignment and to obtain the first valid measurement	During the physical experiment
Quality of the laboratory report	Scoring rubric for uncertainty reporting and interpretation of visibility	After the experiment
Usability and attitude	Usability scale and semi-structured interviews	After the intervention

Quantitative data would be analyzed through between-group comparisons, while interview data would be examined using content analysis. Institutional ethics committee approval would be obtained before implementation.

5. Discussion

A distinctive feature of the developed simulator is that experimental imperfections are not hidden but are instead incorporated as objects of learning. In an idealized simulation, a student may obtain the correct result from a single measurement, leaving the concept of uncertainty largely abstract. In the present simulator, however, a hidden calibration error causes the measured result to remain slightly different from the true value regardless of how many measurements are taken. By observing in the measurement notebook that statistical uncertainty decreases with (\sqrt{n}) while systematic uncertainty remains unchanged, students can see the difference between these two sources of uncertainty more clearly. This approach is consistent with studies that emphasize having students compare data with models and make evidence-based decisions (Holmes et al., 2015). A second important feature is the close correspondence between the simulator and a specific laboratory handout. General-purpose simulations can be effective for teaching concepts, but they may not always prepare students for the actual apparatus they will encounter in the laboratory. Keeping the default settings, channel connections, and measurement sequence consistent with the handout is expected to facilitate transfer from the virtual activity to the physical experiment. The findings of Finkelstein et al. (2005) support this expectation, although it still needs to be tested specifically in the context of optical experiments. A third advantage is accessibility. Because the simulator is contained in a single file, can operate offline, and supports both Turkish and English, the same material can be used without additional infrastructure in distance-learning settings, institutions with limited laboratory equipment, and groups of students with different language backgrounds.

5.1 Limitations

- Alignment is represented by a single parameter. In a real interferometer, mirror tilt, beam profile, and overlap geometry contribute separately to alignment quality. Practical alignment skills therefore cannot be developed through the simulator.
- The alignment and coherence factors are phenomenological. They reproduce the expected qualitative trends but are not intended to provide quantitative predictions for a particular laser or experimental setup.
- The arm-length difference affects visibility but does not directly alter the interference phase in the present implementation. Phase is determined by the hidden initial path difference together with the simulated drift.
- Noise is generated using a deterministic function and therefore does not represent ideal white noise. Laser intensity fluctuations are not included in the current model.
- The effect of the simulator on student learning has not yet been tested experimentally. This study reports the design and development stage of the work.

6. Conclusions and Recommendations

In this study, a browser-based, bilingual Michelson interferometer simulator was developed in close accordance with the MIT Junior Lab handout, incorporating non-ideal experimental conditions into the model. The simulator supports the procedural steps in the handout as well as both analysis tasks, allowing students to explore the factors that influence fringe visibility and to distinguish between systematic and statistical uncertainty.

Several directions are recommended for future work:

- The assessment plan described in Section 4.1 should be implemented with undergraduate physics students to examine the effects of the simulator on conceptual learning and laboratory efficiency.

- A fringe-counting approach, using $\lambda = 2\Delta d/N$ for N fringes, should be added together with simulations of two-wavelength sources, such as the sodium doublet, to allow students to investigate beat patterns.
- The alignment model should be extended to represent mirror tilt and beam overlap separately through a more detailed geometrical description.
- The simulator should be released as open-source software and extended, using the same design principles, to other optical experiments such as Fabry–Pérot and Mach–Zehnder interferometers.

References

De Jong, T., Linn, M. C. ve Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science, 340*(6130), 305–308.

Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S. ve LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 1*, 010103.

Hecht, E. (2017). *Optics* (5. baskı). Pearson.

Holmes, N. G. ve Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today, 71*(1), 38–45. https://doi.org/10.1063/PT.3.3816

Holmes, N. G., Wieman, C. E. ve Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(36), 11199–11204.

JCGM. (2008). *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement* (JCGM 100:2008). Joint Committee for Guides in Metrology.

Michelson, A. A. ve Morley, E. W. (1887). On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether. *American Journal of Science, 34*, 333–345.

MIT Department of Physics. (2016). *Optical interferometry*. 8.13–14 Experimental Physics I & II "Junior Lab", MIT OpenCourseWare. https://ocw.mit.edu

Reeves, S. M. ve Crippen, K. J. (2021). Virtual laboratories in undergraduate science and engineering courses: A systematic review, 2009–2019. *Journal of Science Education and Technology, 30*(1), 16–30. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09866-0

Taylor, J. R. (2022). *An introduction to error analysis* (3. baskı). University Science Books.

AN INTERACTIVE GERMANIUM DETECTOR AND MULTICHANNEL ANALYZER SIMULATOR FOR THE X-RAY PHYSICS EXPERIMENT

Prof. Dr. Ali Özhan AKYÜZ[1] / Öğr. Gör. Kazım KUMAŞ[2] / Öğr. Gör. Durmuş TEMİZ[3] / Öğr. Gör. Mustafa AYAN[4]

[1]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Fizik, aakyuz@mehmetakif.edu.tr, 0000-0001-9265-7293

[2]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Enerji, kkumas@mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-2348-4664

[3]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Makina, dtemiz@mehmetakif.edu.tr, 0000-0002-7350-7502

[4]Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, Elektronik ve Bilgisayar, mayan@mehmetakif.edu.tr, 0000-0001-6780-0625

Özet

Bu çalışmada, lisans düzeyindeki X-ışını fiziği deneyi için tarayıcıda çalışan, iki dilli (Türkçe/İngilizce) ve kurulum gerektirmeyen bir yüksek saflıkta germanyum (HPGe) dedektör ve çok kanallı analizör (MCA) simülatörü geliştirilmiştir. Simülatör, MIT Fizik Bölümü Junior Lab X-Ray Physics föyündeki kaynakları, ölçüm prosedürünü ve analiz adımlarını izler. Öğrenci Amersham değişken X-ışını kaynağı, ^{90}Sr bremsstrahlung düzeneği, gama kalibrasyon kaynakları ve bileşimi gizli numunelerle Poisson istatistiğine uygun spektrumlar biriktirir; enerji ölçeğini bilinen çizgilerle kendisi kalibre eder; Moseley yasasını, soğurma katsayılarını, Compton kenarını ve bremsstrahlung uç noktasını ölçer. Modelde enerjiye bağlı çözünürlük ve verim, Compton sürekliliği, geri saçılma, Ge K kaçış tepeleri, tek ve çift kaçış tepeleri, toplam tepeleri, kurşun zırhın X-ışınları ve elektron kirlenmesi yer alır. Bildiride fiziksel model, pedagojik tasarım ilkeleri, föyle uyum ve önerilen değerlendirme planı sunulmakta; modelin yaklaşık yanları açıkça belirtilmektedir.

Anahtar kelimeler: X-ışını spektroskopisi, Moseley yasası, germanyum dedektör, sanal laboratuvar, fizik eğitimi

Abstract

This study presents a browser-based, bilingual (Turkish/English) simulator of a high-purity germanium (HPGe) detector and multichannel analyzer (MCA) for the undergraduate X-ray physics experiment. The simulator follows the sources, procedure and analysis of the MIT Junior Lab X-Ray Physics manual. Students accumulate Poisson-distributed spectra from an Amersham variable x-ray source, a ^{90}Sr bremsstrahlung setup, gamma calibration sources and samples of hidden composition; calibrate the energy scale themselves with known lines; and measure Moseley's law, attenuation coefficients, the Compton edge and the bremsstrahlung endpoint. The model includes energy-dependent resolution and efficiency, the Compton continuum, backscatter, Ge K escape peaks, single and double escape peaks, sum peaks, lead-shield x rays and electron contamination. The physical model, pedagogical design, agreement with the manual and a proposed evaluation plan are reported, and the approximate parts of the model are stated explicitly.

Keywords: x-ray spectroscopy, Moseley's law, germanium detector, virtual laboratory, physics education

1. Introduction

X-ray spectroscopy occupies a central place in teaching the experimental foundations of atomic structure. X-ray spectroscopy occupies a central place in teaching the experimental foundations of atomic structure. Moseley's experiments established the relationship between characteristic X-ray frequencies and atomic number, providing an experimental basis for ordering the elements according to nuclear charge rather than atomic weight (Egdell and Bruton, 2020). In undergraduate laboratories, these results are now commonly reproduced using semiconductor detectors and multichannel analyzers. The experiment, however, presents several instructional challenges. Radioactive sources require strict safety procedures, and sources such as ^{90}Sr cannot be left unattended. HPGe detectors must be cooled with liquid nitrogen, while practical details such as high-voltage polarity and protection of the preamplifier also require careful attention. Many measurements demand relatively long counting times to obtain adequate statistics. Because laboratory time is limited, students may spend much of the session becoming familiar with the instrumentation, and spectral features such as escape peaks, sum peaks, or lines associated with shielding materials can easily be misinterpreted.

Interactive simulations can support learning by making otherwise invisible processes easier to observe and interpret (Wieman, Adams, and Perkins, 2008). Virtual laboratories are also recommended as complements to physical laboratory work rather than as replacements for it (de Jong, Linn, and Zacharia, 2013). This approach is particularly valuable in nuclear and atomic physics experiments, where students can practice spectral interpretation without radiation exposure or the time constraints associated with radioactive sources. The aim of this study is to develop an HPGe–MCA simulator that follows the MIT Junior Lab X-Ray Physics handout (MIT, 2016), while deliberately incorporating non-ideal detector behavior, and to propose how it may be used in teaching. The study follows a design-and-development approach and addresses the following questions:

1. To what extent can the measurements described in the handout, including bremsstrahlung, fluorescence, Moseley's law, absorption, and gamma-ray spectra, be supported by a browser-based simulator?

2. How can secondary features in realistic germanium spectra be modeled in a way that helps students develop spectral interpretation skills?

3. In what type of instructional scenario can the simulator be used together with the physical experiment?

2. Theoretical Framework

2.1 Characteristic X-rays and Moseley's Law

When a vacancy is created in an inner electron shell, it can be filled by an electron from a higher-energy shell, and the energy difference between the two levels is emitted as a characteristic photon. If the vacancy is in the K shell, the resulting transitions produce the K-series lines, including $K\alpha_1$ ($K-L_3$), $K\alpha_2$ ($K-L_2$), and $K\beta$ ($K-M$). According to Moseley's law, the square root of the characteristic line energy varies linearly with atomic number:

$$\sqrt{E} = C'(Z-\sigma) \tag{1}$$

Here, C′ is a coefficient that depends on the type of spectral line, while σ denotes the screening constant. For the Kα transition, the Bohr model provides a simple first-order prediction (Equation 2).

$$E_{K\alpha} \approx \tfrac{3}{4}(13.6\ \text{eV})(Z-1)^2 \Rightarrow C' = 0.101\ \sqrt{\text{keV}},\ \sigma \approx 1 \tag{2}$$

The intensity ratio of the $K\alpha_1$ and $K\alpha_2$ lines is expected to be approximately 2, based on the statistical weights of the corresponding levels, given by (2j + 1).

2.2 Interaction of Photons with Germanium

A photon can interact with the detector through photoelectric absorption, Compton scattering, or, at energies above 1022 keV, pair production. If the full photon energy is deposited in the crystal, a photopeak is produced. In Compton scattering, only part of the photon energy is transferred to the detector, giving rise to a continuum that terminates at the Compton edge. Photons that scatter from the surrounding materials and then re-enter the detector produce the backscatter peak (Equation 3).

$$E_c = \frac{2E^2}{m_e c^2 + 2E}, \qquad E_b = \frac{E}{1 + 2E/m_e c^2} \tag{3}$$

If a Ge K X-ray emitted after photoelectric absorption escapes from the crystal, an escape peak appears 9.88 keV below the photopeak. In pair production, if one or both of the annihilation photons escape, single- and double-escape peaks are observed at E − 511 keV and E − 1022 keV, respectively. If two photons emitted successively from the same nucleus are detected simultaneously, a sum peak is produced (Knoll, 2010).

2.3 Absorption

The intensity of a monoenergetic beam decreases exponentially as it passes through an absorber of thickness x (Equation 4).

$$I(x) = I_0\, e^{-\mu x}, \qquad \mu/\rho = \frac{\mu}{\rho}\ (\mathrm{cm}^2/\mathrm{g}) \tag{4}$$

The mass attenuation coefficient, μ/ρ, decreases approximately as E^{-3} with increasing photon energy and shows a sharp discontinuity at the K absorption edge of the absorber. Challenge Project 4 in the laboratory handout makes use of this effect. The K edge of Pd (24.35 keV) lies between the Ag Kα (22.1 keV) and Kβ (24.9 keV) lines. As a result, Pd attenuates the Kβ line much more strongly than the Kα line, whereas this difference is not observed for Cd.

3. Method: Design and Development of the Simulator

The simulator was developed on the basis of the sources, measurement procedures, and analysis questions included in the laboratory handout. It was then compared with the handout item by item, and the identified omissions were addressed. The software is contained in a single HTML file, was developed using JavaScript and the Canvas API, and runs directly in a web browser without requiring a server. Figure 1 presents the overall architecture of the simulator.

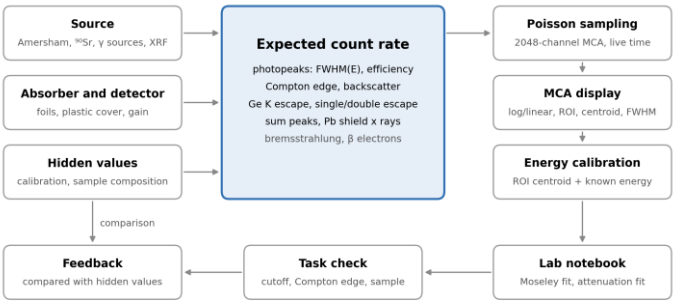


Figure 1. Simulator architecture: inputs, expected count-rate model, Poisson sampling, and the student measurement cycle.

3.1 Design Principles

Four principles guided the design of the simulator. The first was fidelity to the laboratory handout. The radioactive sources, the yields of the Amersham targets listed in Table III of the handout, the 2048-channel MCA, the plastic cover, and the preamplifier reset pulses were reproduced in accordance with the original experiment. The second principle was to make calibration a task for the student. The channel-to-energy relationship is hidden, and the calibration is reset whenever the gain is changed. Students must therefore construct their own linear calibration using peaks of known energy. The third principle was to produce a realistic spectrum. Secondary spectral features are retained rather than removed, since the laboratory handout explicitly requires students to identify and interpret them. The fourth principle was to keep the answers hidden. Sample compositions and calibration parameters are not disclosed to the student, so the activity retains the character of a genuine measurement in which an unknown quantity must be determined experimentally.

3.2 Physical Model

For each experimental setting, the expected count rate is first calculated for every channel. At each subsequent time step, counts are added independently to each channel using Poisson sampling. Photopeaks are represented by Gaussian functions whose widths depend on photon energy (Equation 5).

$$\mathrm{FWHM}(E) = \sqrt{(0.30\ \mathrm{keV})^2 + 2.4\times10^{-3}\ \mathrm{keV}\cdot E} \tag{5}$$

This expression gives an energy resolution of approximately 0.6 keV at 122 keV and 1.8 keV at 1332 keV. Detector efficiency decreases at low energies because of attenuation in the entrance window and plastic cover, and at high energies because of the finite crystal dimensions.

For spectral lines above 100 keV, the model includes the Compton continuum, the Compton edge, and the backscatter peak. Ge K escape peaks are included over the 11.1–150 keV range, while single- and double-escape peaks are added above 1022 keV. Cascade sum peaks are also included for ^{60}Co, ^{22}Na, and ^{133}Ba.

In the ^{90}Sr configuration, the bremsstrahlung continuum extends to 2280 keV, corresponding to the beta endpoint energy of ^{90}Y. Scattered beta electrons may also reach the detector; their contribution can be suppressed using either a 1 mm plastic absorber or a magnet. For absorber foils, the mass attenuation coefficient is estimated using the following approximate expression (Equation 6).

$$\frac{\mu}{\rho} \approx 24\frac{Z^4}{AE^3}J^{-1} + 0.4\frac{Z}{A}\left(1+\frac{E}{m_e c^2}\right)^{-0.6} \tag{6}$$

Here, J denotes the jump ratio below the K absorption edge; for elements with $Z \geq 42$, the L_3 edge is also taken into account. At the validation points considered (Al at 20 and 60 keV, Cu at 20 keV, and Pb at 60 and 100 keV), the expression agrees with tabulated values to within approximately 10%, although the deviation becomes larger above 200 keV. Figure 2 shows the spectrum generated by the model for ^{137}Cs. All of the spectral features that students are asked to explain in Challenge Project 1 of the laboratory handout are visible in the simulated spectrum.

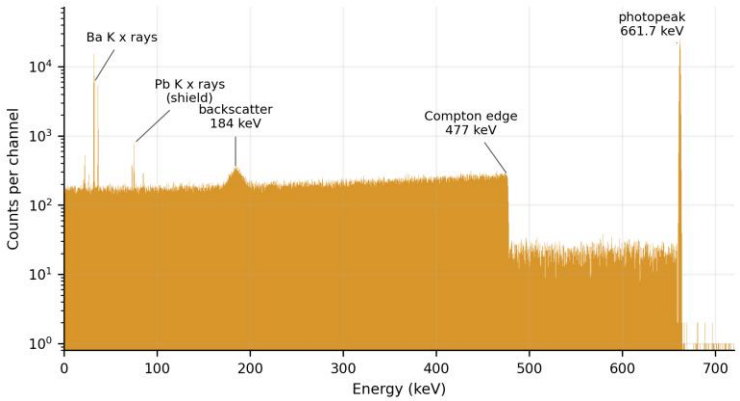


Figure 2. Spectrum generated by the model for ^{137}Cs (800 keV full scale; Poisson sampling corresponding to a live time of 30 minutes).

3.3 Consistency with the Laboratory Handout

The measurements supported by the simulator and their corresponding sections in the laboratory handout are summarized in Table 1.

Table 1. Correspondence between sections of the laboratory handout and the simulator

Handout Section	**Implementation in the Simulator**
III.2 Initial Setup and Calibration	Linear calibration from ROI centroids using ^{22}Na and ^{133}Ba; calibration is reset whenever the gain is changed
IV.1 Bremsstrahlung	^{90}Sr with an empty holder or Pb, W, Sn, Cu, and Al targets; endpoint determination and electron-contamination test
IV.2 Fluorescence	Eight hidden samples; excitation with ^{241}Am or ^{90}Sr; answer checking
IV.3 Moseley's Law	Amersham Cu–Tb targets; determination of C' and σ from a $\sqrt{E}$–Z fit; $K\alpha_1/K\alpha_2$ intensity ratio
IV.4 Absorption	Al, Cu, Mo, Pd, Ag, Cd, Sn, and Pb foils; determination of μ and μ/ρ from an ln R–x fit
IV.5 and IV.6 Gamma-Ray Spectra	Compton edge, backscatter, escape peaks, and sum peaks; answer checking
Challenge Projects 1, 3, 4, and 5	Pb shielding X-rays; quarter-dollar coin (Cu/Ni); Pd–Cd comparison; Mo absorption edge

Figure 3 shows the Moseley plot obtained for the Amersham targets and Pb using the tabulated energies implemented in the simulator. These are not student-generated data, but rather the result that students are expected to approach through their measurements. For the $K\alpha_1$ line, the fit gives $C' \approx 0.110$ $\sqrt{\text{keV}}$ and $\sigma \approx 3.7$. The departure from the Bohr-model prediction of $\sigma \approx 1$ arises because the $\sqrt{E}$–Z relationship becomes progressively less linear at high Z as relativistic effects become more important. When the fit is restricted to the Cu–Ag range, the resulting

values move closer to the Bohr-model prediction. This difference provides a useful starting point for discussing the Moseley relationship, which is also included among the oral examination topics in the laboratory handout.

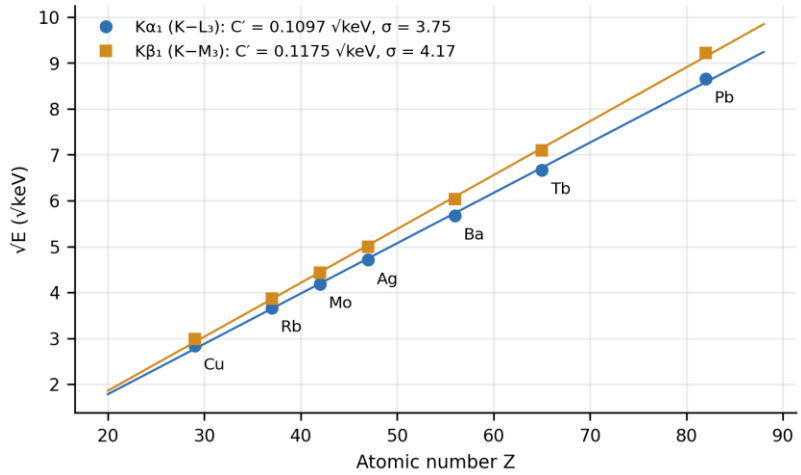


Figure 3. Expected Moseley plot based on tabulated energies (Cu, Rb, Mo, Ag, Ba, Tb, and Pb; linear fit).

4. Proposed Instructional Scenario and Assessment Plan

The simulator is intended to complement the physical experiment rather than replace it, with particular emphasis on preparation before the laboratory session and reflection afterward. The proposed instructional sequence consists of three stages.

1. Pre-laboratory activity (approximately 60 minutes). Students perform an energy calibration using ^{22}Na and ^{133}Ba, identify the main features in the ^{137}Cs spectrum, and construct a Moseley plot using the Amersham targets.

2. Physical experiment. Students repeat the same measurements using the real apparatus. They are expected to recognize in the measured spectra the escape peaks, sum peaks, and shielding-related lines previously encountered in the simulator.

3. Comparison and reflection (approximately 30 minutes). Students compare the simulated and experimental spectra and discuss the observed differences in terms of detector efficiency, measurement geometry, and counting statistics.

The effectiveness of the simulator has not yet been evaluated in the present study. As a next step, a quasi-experimental pretest-posttest control-group design is proposed. The suggested assessment instruments are presented in Table 2.

Table 2. Proposed Assessment Instruments

Outcome	**Instrument**	**Timing**
Spectrum interpretation	Identification and labeling of peaks in unlabeled experimental spectra using a scoring rubric	Pretest and posttest
Understanding of Moseley's law and absorption	Researcher-developed conceptual test, to be refined through expert review and pilot testing	Pretest and posttest
Laboratory efficiency	Time required to obtain the first valid calibration	During the physical experiment
Usability and attitude	Usability scale and semi-structured interviews	After the intervention

5. Discussion

A distinguishing feature of the simulator is that the secondary structures that make a real germanium spectrum difficult to interpret are treated as learning objects rather than being removed. Idealized spectra in textbooks often contain only photopeaks, whereas in the laboratory students may mistake an escape peak for a line from a different element, a sum peak for an additional gamma-ray transition, or X-rays from lead shielding for lines originating from the sample. Allowing these features to be introduced or suppressed in a controlled manner, for example by adding or removing the plastic cover, magnet, or absorber, helps make the underlying cause-and-effect relationships more explicit. A second important design choice is that the calibration is hidden from the student. Each time the gain is changed, recalibration becomes necessary, and students can inspect the resulting calibration residuals. In this way, the instruction in the laboratory handout to recalibrate after changing the gain becomes an experimental requirement rather than a procedural warning. Poisson sampling also makes the relationship between counting time and statistical uncertainty directly observable. Net counts and count rates are therefore reported together with their associated uncertainties.

6. Conclusions

In this study, a bilingual browser-based HPGe–MCA simulator was developed in accordance with the MIT Junior Lab X-Ray Physics handout. The simulator supports the main measurements described in the handout as well as most of the challenge projects, allowing students to practice calibration, spectrum interpretation, Moseley's law, and absorption measurements without exposure to ionizing radiation. Future work should include implementation of the proposed assessment plan, replacement of the approximate models with NIST-based data, and further development of the treatment of dead time and $K\alpha_1/K\alpha_2$ fine-structure analysis.

References

De Jong, T., Linn, M. C. ve Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science, 340*(6130), 305–308.

Knoll, G. F. (2000). *Radiation detection and measurement* (3. baskı). John Wiley & Sons.

Melissinos, A. C. ve Napolitano, J. (2003). *Experiments in modern physics* (2. baskı). Academic Press.

MIT Department of Physics. (2016). *X-ray physics*. 8.13–14 Experimental Physics I & II "Junior Lab", MIT OpenCourseWare. https://ocw.mit.edu

Egdell, R. G., & Bruton, E. (2020). Henry Moseley, X-ray spectroscopy and the periodic table. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 378(2180), 20190302.

Deslattes, R. D., Kessler, E. G., Indelicato, P., de Billy, L., Lindroth, E. ve Anton, J. (2003). X-ray transition energies: New approach to a comprehensive evaluation. *Reviews of Modern Physics, 75*(1), 35–99.

Knoll, G. F. (2010). Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons.

Wieman, C. E., Adams, W. K. ve Perkins, K. K. (2008). PhET: Simulations that enhance learning. *Science, 322*(5902), 682–683.

COVID-19 ACİL DURUMU SONRASINDA İLAÇ VE SAĞLIK HİSSELERİNİN GETİRİ TAHMİNİ: KAYAN PENCERE YAKLAŞIMIYLA MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Serdar NESLİHANOĞLU[1]

[1]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, sneslihanoglu@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8451-8023

Özet

Bu çalışmada, COVID-19'a ilişkin uluslararası halk sağlığı acil durumunun 5 Mayıs 2023'te sona ermesini izleyen dönemde Borsa İstanbul'da işlem gören seçilmiş ilaç ve sağlık şirketlerinin hisse getirileri, COVID-19'un nedensel etkisi değerlendirilmeksizin, makine öğrenmesi modellerinin tahmin performanslarının karşılaştırılması çerçevesinde incelenmiştir. Bu amaç ile analizde DEVA, ECILC, GENIL, RTALB, SELEC ve TRILC hisselerinin 5 Mayıs 2023–13 Ekim 2026 dönemine ait açılış fiyatları kullanılmıştır.

Getiri tahmini için destek vektör regresyonu, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost ve KNN modelleri, gecikmeli getiri, oynaklık ve sektör göstergeleri kullanılarak altı hissenin havuzlanmış veri seti üzerinde eğitilmiştir. Veri setinin %80'i eğitim, %20'si test için ayrılmış ve hiperparametreler zaman sıralı çapraz doğrulamayla seçilmiştir. Test döneminde modeller kayan pencere yaklaşımıyla günlük olarak yeniden eğitilerek ileriye dönük tahminler üretilmiştir. Bulguların dayanıklılığı 250 ve 500 günlük pencere uzunluklarıyla sınanmış, ayrıca bir haftalık ufukta çok adımlı tahminler üretilmiştir. Tahmin performansı MAE, RMSE ve örneklem dışı R^2 ile değerlendirilmiş, performans farklılıklarının istatistiksel anlamlılığı Clark–West testiyle test edilmiştir.

Bulgulara göre en düşük MAE değeri XGBoost modeliyle, en düşük RMSE değeri ise Gradient Boosting modeliyle elde edilmiştir. Modellerin tahmin performansının eğitim dönemine kıyasla örneklem dışı dönemde gerilediği görülmüştür. Genel olarak Gradient Boosting ve XGBoost modelleri, seçilen modellerin ortalamasına göre daha iyi performans göstermiştir. Getiri öngörülebilirliğinin süreklilik göstermediği ve fiyat limitleriyle ilişkili olağan dışı dönemlerde belirginleştiği gözlenmiştir. Diğer dönemlerde öngörülebilirliğin sınırlı kalması, incelenen örneklem ve modeller kapsamında zayıf formda etkin piyasa hipoteziyle uyumlu bulgular sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Borsa İstanbul ilaç ve sağlık hisseleri, COVID-19, kayan pencere, makine öğrenmesi.

RETURN FORECASTING OF PHARMACEUTICAL AND HEALTHCARE STOCKS AFTER THE COVID-19 EMERGENCY: A COMPARISON OF MACHINE LEARNING MODELS WITH A ROLLING WINDOW APPROACH

Assoc. Prof. Dr. Serdar NESLİHANOĞLU[1]

[1]Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science, Department of Statistics, sneslihanoglu@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8451-8023

Abstract

This study examines the stock returns of selected pharmaceutical and healthcare companies traded on Borsa Istanbul in the period following the end of the COVID-19 public health emergency of international concern on 5 May 2023, within the framework of comparing the forecasting performance of machine learning models, without assessing the causal effect of COVID-19. The analysis uses the opening prices of the DEVA, ECILC, GENIL, RTALB, SELEC and TRILC stocks for the period 5 May 2023–13 October 2026.

Support vector regression, Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost and KNN models were trained for return forecasting on a pooled dataset of the six stocks, using lagged returns, volatility and sector indicators. Eighty percent of the dataset was allocated to training and twenty percent to testing, and hyperparameters were selected via time-ordered cross-validation. In the test period, the models were retrained daily with a rolling window approach to produce forward-looking forecasts. The robustness of the findings was tested with window lengths of 250 and 500 days, and multi-step forecasts were also produced for a one-week horizon. Forecast performance was evaluated with MAE, RMSE and out-of-sample R^2, and the statistical significance of performance differences was tested with the Clark–West test.

According to the findings, the lowest MAE was obtained with the XGBoost model and the lowest RMSE with the Gradient Boosting model. The forecasting performance of the models deteriorated in the out-of-sample period relative to the training period. Overall, the Gradient Boosting and XGBoost models performed better than the average of the selected models. Return predictability was not persistent and became pronounced in unusual periods associated with price limits. The limited predictability in the other periods yields findings consistent with the weak-form efficient market hypothesis within the scope of the examined sample and models.

Keywords: Borsa Istanbul pharmaceutical and healthcare stocks, COVID-19, rolling window, machine learning.

ON SOME PROPERTIES OF ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER A FOR SET SEQUENCES

Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR[1], Prof. Dr., Uğur ULUSU[2], Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE[3]

[1] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, edundar@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0545-7486

[2] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye, ugurulusu@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7658-6114

[3] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, egulle@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5575-2937

Özet

Bu bilimsel çalışmada, metrik uzaylarda tanımlı kapalı küme dizileri için α mertebeden Wijsman deferred invaryant istatistiksel denklik kavramının bazı temel kapsama bağıntıları ile özgün teorik özellikleri detaylıca incelenmektedir. Bu araştırmanın teorik altyapısı; literatürde yer alan Wijsman yakınsaklığı, deferred Cesàro ortalaması, invaryant istatistiksel yakınsaklık, lacunary istatistiksel yakınsaklık ve asimptotik denklik üzerine inşa edilen önceki temel araştırmalara dayanmaktadır. Makalenin ana bölümünde, belirlenen s ve q indis dizilerinin sınırlılık durumları altında α mertebeden Wijsman deferred invaryant istatistiksel denkliğe sahip küme dizileri için kapsama bağıntılarını gösteren temel matematiksel teoremler titizlikle ispatlanmıştır. Bu teoremler vasıtasıyla, küme dizilerinin dizin aralıklarındaki sınırlılık ve sonlu küme koşullarının tanımlanan denkliği koruduğu açıkça gösterilmiştir. Ayrıca, iki denk küme dizisinin arasında bulunan üçüncü bir küme dizisinin de aynı şekilde denkliğe sahip olduğunu kanıtlayan sıkıştırma teoremi benzeri oldukça önemli bir matematiksel yapı kurulmuştur. Makalenin son kısmında ise araştırmacılar, elde edilen tüm bu kapsama bağıntılarının ve sonuçların benzer bir biçimde alfa mertebeden Wijsman asimptotik kuvvetli p-deferred invaryant denklik kavramı için de tamamen eksiksiz ve geçerli olduğunu önemle vurgulamışlardır.

Anahtar Kelimeler: Asymptotical equivalence, Deferred Cesàro mean, Invariant, Set sequences, Order α.

ON SOME PROPERTIES OF ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER A FOR SET SEQUENCES

Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR[1], Prof. Dr., Uğur ULUSU[2], Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE[3]

[1] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, edundar@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0545-7486

[2] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye, ugurulusu@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7658-6114

[3] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, egulle@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5575-2937

Abstract

In this scientific study, some fundamental inclusion relations and novel theoretical properties of the concept of Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α for sequences of closed sets defined in metric spaces are examined in detail. The theoretical background of this research is based on previous fundamental research built upon Wijsman convergence, deferred Cesàro mean, invariant statistical convergence, lacunary statistical convergence, and asymptotical equivalence in the literature. In the main section of the paper, fundamental mathematical theorems showing inclusion relations for set sequences possessing Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α under the boundedness conditions of the specified index sequences s and q are rigorously proved. Through these theorems, it is clearly demonstrated that the boundedness in index intervals and finite set conditions of set sequences preserve the defined equivalence. Furthermore, a very important mathematical structure similar to the squeeze theorem, proving that a third set sequence lying between two equivalent set sequences also possesses the same equivalence, is established. In the final part of the paper, the researchers emphasize that all these obtained inclusion relations and results are fully complete and valid in a similar manner for the concept of Wijsman asymptotical strong p-deferred invariant equivalence of order α.

Keywords: Asymptotical equivalence, Deferred Cesàro mean, Invariant, Set sequences, Order α.

1. GİRİŞ

The deferred statistical convergence was given in [9] while deferred Cesàro mean was first presented by Agnew [1]. After, the deferred invariant statistical convergence was firstly studied in [13]. Also, the asymptotical deferred statistical equivalence introduced in [8]. Basic convergence concepts in the Wijsman sense for set sequences were introduced via using statistical, invariant statistical convergence and asymptotical statistical equivalence in [12], [14] and [16], respectively. Then, the Wijsman deferred statistical, Wijsman deferred invariant statistical convergence and Wijsman asymptotical deferred statistical equivalence for set sequences were given in [2], [6] and [5], respectively. Recently, the Wijsman asymptotical deferred invariant statistical and Wijsman asymptotical strongly p-deferred invariant equivalent of order α set sequences were studied in [7]. In this paper, we give some new results on the concepts given in [7].

The readers can also refer to the studies [3, 4, 10, 11, 15, 17] on the concepts mentioned in the paper.

The distance function $\mu(x,\mathcal{V}) = \mu_x(\mathcal{V})$ from $x \in \mathcal{X}$ to non-empty $\mathcal{V} \subseteq \mathcal{X}$ is denoted by $\mu_x(\mathcal{V}) = \inf_{v\in\mathcal{V}} \rho(x,v)$,

where $(\mathcal{X},\rho)$ is the metric space.

The sequence $\{\mathcal{V}_k\} = \{\mathcal{V}_1, \mathcal{V}_2, \dots\}$ is said to be set sequence, where a function $f: \mathbb{N} \to 2^{\mathcal{X}}, f(k) = \mathcal{V}_k \in 2^{\mathcal{X}}$ for each natural number k.

Unless otherwise specified, from now on, $(\mathcal{X},\rho)$ will be considered as the metric space and $\mathcal{V}, \mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k, \mathcal{R}_k, \mathcal{U}_k \subset \mathcal{X}$ will be considered as non-empty closed subsets for each $k \in \mathbb{N}$.

The set sequence $\{\mathcal{V}_k\}$ is Wijsman convergent to the set $\mathcal{V}$ if for each $x \in \mathcal{X}$ $\lim_{k\to\infty} \mu_x(\mathcal{V}_k) = \mu_x(\mathcal{V})$.

The σ-mean (or invariant mean) is a continuous linear functional φ on the space of bounded sequences ℓ_∞ which satisfies followings:

- $\varphi(a_n) \geq 0$ when the sequence (a_n) consists of non-negative elements for all n,
- $\varphi(e) = 1$ for $e = (1,1,\dots)$,
- $\varphi(a_{\sigma(n)}) = \varphi(a_n)\ \ forall\ \ (a_n) \in \ell_\infty$,

where σ is the mapping from $\mathbb{Z}^+$ into itself.

The mappings σ are taken as one-to-one and (kth iterate of σ) $\sigma^k(n) \neq n$ for all non-negative integer k.

For any non-empty closed subsets $\mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k$ such that $\mu_x(\mathcal{V}_k) > 0$ and $\mu_x(\mathcal{T}_k) > 0$ for each $x \in \mathcal{X}$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically equivalent to multiple λ if for each $x \in \mathcal{X}$ $\lim_{k\to\infty} \frac{\mu_x(\mathcal{V}_k)}{\mu_x(\mathcal{T}_k)} = \lambda$ and the format $\mathcal{V}_k \overset{W^\lambda}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda = 1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically equivalent.

In the rest of paper, for the Wijsman asymptotically equivalent to multiple λ concepts, we regard non-empty closed subsets $\mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k$ as $\mu_x(\mathcal{V}_k) > 0$ and $\mu_x(\mathcal{T}_k) > 0$, for each $x \in \mathcal{X}$ and use the notation $\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})$ instead of $\frac{\mu_x(\mathcal{V}_k)}{\mu_x(\mathcal{T}_k)}$.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically strongly deferred Cesàro equivalent to multiple λ if for each $x \in \mathcal{X}$

$$\lim_{j\to\infty}\frac{1}{q(j)-s(j)}\sum_{k=s(j)+1}^{q(j)}|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})-\lambda|=0,$$

where the sequences $(s(j))$ and $(q(j))$ are non-negative integers sequences such that

$$s(j)<q(j) \quad \text{and} \quad \lim_{j\to\infty} q(j)=\infty \qquad (1.1)$$

and the format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda=1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically strongly deferred Cesàro equivalent.

In the rest of paper, we regard the sequences $(s(j))$ and $(q(j))$ as non-negative integers sequences satisfying (3.1).

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred statistical equivalent to multiple λ if for every $\gamma>0$ and each $x\in\mathcal{X}$ $\lim_{j\to\infty}\frac{1}{q(j)-s(j)}|\{s(j)<k\leq q(j):|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})-\lambda|\geq\gamma\}|=0$ and the format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S)}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda=1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically deferred statistical equivalent.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalent to multiple λ of order α if for each $x\in\mathcal{X}$

$$\lim_{j\to\infty}\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\sum_{k=s(j)+1}^{q(j)}|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda|^p=0$$

uniformly in n, where $0<p<\infty$ and $0<\alpha\leq 1$. The format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_{\sigma}^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used, and the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalent of order α if $\lambda=1$.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α if for every $\gamma>0$ and each $x\in\mathcal{X}$ $\lim_{j\to\infty}\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}|\{s(j)<k\leq q(j):|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda|\geq\gamma\}|=0$ uniformly in n, where $0<\alpha\leq 1$. The format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used, and the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent of order α if $\lambda=1$.

2. MAİN RESULTS

We give some inclusions and properties of the Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α for set sequences. Futhermore, we give that these inclusions and properties hold for the Wijsman asymptotical strongly p-deferred invariant equivalence of order α.

The following theorems are proved under the restriction

$$s(j)\leq s'(j)\leq q'(j)\leq q(j)$$

for all j, where $\{s(j)\}$, $\{s'(j)\}$, $\{q(j)\}$, $\{q'(j)\}$ are non-negative integers sequences.

Theorem 4.1 *Let*

$$\{(\frac{q(j)-s(j)}{q'(j)-s'(j)})^{\alpha}\}$$

is bounded. If

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$, then

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$, where $0 < \alpha \leq 1$.

Proof. For $0 < \alpha \leq 1$, let

$$\left\{\left(\frac{q(j)-s(j)}{q'(j)-s'(j)}\right)^{\alpha}\right\}$$

is bounded and

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$. For every $\gamma > 0$ and each $x \in \mathcal{X}$, since

$$\left\{s'(j) < k \leq q'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\} \subseteq \left\{s(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\},$$

we have

$$\left|\left\{s'(j) < k \leq q'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right| \leq \left|\left\{s(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|$$

for all n.

So,

$$\frac{1}{(q'(j)-s'(j))^{\alpha}}\left|\left\{s'(j) < k \leq q'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|$$

$$\leq \left(\frac{q(j)-s(j)}{q'(j)-s'(j)}\right)^{\alpha} \frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}} \left|\{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\}\right|.$$

For $j \to \infty$, we get the desired result, i.e

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$.

Theorem 4.2 *Let the sets* $\{k: s(j) < k \leq s'(j)\}$ *and* $\{k: q'(j) < k \leq q(j)\}$ *are finite for all natural numbers* j. *If*

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$, then

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$, where $0 < \alpha \leq 1$.

Proof. Let the sets $\{k: s(j) < k \leq s'(j)\}$ and $\{k: q'(j) < k \leq q(j)\}$ are finite for all natural numbers j and for $0 < \alpha \leq 1$

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$. For every $\gamma > 0$ and each $x \in \mathcal{X}$,

$$\left\{s(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}$$

$$= \left\{s(j) < k \leq s'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}$$

$$\cup \left\{s'(j) < k \leq q'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}$$

$$\cup \left\{q'(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}$$

and so, for all n

$$\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\left|\left\{s(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|$$

$$\leq \frac{1}{(q(j)-s'(j))^{\alpha}}\left|\left\{s(j) < k \leq s'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|$$

$$+ \frac{1}{(q'(j)-s'(j))^{\alpha}}\left|\left\{s'(j) < k \leq q'(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|$$

$$+ \frac{1}{(q'(j)-s'(j))^{\alpha}}\left|\left\{q'(j) < k \leq q(j): \left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right) - \lambda\right| \geq \gamma\right\}\right|.$$

For $j \to \infty$, we get the desired result, i.e.,

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$.

Similar theorems can be proved for the concept of Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalence of order α. So, we give the following theorems without proofs.

Theorem 4.3 *Let*

$$\{\left(\frac{q(j)-s(j)}{q'(j)-s'(j)}\right)^{\alpha}\}$$

is bounded. If

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$, then

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$, where $0 < p < \infty$ and $0 < \alpha \leq 1$.

Theorem 4.4 *Let the sets* $\{k: s(j) < k \leq s'(j)\}$ *and* $\{k: q'(j) < k \leq q(j)\}$ *are finite for all natural numbers* j. *If*

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s'(j)$ and $q'(j)$, then

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for the sequences $s(j)$ and $q(j)$, where $0 < p < \infty$ and $0 < \alpha \leq 1$.

KAYNAKLAR

[1] Agnew R.P., *On deferred Cesàro mean*, Comm. Ann. Math. **33** (1932), 413–421.

[2] Altınok M., İnan B. and Küçükaslan M. *On deferred statistical convergence of sequences of sets in metric space*, Turkish Journal of Mathematics and Computer Science Article ID 20150050, (2015), 9 pages.

[3] Beer G., *Wijsman convergence: A survey*, Set-Valued Anal. **2**(1) (1994), 77–94.

[4] Çolak R., *Statistical convergence of order α*, Anamaya Publishers, New Delhi, 2010.

[5] Et M., Altınok H. and Çolak R., *On Wijsman asymptotically deferred statistical equivalence of order α for set sequences*, AIP Conf. Proc. **1926** (2018), https://doi.org/10.1063/1.5020465

[6] Gülle E., *Deferred invariant statistical convergence of order η for set sequences*, Honam Math. J. **44**(1) (2022), 110–120.

[7] Gülle E. and Ulusu U., *Wijsman deferred invariant statistical and strong p-deferred invariant equivalence of order α*, Fundam. J. Math. Appl. **6** (2023), no. 4, 211–217.

[8] Koşar C., Küçükaslan M. and Et M., *On asymptotically deferred statistical equivalence of sequences*, Filomat **31**(16) (2017), 5139–5150.

[9] Küçükaslan M. and Yılmaztürk M., *On deferred statistical convergence of sequences*, Kyungpook Math. J. **56** (2016), 357–366.

[10] Marouf M., *Asymptotic equivalence and summability*, Int. J. Math. Math. Sci. **16** (1993), no. 4, 755–762.

[11] Mursaleen M. and Edely O.H.H., *Statistical convergence of double sequences*, J. Math. Anal. Appl. **288**(1) (2003), 223–231.

[12] Nuray F. and Rhoades B.E., *Statistical convergence of sequences of sets*, Fasc. Math. **49** (2012), 87–99.

[13] Nuray F., *Strongly deferred invariant convergence and deferred invariant statistical convergence*, J. Computer Sci. Comput. Math. **10**(1) (2020), 1–6.

[14] Pancaroğlu N. and Nuray F., *On invariant statistically convergence and lacunary invariant statistical convergence of sequences of sets*, Progress Appl. Math. **5** (2013), no. 2, 23–29.

[15] Patterson R.F., *On asymptotically statistically equivalent sequences*, Demostr. Math. **36** (2003), 149–153.

[16] Ulusu U. and Nuray F., *On asymptotically lacunary statistical equivalent set sequences*, J. Math. **2013** (Article ID 310438) (2013), 5 pages.

[17] Wijsman R.A., *Convergence of sequences of convex sets, cones and functions*, Bull. Amer. Math. Soc. **70**(1) (1964), 186–188.

NEW RESULTS ON ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER A FOR SET SEQUENCES

Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR[1], Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE[2], Prof. Dr., Uğur ULUSU[3]

[1] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, edundar@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0545-7486

[2] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, egulle@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5575-2937

[3] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye, ugurulusu@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7658-6114

Özet

Bu bilimsel araştırmada, metrik uzaylarda tanımlı kapalı küme dizileri için α mertebeden Wijsman deferred invaryant istatistiksel denklik konusu detaylıca ele alınmakta ve matematiğe özgün yeni teorik sonuçlar kazandırılmaktadır. Bu bilimsel çalışmanın teorik altyapısı; literatürde yer alan Wijsman yakınsaklığı, deferred Cesàro ortalaması, invaryant istatistiksel yakınsaklık ile lacunary istatistiksel yakınsaklık kavramları üzerine inşa edilen önceki temel araştırmalara dayanmaktadır. Makalenin ana bölümünde, α mertebeden Wijsman deferred invaryant istatistiksel denkliğe sahip küme dizileri için kapsama bağıntılarını detaylı bir biçimde inceleyen üç temel matematiksel teorem titizlikle ispatlanmıştır. Bu teoremler vasıtasıyla, küme dizileri arasındaki alt küme kapsama ilişkilerinin tanımlanan denkliği tam anlamıyla koruduğu açıkça gösterilmiştir. Ayrıca, iki denk küme dizisinin arasında bulunan üçüncü bir küme dizisinin de aynı şekilde denkliğe sahip olduğunu kanıtlayan sıkıştırma teoremi benzeri oldukça önemli ve çok güçlü bir matematiksel yapı kurulmuştur. Makalenin son kısmında ise araştırmacılar, elde edilen tüm bu teoremlerin ve teorik kapsama sonuçlarının benzer bir biçimde α mertebeden Wijsman asimptotik kuvvetli p-deferred invaryant denklik kavramı için de tamamen eksiksiz ve geçerli olduğunu önemle vurgulamışlardır.

Anahtar Kelimeler: Asymptotical equivalence, Deferred Cesàro mean, Invariant, Set sequences, Order α.

NEW RESULTS ON ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER A FOR SET SEQUENCES

Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR[1], Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE[2], Prof. Dr., Uğur ULUSU[3]

[1] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, edundar@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0545-7486

[2] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye, egulle@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5575-2937

[3] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye, ugurulusu@cumhuriyet.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7658-6114

Abstract

In this scientific research, the concept of Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α for sequences of closed sets defined in metric spaces is discussed in detail, and novel theoretical results are contributed to mathematics. The theoretical background of this scientific study is based on previous fundamental research built upon the concepts of Wijsman convergence, deferred Cesàro mean, invariant statistical convergence, and lacunary statistical convergence in the literature. In the main section of the paper, three main mathematical theorems examining inclusion relations in detail for set sequences having Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α are rigorously proved. Through these theorems, it is clearly demonstrated that subset inclusion relations between set sequences fully preserve the defined equivalence. Furthermore, a very important and powerful mathematical structure similar to the squeeze theorem, proving that a third set sequence lying between two equivalent set sequences also possesses the same equivalence, is established. In the final part of the paper, the researchers emphasize that all these obtained theorems and theoretical inclusion results are fully complete and valid in a similar manner for the concept of Wijsman asymptotical strong p-deferred invariant equivalence of order α.

Keywords: Asymptotical equivalence, Deferred Cesàro mean, Invariant, Set sequences, Order α.

1. GİRİŞ

The deferred statistical convergence was given in [9] while deferred Cesàro mean was first presented by Agnew [1]. After, the deferred invariant statistical convergence was firstly studied in [13]. Also, the asymptotical deferred statistical equivalence introduced in [8]. Basic convergence concepts in the Wijsman sense for set sequences were introduced via using statistical, invariant statistical convergence and asymptotical statistical equivalence in [12], [14] and [16], respectively. Then, the Wijsman deferred statistical, Wijsman deferred invariant statistical convergence and Wijsman asymptotical deferred statistical equivalence for set sequences were given in [2], [6] and [5], respectively. Recently, the Wijsman asymptotical deferred invariant statistical and Wijsman asymptotical strongly p-deferred invariant equivalent of order α set sequences were studied in [7]. In this paper, we give some new results on the concepts given in [7].

The readers can also refer to the studies [3, 4, 10, 11, 15, 17] on the concepts mentioned in the paper.

The distance function $\mu(x,\mathcal{V}) = \mu_x(\mathcal{V})$ from $x \in \mathcal{X}$ to non-empty $\mathcal{V} \subseteq \mathcal{X}$ is denoted by $\mu_x(\mathcal{V}) = \inf_{v\in\mathcal{V}} \rho(x,v)$,

where $(\mathcal{X},\rho)$ is the metric space.

The sequence $\{\mathcal{V}_k\} = \{\mathcal{V}_1, \mathcal{V}_2, \dots\}$ is said to be set sequence, where a function $f: \mathbb{N} \to 2^{\mathcal{X}}, f(k) = \mathcal{V}_k \in 2^{\mathcal{X}}$ for each natural number k.

Unless otherwise specified, from now on, $(\mathcal{X},\rho)$ will be considered as the metric space and $\mathcal{V}, \mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k, \mathcal{R}_k, \mathcal{U}_k \subset \mathcal{X}$ will be considered as non-empty closed subsets for each $k \in \mathbb{N}$.

The set sequence $\{\mathcal{V}_k\}$ is Wijsman convergent to the set $\mathcal{V}$ if for each $x \in \mathcal{X}$ $\lim_{k\to\infty} \mu_x(\mathcal{V}_k) = \mu_x(\mathcal{V})$.

The σ-mean (or invariant mean) is a continuous linear functional φ on the space of bounded sequences ℓ_∞ which satisfies followings:

- $\varphi(a_n) \geq 0$ when the sequence (a_n) consists of non-negative elements for all n,
- $\varphi(e) = 1$ for $e = (1,1,\dots)$,
- $\varphi(a_{\sigma(n)}) = \varphi(a_n)\ \ forall\ \ (a_n) \in \ell_\infty$,

where σ is the mapping from $\mathbb{Z}^+$ into itself.

The mappings σ are taken as one-to-one and (kth iterate of σ) $\sigma^k(n) \neq n$ for all non-negative integer k.

For any non-empty closed subsets $\mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k$ such that $\mu_x(\mathcal{V}_k) > 0$ and $\mu_x(\mathcal{T}_k) > 0$ for each $x \in \mathcal{X}$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically equivalent to multiple λ if for each $x \in \mathcal{X}$ $\lim_{k\to\infty} \frac{\mu_x(\mathcal{V}_k)}{\mu_x(\mathcal{T}_k)} = \lambda$ and the format $\mathcal{V}_k \overset{W^\lambda}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda = 1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically equivalent.

In the rest of paper, for the Wijsman asymptotically equivalent to multiple λ concepts, we regard non-empty closed subsets $\mathcal{V}_k, \mathcal{T}_k$ as $\mu_x(\mathcal{V}_k) > 0$ and $\mu_x(\mathcal{T}_k) > 0$, for each $x \in \mathcal{X}$ and use the notation $\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})$ instead of $\frac{\mu_x(\mathcal{V}_k)}{\mu_x(\mathcal{T}_k)}$.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically strongly deferred Cesàro equivalent to multiple λ if for each $x \in \mathcal{X}$

$$\lim_{j\to\infty}\frac{1}{q(j)-s(j)}\sum_{k=s(j)+1}^{q(j)}|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})-\lambda|=0,$$

where the sequences $(s(j))$ and $(q(j))$ are non-negative integers sequences such that

$$s(j)<q(j) \quad \text{and} \quad \lim_{j\to\infty} q(j)=\infty \qquad (1.1)$$

and the format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda=1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically strongly deferred Cesàro equivalent.

In the rest of paper, we regard the sequences $(s(j))$ and $(q(j))$ as non-negative integers sequences satisfying (3.1).

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred statistical equivalent to multiple λ if for every $\gamma>0$ and each $x\in\mathcal{X}$ $\lim_{j\to\infty}\frac{1}{q(j)-s(j)}|\{s(j)<k\leq q(j):|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_k}{\mathcal{T}_k})-\lambda|\geq\gamma\}|=0$ and the format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S)}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used. If $\lambda=1$, the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically deferred statistical equivalent.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalent to multiple λ of order α if for each $x\in\mathcal{X}$

$$\lim_{j\to\infty}\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\sum_{k=s(j)+1}^{q(j)}|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda|^p=0$$

uniformly in n, where $0<p<\infty$ and $0<\alpha\leq 1$. The format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}[V_{\sigma}^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used, and the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalent of order α if $\lambda=1$.

The set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α if for every $\gamma>0$ and each $x\in\mathcal{X}$ $\lim_{j\to\infty}\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}|\{s(j)<k\leq q(j):|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda|\geq\gamma\}|=0$ uniformly in n, where $0<\alpha\leq 1$. The format $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$ is used, and the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are called Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent of order α if $\lambda=1$.

2. MAİN RESULTS

We give additional results on the Wijsman deferred invariant statistical equivalence of order α $(0<\alpha\leq 1)$ for set sequences. Also, we mention that these results hold for the Wijsman asymptotical strongly p-deferred $(0<p<\infty)$ invariant equivalence of order α.

Theorem 2.1 *If the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α and $\mathcal{V}_k\subseteq\mathcal{U}_k$ for each $k\in\mathbb{N}$, then the set sequences $\{\mathcal{U}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α, where $0<\alpha\leq 1$.*

Proof. Let

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for $0<\alpha\leq 1$ and

$$\mathcal{V}_k \subseteq \mathcal{U}_k$$

for each $k \in \mathbb{N}$. Then, for each $k \in \mathbb{N}$

$$\mathcal{V}_k \subseteq \mathcal{U}_k \Rightarrow \mathcal{V}_{\sigma^k(n)} \subseteq \mathcal{U}_{\sigma^k(n)} \text{ for all } n$$
$$\Rightarrow \mu_x(\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}) \leq \mu_x(\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}) \text{ for each } x \in \mathcal{X}$$
$$\Rightarrow |\mu_x(\frac{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \leq |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda|.$$

So, for every $\gamma > 0$

$$\{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\} \subseteq \{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\}$$

and

$$\frac{1}{(q(j) - s(j))^\alpha} |\{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\}|$$
$$\leq \frac{1}{(q(j) - s(j))^\alpha} |\{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\}|.$$

For $j \to \infty$, we get the desired result, i.e.,

$$\mathcal{U}_k \overset{W_D^\lambda(S_\sigma^\alpha)}{\sim} \mathcal{T}_k.$$

Theorem 2.2 *If the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{T}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α and $\mathcal{R}_k \subseteq \mathcal{T}_k$ for each $k \in \mathbb{N}$, then the set sequences $\{\mathcal{V}_k\}$ and $\{\mathcal{R}_k\}$ are Wijsman asymptotically deferred invariant statistical equivalent to multiple λ of order α, where $0 < \alpha \leq 1$.*

Proof. Let

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^\lambda(S_\sigma^\alpha)}{\sim} \mathcal{T}_k$$

for $0 < \alpha \leq 1$ and

$$\mathcal{R}_k \subseteq \mathcal{T}_k$$

for each $k \in \mathbb{N}$. Then, for each $k \in \mathbb{N}$

$$\mathcal{R}_k \subseteq \mathcal{T}_k \Rightarrow \mathcal{R}_{\sigma^k(n)} \subseteq \mathcal{T}_{\sigma^k(n)} \text{ for all } n$$
$$\Rightarrow \mu_x(\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}) \leq \mu_x(\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}) \text{ for each } x \in \mathcal{X}$$
$$\Rightarrow |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \leq |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda|.$$

So, for every $\gamma > 0$

$$\{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\} \subseteq \{s(j) < k \leq q(j): |\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}) - \lambda| \geq \gamma\}$$

and

$$\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\left|\{s(j)<k\leq q(j):\left|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}})-\lambda\right|\geq\gamma\}\right|$$

$$\leq\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\left|\{s(j)<k\leq q(j):\left|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda\right|\geq\gamma\}\right|.$$

For $j\to\infty$, we get the desired result, i.e.,

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{R}_k.$$

Theorem 2.3 *If* $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{U}_k$ and $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{R}_k$, *then* $\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k$, *where* $0<\alpha\leq 1$ *and* $\{\mathcal{U}_k\}$, $\{\mathcal{T}_k\}$, $\{\mathcal{R}_k\}$ *be set sequences such that* $\mathcal{U}_k\subset\mathcal{T}_k\subset\mathcal{R}_k$ *for each* $k\in\mathbb{N}$.

Proof. Let

$$\mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{U}_k \text{ and } \mathcal{V}_k \overset{W_D^{\lambda}(S_{\sigma}^{\alpha})}{\sim} \mathcal{R}_k$$

where $0<\alpha\leq 1$ and

$$\mathcal{U}_k\subset\mathcal{T}_k\subset\mathcal{R}_k$$

for each $k\in\mathbb{N}$. Then, for each $k\in\mathbb{N}$

$$\mathcal{U}_k\subset\mathcal{T}_k\subset\mathcal{R}_k\Rightarrow\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}\subset\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}\subset\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}\ \text{ for all }\ n$$

$$\Rightarrow\mu_x(\mathcal{R}_{\sigma^k(n)})\leq\mu_x(\mathcal{T}_{\sigma^k(n)})\leq\mu_x(\mathcal{U}_{\sigma^k(n)})\ \text{for each}\ x\in\mathcal{X}$$

$$\Rightarrow\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}})\leq\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})\leq\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}}).$$

So, for every $\gamma>0$

$$\left\{s(j)<k\leq q(j):\left|\mu_x\left(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}}\right)-\lambda\right|\geq\gamma\right\}$$

$$=\{s(j)<k\leq q(j):\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})\geq\lambda+\gamma\}\cup\{s(j)<k\leq q(j):\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})\leq\lambda-\gamma\}$$

$$\subset\{s(j)<k\leq q(j):\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}})\geq\lambda+\gamma\}\cup\{s(j)<k\leq q(j):\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}})\leq\lambda-\gamma\}$$

and

$$\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\left|\{s(j)<k\leq q(j):\left|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{T}_{\sigma^k(n)}})-\lambda\right|\geq\gamma\}\right|$$

$$\leq\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}\left|\{s(j)<k\leq q(j):\left|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{R}_{\sigma^k(n)}})-\lambda\right|\geq\gamma\}\right|$$

$$+\frac{1}{(q(j)-s(j))^{\alpha}}|\{s(j)<k\leq q(j):|\mu_x(\frac{\mathcal{V}_{\sigma^k(n)}}{\mathcal{U}_{\sigma^k(n)}})-\lambda|\geq\gamma\}|.$$

For $j\to\infty$, we get the desired result, i.e.,

$$\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}(S_\sigma^{\alpha})}{\sim} \mathcal{T}_k.$$

Similar theorems can be proved for the concept of Wijsman asymptotically strongly p-deferred invariant equivalence of order α. So, we give the following theorems without proofs.

Theorem 2.4 *If* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ *and* $\mathcal{V}_k \subseteq \mathcal{U}_k$ *for each* $k\in\mathbb{N}$, *then* $\mathcal{U}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ *where* $0<\alpha\leq 1$.

Theorem 2.5 *If* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ *and* $\mathcal{R}_k \subseteq \mathcal{T}_k$ *for each* $k\in\mathbb{N}$, *then* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{R}_k$ *where* $0<\alpha\leq 1$.

Theorem 2.6 *If* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{U}_k$ *and* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{R}_k$, *then* $\mathcal{V}_k \overset{w_D^{\lambda}[V_\sigma^{\alpha}]^p}{\sim} \mathcal{T}_k$ *where* $0<\alpha\leq 1$ *and* $\{\mathcal{U}_k\}$, $\{\mathcal{T}_k\}$, $\{\mathcal{R}_k\}$ *be set sequences such that* $\mathcal{U}_k\subset\mathcal{T}_k\subset\mathcal{R}_k$ *for each* $k\in\mathbb{N}$.

KAYNAKLAR

[1] Agnew R.P., *On deferred Cesàro mean*, Comm. Ann. Math. **33** (1932), 413–421.

[2] Altınok M., İnan B. and Küçükaslan M. *On deferred statistical convergence of sequences of sets in metric space*, Turkish Journal of Mathematics and Computer Science Article ID 20150050, (2015), 9 pages.

[3] Beer G., *Wijsman convergence: A survey*, Set-Valued Anal. **2**(1) (1994), 77–94.

[4] Çolak R., *Statistical convergence of order α*, Anamaya Publishers, New Delhi, 2010.

[5] Et M., Altınok H. and Çolak R., *On Wijsman asymptotically deferred statistical equivalence of order α for set sequences*, AIP Conf. Proc. **1926** (2018), https://doi.org/10.1063/1.5020465

[6] Gülle E., *Deferred invariant statistical convergence of order η for set sequences*, Honam Math. J. **44**(1) (2022), 110–120.

[7] Gülle E. and Ulusu U., *Wijsman deferred invariant statistical and strong p-deferred invariant equivalence of order α*, Fundam. J. Math. Appl. **6** (2023), no. 4, 211–217.

[8] Koşar C., Küçükaslan M. and Et M., *On asymptotically deferred statistical equivalence of sequences*, Filomat **31**(16) (2017), 5139–5150.

[9] Küçükaslan M. and Yılmaztürk M., *On deferred statistical convergence of sequences*, Kyungpook Math. J. **56** (2016), 357–366.

[10] Marouf M., *Asymptotic equivalence and summability*, Int. J. Math. Math. Sci. **16** (1993), no. 4, 755–762.

[11] Mursaleen M. and Edely O.H.H., *Statistical convergence of double sequences*, J. Math. Anal. Appl. **288**(1) (2003), 223–231.

[12] Nuray F. and Rhoades B.E., *Statistical convergence of sequences of sets*, Fasc. Math. **49** (2012), 87–99.

[13] Nuray F., *Strongly deferred invariant convergence and deferred invariant statistical convergence*, J. Computer Sci. Comput. Math. **10**(1) (2020), 1–6.

[14] Pancaroğlu N. and Nuray F., *On invariant statistically convergence and lacunary invariant statistical convergence of sequences of sets*, Progress Appl. Math. **5** (2013), no. 2, 23–29.

[15] Patterson R.F., *On asymptotically statistically equivalent sequences*, Demostr. Math. **36** (2003), 149–153.

[16] Ulusu U. and Nuray F., *On asymptotically lacunary statistical equivalent set sequences*, J. Math. **2013** (Article ID 310438) (2013), 5 pages.

[17] Wijsman R.A., *Convergence of sequences of convex sets, cones and functions*, Bull. Amer. Math. Soc. **70**(1) (1964), 186–188.

BAZI YENİ DİBENZO[*b,h*][1,6]NAFTİRİDİN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Fatma İrem GÜLER[1]/ Doç. Dr. Barış Seçkin ARSLAN[2]/ Prof. Dr. Mehmet NEBİOĞLU[3]

[1]Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi Kimya Bölümü, ftmiremguler@gmail.com, 0009-0001-1855-7101

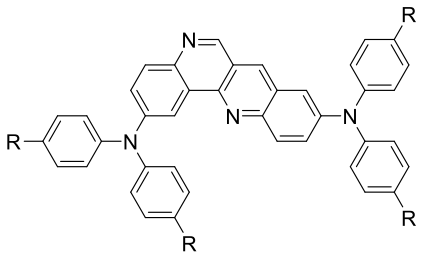
[2]Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi Kimya Bölümü, barisseckin@sakarya.edu.tr, 0000-0003-0022-4701

[3]Sakarya Üniversitesi, Fen Fakültesi Kimya Bölümü, nebioglu@sakarya.edu.tr, 0000-0002-2603-3906

Özet

Elektron verici (donör, D) ve elektron alıcı (akseptör, A) birimlerin moleküler düzeyde bir araya getirilmesiyle tasarlanan organik yarı iletkenler, elektronik ve optik özelliklerinin kontrol edilebilir olması nedeniyle malzeme kimyasında önemli bir araştırma alanıdır. Bu malzemeler; organik ve perovskit güneş hücreleri, organik ışık yayan diyotlar (OLED), organik alan etkili transistörler (OFET), elektrokromik cihazlar ve biyolojik görüntüleme uygulamalarında kullanılmaktadır. Donör–π köprüsü–donör (D–π–D) mimarisi, özellikle boşluk taşıma malzemelerinin geliştirilmesi ve elektroaktif özelliklerin düzenlenmesi açısından önem taşımaktadır (Ruighi vd., 2023). Difenilamin, trifenilamin, karbazol ve fenotiyazin gibi elektronca zengin gruplar, donör karakterleri ile termal ve elektrokimyasal kararlılıkları nedeniyle bu sistemlerde sıklıkla tercih edilmektedir (Arslan, 2024) Bununla birlikte, π-konjuge köprünün yapısı da moleküler orbital enerji düzeylerinin, elektron delokalizasyonunun ve molekül içi yük dağılımının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda, kaynaşmış bisiklik heteroaromatik yapısı ve azot atomlarının elektronik etkileriyle öne çıkan naftiridin türevleri, moleküler elektronik özelliklerin düzenlenmesi açısından dikkat çekici yapı taşlarıdır (Arslan vd., 2019). Bu çalışmada, elektrokromik cihazlarda elektroaktif malzemeler ve fotovoltaik uygulamalarda boşluk taşıma malzemesi olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olabilecekleri değerlendirilen, donör olarak difenilamin türevleri içeren dibenzo[b,h][1,6]naftiridin esaslı D–π–D mimarisine sahip bileşiklerin (Şekil 1) sentezlenmesi ve FT-IR, NMR ve kütle spektrometrisi yöntemleriyle yapısal olarak karakterize edilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sentez, Karakterizasyon, Dibenzo[b,h][1,6]naftiridin, D–π–D



Şekil 1. Sentezlenen bileşiklerin genel yapısı

Kaynaklar

Arslan, B. S., Güzel, E., Kaya, T., Durmaz, V., Keskin, M., Avcı, D., Nebioğlu, M., Şişman, İ. (2019). Novel D-π-A organic dyes for DSSCs based on dibenzo [b, h][1, 6] naphthyridine as a π-bridge. Dyes and Pigments, 164, 188-197.

Arslan, B. S. (2024). Effect of electron donor groups on the performance of benzothiadiazole dyes with simple structures for dye-sensitized solar cells. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 449, 115392.

Ruighi, F., Fabiano, E., Franco, L., Agostini, A., Zatta, S., Corrente, G. A., Capodilupo, A. L. (2023). Colour tunability by optically induced electron transfer in diarylamine-dibenzothiophene derivatives. Dyes and Pigments, 219, 111582.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SOME NEW DIBENZO[*b,h*][1,6]NAPHTHYRIDINE DERIVATIVES

Fatma İrem GÜLER[1]/ Assoc. Prof. Dr. Barış Seçkin ARSLAN[2]/ Prof. Dr. Mehmet NEBİOĞLU[3]

[1] Sakarya University, Faculty of Science, Department of Chemistry, ftmiremguler@gmail.com, 0009-0001-1855-7101

[2] Sakarya University, Faculty of Science, Department of Chemistry, barisseckin@sakarya.edu.tr, 0000-0003-0022-4701

[3] Sakarya University, Faculty of Science, Department of Chemistry nebioglu@sakarya.edu.tr, 0000-0002-2603-3906

Abstract

Organic semiconductors designed by integrating electron-donating (donor, D) and electron-accepting (acceptor, A) units at the molecular level represent an important research area in materials chemistry due to the tunability of their electronic and optical properties. These materials are used in organic and perovskite solar cells, organic light-emitting diodes (OLEDs), organic field-effect transistors (OFETs), electrochromic devices, and bioimaging applications. The donor–π-bridge–donor (D–π–D) structure is particularly important for the development of hole-transport materials and the modulation of electroactive properties (Ruighi et al., 2023). Electron-rich groups such as diphenylamine, triphenylamine, carbazole, and phenothiazine are frequently preferred in these systems due to their donor characteristics and thermal and electrochemical stability (Arslan, 2024). Furthermore, the structure of the π-conjugated bridge plays a significant role in determining molecular orbital energy levels, electron delocalization, and intramolecular charge distribution. Naphthyridine derivatives, distinguished by their fused bicyclic heteroaromatic structures and the electronic effects of their nitrogen atoms, represent promising building blocks for modulating molecular electronic properties (Arslan et al., 2019). In this work, the synthesis of compounds featuring a dibenzo[b,h][1,6]naphthyridine-based D–π–D architecture, incorporating diphenylamine derivatives as donor units (**Fig 1**), is targeted. These compounds are considered to have potential for use as electroactive materials in electrochromic devices and as hole-transport materials in photovoltaic applications. The synthesized compounds will be structurally characterized using FT-IR, NMR, and mass spectrometry.

Keywords: Synthesis, Characterization, Dibenzo[b,h][1,6]naphthyridine, D–π–D

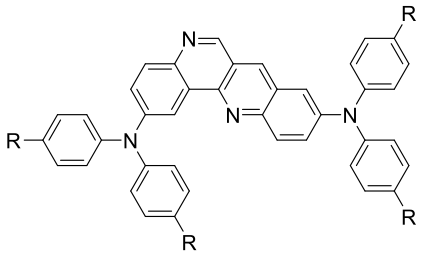


Figure 1. General structure of the synthesized compounds

References

Arslan, B. S., Güzel, E., Kaya, T., Durmaz, V., Keskin, M., Avcı, D., Nebioğlu, M., Şişman, İ. (2019). Novel D-π-A organic dyes for DSSCs based on dibenzo [b, h][1, 6] naphthyridine as a π-bridge. Dyes and Pigments, 164, 188-197.

Arslan, B. S. (2024). Effect of electron donor groups on the performance of benzothiadiazole dyes with simple structures for dye-sensitized solar cells. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 449, 115392.

Ruighi, F., Fabiano, E., Franco, L., Agostini, A., Zatta, S., Corrente, G. A., Capodilupo, A. L. (2023). Colour tunability by optically induced electron transfer in diarylamine-dibenzothiophene derivatives. Dyes and Pigments, 219, 111582.

SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN MEKÂNSAL BİR YAKLAŞIM: BİYOİKLİMSEL ÖZELLİKLERE GÖRE SİLİFKE ÇİLEĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Mehmet Özgür ÇELİK[1]

[1]Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Mersin Türkiye, mozgurcelik33@gmail.com, 0000-0003-4569-888X

Özet

Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yer alan ve bulunduğu konum itibariyle Akdeniz iklimi etkisi altındaki Mersin ilinin Silifke ilçesi, çilek için oldukça uygun iklimsel koşullara sahiptir. Nitekim, Türkiye'de üretilen çileğin yaklaşık %21,91'i Mersin'de, buradaki üretimin %27,65'i ise sadece Silifke'de gerçekleşmektedir. Bu bakımdan, Silifke çilek üretimi için son derece kritik noktadır. Burada tarımsal faaliyeti yapılan çileğin yaklaşık %10'u ise doğrudan ihracata gönderilmekte ve Türkiye'nin ekonomisine katma değer sağlamaktadır. Tüm bu özelliklerinden dolayı Silifke çalışma alanı olarak tercih edilmiştir. Bölge ve Türkiye için oldukça önemli konumda bulunan çileğin tarımsal uygunluk analizinin yapılması oldukça kritiktir. Bu bağlamda, Sifike'nin mevcut iklim özellikleri (Bioclimatic variables-BIO1-19) WorldClim platformundan (30'≈ 900 m) temin edilmiştir. BIO1-19 olmak üzere 19 adet iklim verisinin kullanılmasının temel sebebi bunların özellikle tür dağılımların modellenmesinde başarılı sonuçlar vermesidir. Çalışma alanına ait iklim özellikleri kullanılarak çok kriterli karar verme teknikleri (ÇKKV) arasında yer alan analytical hierarchy process (AHP) vasıtasıyla çileğin potansiyel dağılım bölgeleri tespit edilmiştir. Böylece, tarımın sürdürülebilirliği çilek ürünü özelinde çalışma alanı için irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Mersin, AHP, Sürdürülebilir tarım

A SPATIAL APPROACH TO SUSTAINABLE AGRICULTURE: INVESTIGATION OF SILIFKE STRAWBERRY ACCORDING TO ITS BIOCLIMATIC VARIABLES

Dr. Mehmet Özgür ÇELİK[1]

[1]Mersin University Engineering Faculty Geomatics Engineering Mersin Türkiye, mozgurcelik33@gmail.com, 0000-0003-4569-888X

Abstract

The Silifke district of Mersin province, located in the Mediterranean region of Turkey and subject to the influence of the Mediterranean climate, is characterized by climatic conditions that are highly conducive to the cultivation of strawberries. Indeed, approximately 21.91% of the strawberries produced in Turkey are grown in Mersin, and 27.65% of this production takes place in Silifke alone. Therefore, Silifke is a critical location for strawberry production. Approximately 10% of the strawberries grown here are directly exported, adding value to the Turkish economy. Due to all these characteristics, Silifke was chosen as the study area. Conducting an agricultural suitability analysis for strawberries, which hold a very important position for the region and Turkey, is crucial. In this context, the current climatic characteristics (Bioclimatic variables-BIO1-19) of Silifke were obtained from the WorldClim platform (30'≈ 900 m). The main reason for using 19 climate data points, including BIO1-19, is that they yield successful results, especially in modeling species distributions. Using the climatic characteristics of the study area, potential distribution regions for strawberries were determined through the analytical hierarchy process (AHP), a multi-criteria decision-making (MCDM) technique. Consequently, the sustainability of agriculture was examined specifically in the context of strawberry production.

Keywords: Stawberry, Mersin, AHP, Sustainable agriculture

INTRODUCTION

Silifke is located in the Mediterranean basin in southern Türkiye. Due to its geographical location, the region experiences a Mediterranean climate, characterized by an average annual temperature of 19.3°C and an average annual rainfall of 681.0 millimeters (GDM, 2026; Weatherspark, 2026). These characteristics offer highly favorable conditions for strawberry production. Indeed, in 2025, more than one-fifth (21.91%) of the 595,000 tons of strawberries produced in Turkey will be produced in Mersin province alone (TSI, 2026a). In addition, the production of strawberries in Silifke is expected to reach 36,035 tons, constituting approximately 27.65% of the province's total production. Furthermore, approximately 10% of the strawberries produced in Silifke are exported directly, constituting 60% of Türkiye's total strawberry exports (SİTSO, 2025). Consequently, a substantial contribution is made to Turkey's economic development. In this regard, Silifke district occupies a pivotal role in the production of strawberries.

Given these characteristics, Silifke was selected as the study area. Conducting an agricultural suitability analysis for the designated area is imperative, as it is a pivotal location for strawberry cultivation, both regionally and nationally. In this context, the existing climate characteristics (Bioclimatic variables—BIO1-19) of Silifke were obtained from the WorldClim platform. The primary rationale for employing a total of 19 climate data points, encompassing BIO1-19, stems from the fact that they consistently yield effective results, particularly in the context of species distribution modeling.

- ✓ The potential distribution regions of strawberries were determined using the analytical hierarchy process (AHP), a multi-criteria decision-making technique, and the climate characteristics of the study area.
- ✓ Thus, the sustainable cultivation of strawberries was examined for the designated study area.

MATERIAL and METHOD

2.1. Study Area

The study area is Silifke (Figure 1). Silifke is located in the Mediterranean region between 33°30' and 34° North latitude and 36° and 37° East longitude. It has a surface area of 2,943 km² (Mersin Governorship, 2026), and agricultural activities are actively carried out on 18.04% (531.03 km²) of it. Furthermore, it is home to 139,610 people as of 2025 (TSI, 2026b).

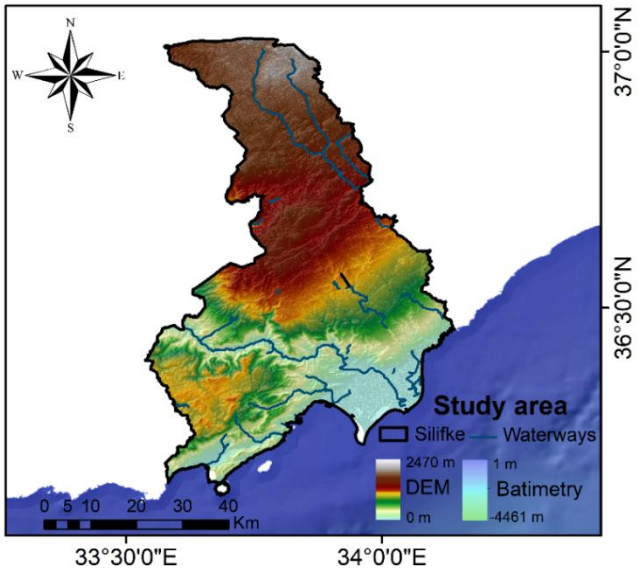


Figure 1. Study area

Material

AHP, a multi-criteria decision-making technique, was used to identify suitable areas for strawberry cultivation, which is one of the main objectives of the study. The analysis was conducted using this method and climate parameters (Bioclimatic variables, BIO1-19). These climate factors were obtained from the WorldClim platform and were cropped according to the study area (Table 1).

Table 1. Parameters used in the study

Parameters	Resolution → Final Resolution	Source
BIO1 (Mean annual temperature)		
BIO2 (Mean diurnal range)		
BIO3 (Isothermality)		
BIO4 (Temperature seasonality)		
BIO5 (Maximum temperature of warmest month)		
BIO6 (Minimum temperature of coldest month)		
BIO7 (Temperature annual range)		
BIO8 (Mean temperature of wettest quarter)		
BIO9 (Mean temperature of driest quarter)		
BIO10 (Mean temperature of warmest quarter)	30'' → 30 m	WorldClim
BIO11 (Mean temperature of coldest quarter)		
BIO12 (Annual precipitation)		
BIO13 (Precipitation of wettest month)		
BIO14 (Precipitation of driest month)		
BIO15 (Precipitation seasonality)		
BIO16 (Precipitation of driest quarter)		
BIO17 (Precipitation of wettest quarter)		
BIO18 (Precipitation of warmest quarter)		
BIO19 (Precipitation of coldest quarter)		

AHP

AHP method was employed to ascertain the potential distribution regions of the strawberry product. AHP is a multi-criteria decision-making technique that utilizes expert opinions, if necessary, to ascertain rankings and weights through the implementation of pairwise comparison matrices (Saaty, 1980). Accordingly, the weights of the parameters and their relative importance levels were determined, and pairwise comparison matrices were created (Table 2).

A consistency analysis of the weighted comparison matrix is performed to ascertain the accuracy of the AHP results. In this analysis, the consistency ratio (CR) is examined. In the event that the CR is equivalent to 0.10 or less, the comparison matrix is to be considered as having been accepted. In the event that the aforementioned conditions are not met, it is imperative that the comparison matrix undergoes a thorough revision. In this study, the consistency ratio was calculated to be 0.026.

Table 2. Pairwise comparison matrices and main weights

Parameters	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*R*	*S*	*T*	*Weights*
BIO1 (A)	1																			0.135
BIO2 (B)	1/5	1																		0.023
BIO3 (C)	1/4	1/2	1																	0.018
BIO4 (D)	1/5	2	2	1																0.040
BIO5 (E)	1/2	2	3	1/2	1															0.046
BIO6 (F)	1/2	2	3	1	1	1														0.036
BIO7 (G)	1	1	2	1/2	1/2	2	1													0.032
BIO8 (H)	1/2	2	2	1	1	2	2	1												0.048
BIO9 (I)	1/2	2	2	1	1	2	2	1	1											0.048
BIO10 (J)	1/2	2	2	1	1	2	2	1	1	1										0.048
BIO11 (K)	1/3	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1									0.045
BIO12 (L)	1/3	5	5	4	4	5	5	4	3	3	4	1								0.132
BIO13 (M)	1/3	3	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1/4	1							0.049
BIO14 (N)	1/4	3	3	1	1	1/2	2	1	1	1	1	1/4	1	1						0.045
BIO15 (O)	1/4	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1/2	1	1	1					0.051
BIO16 (P)	1/3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1/2	1	1	1					0.051
BIO17 (R)	1/3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1				0.051
BIO18 (S)	1/3	2	3	2	1	2	2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1			0.051
BIO19 (T)	1/3	2	3	2	1	1	2	1	1	1	1	1/2	1	1	1	1	1	1	1	0.049

RESULTS

As a result of the analysis, the potential distribution areas for strawberry cultivation in the study area were classified. Accordingly, a total of four classes were created: "*highly suitable,*" "*moderately suitable,*" "*low suitable*," and "*unsuitable.*"

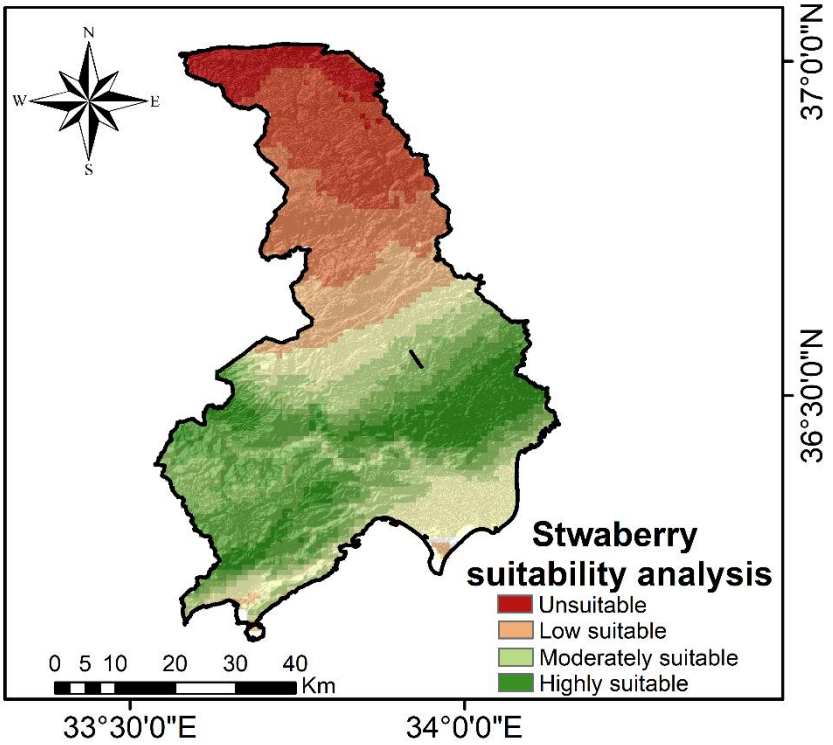


Figure 2. Stawberry suitability map for study area

Furthermore, the low-lying and southern parts of the research area, as well as the flat plains, were found to be "*highly suitable"* for strawberry cultivation. The high mountainous regions were designated as *"unsuitable."* However, while areas with low altitude were identified as suitable, regions in close proximity to the sea were identified as *"unsuitable."* The classification distribution of the study area is presented in Table 3.

Table 3. Areal (km^2) and percentage (%) distribution of classes

Classes	**Area (km^2)**	**Area (%)**
Unsuitable	627.72	21.33
Low suitable	398.71	13.55
Moderately suitable	764.49	25.98
Highly suitable	1152.08	39.15
Total	**2943**	**100**

DISCUSSION

When the findings of the study are evaluated, it has been determined that the region has quite suitable climatic conditions for strawberry cultivation. The AHP method used in the study is frequently preferred in identifying suitable locations because it allows for internal testing of the consistency of the analyses performed (Çelik et al., 2024; Darvishi et al., 2026; Orhan et al., 2025; Toche et al., 2022). In this respect, the study shows similarities with the current literature.

It differs from many studies in the literature in terms of the number and variety of parameters used. In the study conducted by Akıncı et al. (2013), where suitability analysis was carried out using the AHP method, 9 parameters were preferred, while in the study conducted by Pramanik (2016), 10 parameters were preferred. In this context, the use of more variables is one of the unique aspects of the study.

Every academic study has its advantages as well as its disadvantages. It would not be wrong to say that this research also has its shortcomings. Although 19 parameters were used in the study, all of them include climatic characteristics. However, it is important to use soil or topographic features as input parameters, especially in agricultural suitability analyses. Indeed, Moisa et al. (2025) and Karaelmas et al. (2026) used soil and topographic parameters in their studies. However, when access to these parameters is not always possible, and there are doubts about the currency and accuracy of the data, analyses are also carried out based solely on climatic features, and successful results are obtained (Alsafadi et al., 2026; Çelik et al., 2025).

CONCLUSION

This study conducted an agricultural suitability analysis for strawberry cultivation specifically in Silifke and outlined a perspective for sustainable agriculture. According to the analysis results, the study area is highly suitable for strawberry cultivation, and sustainable farming of this product is possible in the region. However, for the continuity of agriculture, it is extremely important to:

- ✓ Consider climate characteristics,
- ✓ select agricultural products suitable for the study area,
- ✓ use limited resources such as soil and water efficiently. Therefore, conducting suitability analyses and determining a roadmap accordingly is necessary for sustainable agriculture.

REFERENCES

Akıncı, H., Özalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and electronics in agriculture*, 97, 71-82. 1 https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.006

Alsafadi, K., Bi, S., Abdo, H. G., Almohamad, H., Alatrach, B., Srivastava, A. K., ... & Mohammed, S. (2023). Modeling the impacts of projected climate change on wheat crop suitability in semi-arid regions using the AHP-based weighted climatic suitability index and CMIP6. *Geoscience Letters*, 10(1), 20. https://doi.org/10.1186/s40562-023-00273-y

Çelik, M. Ö., Kuşak, L., & Yakar, M. (2024). Assessment of groundwater potential zones utilizing geographic information system-based analytical hierarchy process, Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje, and technique for order preference by similarity to ideal solution methods: a case study in Mersin, Türkiye. *Sustainability*, 16(5), 2202. https://doi.org/10.3390/su16052202

Çelik, M. Ö., Orhan, O., & Kurt, M. A. (2025). Predicting climate change impacts on sub-tropical fruit suitability using maxent: A regional study from southern Türkiye. *Sustainability* 17 (12): 5487. https://doi.org/10.3390/su17125487

Darvishi, A., Yousefi, M., Mousavi, S. M., Khoshnamvand, H., Borhani, F., & Schirrmann, M. (2026). GIS–AHP–based land suitability assessment for sustainable agricultural planning on Qeshm Island. *Scientific Reports,* 16(1), 23085. https://doi.org/10.1038/s41598-026-63402-5

GDM. (2026). General Directorate of Meteorology (GDM). Retrieved October 20, 2026, from https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=ICEL

Karaelmas, D., Tekdamar, K., Cengiz, C., Cengiz, B., & Tekdamar, D. A. (2026). GIS and AHP-based agricultural land-use suitability analysis in semi-arid regions of Southeastern Türkiye. *Sustainability*, 18(7), 3508. https://doi.org/10.3390/su18073508

Mersin Governship. (2026). Retrieved October 26, 2026, from https://www.mersin.gov.tr/silifke

Moisa, M. B., Karuppannan, S., Wong, Y. J., & Khaddour, L. A. (2025). Urban agriculture land suitability assessment using AHP and geospatial analysis in Gondar Zuria, Ethiopia. *DYSONA–Applied Science*, 6(2), 322-333. https://doi.org/10.30493/DAS.2025.478550

Orhan, O., Çelik, M. Ö., & Taşci, N. K. (2025). Identify suitable areas for peanut cultivation in Osmaniye province through the AHP Method. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 13(4), 1063-1082. https://doi.org/10.36306/konjes.1661112

Pramanik, M. K. (2016). Site suitability analysis for agricultural land use of Darjeeling district using AHP and GIS techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 56. https://doi.org/10.1007/s40808-016-0116-8

Saaty, T.L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York, 1980.

SİTSO. (2025). Silifke Ticaret ve Sanayi Odası (SİTSO). Retrieved October 26, 2026, from https://www.sitso.org.tr/files/interaktif/interaktif/raporlar/S%C4%B0L%C4%B0FKE%20KENT%20RAPORU%202025/S%C4%B0L%C4%B0FKE%20KENT%20RAPORU%20.pdf

Tolche, A. D., Gurara, M. A., Pham, Q. B., Ditthakit, P., & Anh, D. T. (2022). Agricultural land use suitability analysis using AHP and GIS techniques at basin scale. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(18), 1522. https://doi.org/10.1007/s12517-022-10799-8

TSI. (2026a). Turkish Statistical Institute (TSI). Retrieved October 23, 2026, from https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr

TSI. (2026b). Turkish Statistical Institute (TSI). Retrieved October 27, 2026, from https://cip.tuik.gov.tr/?il=33

Weatherspark. (2026). Retrieved October 20, 2026, from https://tr.weatherspark.com/y/97706/Silifke-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca

WorldClim. (2026). Retrieved October 10, 2026, from https://www.worldclim.org/

ŞANLIURFA İLİ ANTEPFISTIĞI BAHÇELERİNDE *KERMANIA PISTACIELLA* AMSEL (LEPIDOPTERA: TINEIDAE)'NIN POPULASYON TAKİBİ VE BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet SUBAŞI1/ Doç. Dr. Refik BOZBUĞA2/ Doç. Dr. Doğancan KAHYA3

1Bitki Koruma Bölümü, Ziraat Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi,

subasimehmet63630@gmail.com, ORCID: 00009-0005-5762-1339,

2Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, refikbozbuga@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9201-5725,

3Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, kahyadogancan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8996-3393

Özet

Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.), Şanlıurfa ilinde ekonomik açıdan büyük öneme sahip olan ve geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan önemli bir tarım ürünüdür. Ancak antepfıstığı üretiminde zararlı organizmalar ve toprak kaynaklı patojenler, verim ve kalite üzerinde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Şanlıurfa ili antepfıstığı bahçelerinde önemli zararlılardan biri olan *Kermania pistaciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae)'nın popülasyon dinamiğinin belirlenmesi ve bitki paraziti nematod türlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Antepfıstığı yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara yol açabilen bu zararlı ve nematod türlerinin belirlenmesi, etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, Şanlıurfa ili Haliliye ilçesinde bulunan Yenice ve Kalecik mahallelerindeki antepfıstığı bahçelerinde toplam dört parselde yürütülmüştür. Çalışma alanları, Yenice Mahallesi'nde bulunan 18, 20 ve 20 dekar büyüklüğündeki üç parsel ile Kalecik Mahallesi'nde bulunan 60 dekar büyüklüğündeki bir parselden oluşmuş ve toplam 118 dekar alanı kapsamıştır. *K. pistaciella*'nın popülasyon dinamiğini belirlemek amacıyla feromon tuzakları bahçelere asılmış ve tuzaklarda yakalanan erginler haftalık olarak yapılan kontrollerle sayılmıştır. Yapılan sayımlar sonucunda zararlı popülasyonunun 18.04.2025 tarihinde en yüksek düzeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu tarihten sonra tuzaklarda yakalanan ergin sayısında düşüş gözlenmiş, 30.05.2025 tarihinden itibaren ise tuzaklarda herhangi bir ergin bireye rastlanmamıştır. Ayrıca, çalışma alanındaki antepfıstığı bahçelerinden alınan toprak örneklerinde bulunan bitki paraziti nematod türlerinin belirlenmesine yönelik teşhis çalışmaları devam etmektedir. Sonuç olarak, *K. pistaciella*'nın popülasyon dinamiğinin izlenmesiyle zararlının mevsimsel aktivitesine ilişkin önemli veriler elde edilmiştir. Bitki paraziti nematod türlerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların da bölgedeki antepfıstığı bahçelerinde bulunan zararlı organizmaların tanımlanmasına katkı sağlaması beklenmektedir. Elde edilen bulguların, Şanlıurfa ili antepfıstığı üretiminde verim ve kalite kayıplarının azaltılmasına yönelik entegre zararlı yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine bilimsel temel oluşturacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın, antepfıstığı alanlarında zararlı böceklerin ve bitki paraziti nematodların daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayarak gelecekte yürütülecek araştırmalara ışık tutması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Antepfıstığı, *Kermania pistaciella*, Popülasyon takibi, bitki paraziti nematodlar

POPULATION MONITORING OF *KERMANIA PISTACIELLA* AMSEL (LEPIDOPTERA: TINEIDAE) AND IDENTIFICATION OF PLANT-PARASITIC NEMATODE SPECIES IN PISTACHIO ORCHARDS IN ŞANLIURFA PROVINCE, TÜRKİYE

Mehmet SUBAŞI1, Assoc. Prof. Dr. Refik BOZBUĞA2, Assoc. Prof. Dr. Dr. Doğancan KAHYA3

1Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Plant Protection Department,,

subasimehmet63630@gmail.com, ORCID: 00009-0005-5762-1339,

2Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Plant Protection Department, refikbozbuga@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9201-5725

3Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Plant Protection Department, kahyadogancan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8996-3393

Abstract

The pistachio (*Pistacia vera* L.) is an economically important agricultural crop widely cultivated in Şanlıurfa Province, Türkiye. However, insect pests and soil-borne pathogens pose significant challenges to pistachio production, potentially causing substantial yield and quality losses. This MSc thesis aimed to investigate the population dynamics of *Kermania pistaciella* Amsel (Lepidoptera: Tineidae), one of the major pests of pistachio in Şanlıurfa Province, and to identify plant-parasitic nematode species occurring in pistachio orchards. Identifying these economically significant pests and nematodes is essential for developing effective pest management strategies. The study was conducted in four pistachio orchard plots located in the Yenice and Kalecik neighbourhoods of the Haliliye district, Şanlıurfa Province. The study sites included three plots in Yenice, covering 18, 20, and 20 decares, respectively, and one 60-decare plot in Kalecik, covering a total area of 118 decares. To monitor the population dynamics of *K. pistaciella*, pheromone traps were installed in the orchards, and adult moths captured in the traps were counted during weekly controls. The monitoring results revealed that the pest population reached its peak on 18 April 2025. The number of adults declined, and no adult individuals were recorded in the traps from 30 May 2025. Furthermore, studies to identify plant-parasitic nematode species in soil samples collected from the surveyed pistachio orchards are currently in progress. Overall, monitoring the population dynamics of *K. pistaciella* provided valuable insights into the seasonal activity of this pest. The ongoing identification of plant-parasitic nematodes is also expected to contribute to the characterisation of pest organisms associated with pistachio orchards in the region. The findings of this study are expected to provide a scientific basis for developing integrated pest management strategies aimed at reducing yield and quality losses in pistachio production in Şanlıurfa Province. Furthermore, this research may improve understanding of insect pests and plant-parasitic nematodes associated with pistachio cultivation and serve as a reference for future studies in this field.

Keywords: Pistachio, *Kermania pistaciella*, Population dynamics, Plant parasitic nematodes

CODON USAGE BIAS AND GEOGRAPHIC POPULATION STRUCTURE IN THE *CP* GENE OF APPLE MOSAIC VIRUS (APMV)

Seymen ELALMIŞ1/ Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT2

1Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik, Türkiye, seymen.elalmis35@gmail.com, ORCID ID: 0009-0000-5107-1878

2Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik, Türkiye, filizrandazelyut@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1366-4389

Abstract

Apple mosaic virus (ApMV) is one of the most widespread plant viruses affecting members of the Rosaceae family, as well as plants such as hazelnut and birch worldwide. In this study, the synonymous codon usage patterns, molecular evolution, and geographic population structure of the coat protein (CP) gene of 102 ApMV isolates retrieved from global gene bank databases were investigated. Maximum Likelihood (ML) phylogenetic analysis revealed that the ApMV isolates clustered into three main lineages (Group I, II, and III). Recombination screening using RDP5 did not identify any credible recombination events. Nucleotide composition analyses indicated that the CP gene generally possesses an AU-rich genomic structure; however, G- and U-ending codons were distinctly favored among synonymous codon preferences. The effective number of codons (ENC) values exhibited a high average (ENC > 50) within a narrow range, indicating weak codon usage bias among the isolates and a highly conserved gene structure. The results of the ENC-plot and neutrality analysis (GC12 vs. GC3s) revealed that the contribution of mutational pressure to codon usage variation was quite low (6.2%), while natural selection (93.8%) played a dominant role in shaping synonymous codon preferences. Geographic comparisons among countries (Kruskal–Wallis test) demonstrated that codon metrics were not homogeneous across certain geographic regions. Nevertheless, the clustering of isolates from different continents within the same phylogenetic groups suggests that the global movement of infected propagation materials persists, and this dynamic interacts with local selective pressures to maintain overall population diversity.

Keywords: Elma mozaik virüsü, Codon usage bias, ENC, Neutraliy, Phylogeny, natural selection

INTRODUCTION

Apple mosaic virus (ApMV), a member of the genus *Ilarvirus*, is one of the most widespread pathogens affecting apple (*Malus* × *domestica*) and other rosaceous hosts worldwide. The virus naturally infects a broad spectrum of herbaceous plants including hop (*Humulus lupulus*), rose (*Rosa* spp.), and strawberry (*Fragaria* × *ananassa*), as well as woody species such as pear (*Pyrus communis* L.), plum (*Prunus domestica*), hazelnut (*Corylus avellana* L.), cherry (*Prunus avium*), peach (*Prunus persica*), and apricot (*Prunus armeniaca*), and has even been documented in lichens across diverse geographic regions (Petrzik and Lenz, 2002; Lakshmi et al., 2011; Cho et al., 2012; Cieślińska et al., 2016; Çelik et al., 2023). The virus possesses a tripartite RNA genome, with the coat protein (CP) gene encoded on RNA3 alongside the movement protein (MP) (Shiel et al., 1995). The CP gene plays fundamental roles in virion assembly, host range determination, and vector transmission, making it a primary target for molecular characterization and diversity studies. To date, no biological vector has been identified for ApMV (Postman and Mehlenbacher, 1992), although seed and pollen transmission has been suggested in hazelnut (Aramburu and Rovira, 2000). The virus poses a significant epidemiological challenge because it persists in vegetatively propagated plant material and is readily transmissible through grafting (Digiaro et al., 1992; Çelik et al., 2023).

Synonymous codon usage bias, defined as the non-random use of degenerate codons encoding the same amino acid, reflects the interplay between mutational pressure, natural selection, and host adaptation in viral genomes (Jenkins and Holmes, 2003). In plant RNA viruses, codon usage patterns are shaped by both the AU-rich composition typical of their genomes and the translational machinery of the host plant (He et al., 2022). While ApMV genetic variability and population structure have been examined at regional and global scales, the synonymous codon usage patterns of the ApMV CP gene and their relationship to geographic differentiation remain insufficiently characterized. A previous analysis of 52 CP sequences indicated that the ApMV CP gene is AU-rich with G- and U-ending codons favored, and that natural selection plays a dominant role over mutation pressure in shaping codon usage (Pourrahim and Farzadfar, 2022). However, the extent to which codon usage bias varies across geographic populations and whether this variation contributes to population structure has not been systematically evaluated.

In this study, we analyzed the codon usage patterns of the ApMV CP gene across 102 isolates from diverse geographic origins. By integrating effective number of codons (ENC), GC3s, relative synonymous codon usage (RSCU), and neutrality plot analyses, we aimed to (i) quantify the magnitude of codon usage bias in the CP gene, (ii) determine the relative contributions of mutation pressure versus natural selection, These findings contribute to a broader understanding of ApMV molecular evolution and host adaptation, with implications for virus surveillance and management.

1. MATERIAL AND METHODS

1.1. Data Collection and Quality Control

Complete coat protein (CP) gene sequences of apple mosaic virus (ApMV) isolates were retrieved from the NCBI GenBank database. Following quality filtering, 102 complete sequences, each 651 nucleotides in length (217 codons), were retained for downstream analyses. Sequences containing gaps, ambiguous nucleotides, or internal stop codons were excluded to ensure that only complete sequences with an intact reading frame were included. Geographic origins were extracted from sequence headers and used for country-level comparisons.

1.2. Phylogenetic and Recombination Analyses

Multiple sequence alignment was performed before phylogenetic reconstruction. The optimal nucleotide substitution model was selected using ModelFinder, as implemented in IQ-TREE, based on the Bayesian information criterion (BIC) (Wong et al., 2026). Maximum-likelihood (ML) phylogenetic trees were

reconstructed using the selected best-fit model, and branch support was assessed with 1,000 ultrafast bootstrap replicates. The resulting phylogenetic tree was visualized and annotated using the Interactive Tree of Life (iTOL) platform (Letunic and Bork, 2024).Recombination events within the CP gene dataset were screened using RDP5 (Recombination Detection Program version 5) (Martin et al., 2020). The analysis included the RDP, GENECONV, MAXCHI, BOOTSCAN, and SISCAN methods. Potential recombination events were considered credible only when supported by at least five independent detection methods, with associated p-values below 0.05.

1.3. Nucleotide Composition and Codon Usage Metrics

Nucleotide composition and codon usage analyses were performed using base R (R Core Team, 2026). For each isolate, GC12 was calculated as the mean GC content at the first and second codon positions, whereas GC3 represented the GC content at all third codon positions. GC3s was calculated as the GC content at synonymous third codon positions. The effective number of codons (ENC) was calculated for each isolate using Wright's method (Wright, 1990) to assess the degree of codon usage bias. Lower ENC values indicate greater codon usage bias, whereas higher values indicate more uniform usage of synonymous codons.

1.4. Relative Synonymous Codon Usage (RSCU)

Relative synonymous codon usage (RSCU) values were calculated from pooled codon counts across all 102 isolates for the 59 sense codons (Sharp and Li, 1987). RSCU measures the frequency of an individual codon relative to the expected frequency under equal usage of synonymous codons encoding the same amino acid. Values greater than 1 indicate that a codon is used more frequently than expected, whereas values below 1 indicate less frequent usage. These analyses were used to characterize synonymous codon usage patterns in the ApMV CP gene dataset.

1.5. Neutrality Plot Analysis

A neutrality plot was constructed by plotting GC12 against GC3 for each isolate (Sueoka, 1998). Linear regression was used to evaluate the relationship between nucleotide composition at the first and second codon positions and that at the third position. The regression slope was interpreted as an indicator of the relative contributions of mutational pressure and natural selection to codon usage patterns. A slope approaching 1 suggests a stronger relationship between these positions and is consistent with a greater influence of mutational pressure, whereas a slope approaching 0 suggests a weaker relationship and a potentially greater contribution of selective constraints. These interpretations were considered indicative rather than definitive.

1.6. ENC-Plot Analysis

An ENC plot was constructed by plotting the observed ENC values against GC3s for each isolate. A theoretical curve representing the expected relationship between ENC and GC3s under mutation-driven codon usage bias was included for comparison. Isolates falling close to the theoretical curve were considered consistent with codon usage patterns largely explained by nucleotide composition. Deviations below the curve suggested that additional factors, potentially including natural selection and other sequence-specific constraints, might contribute to codon usage bias.

1.7. Geographic Population Analysis

Geographic origins were obtained from the sequence headers. Countries represented by at least two isolates were included in the geographic comparisons. Differences in ENC and GC3s among countries were assessed separately using the Kruskal–Wallis test (Kruskal and Wallis, 1952). Where post hoc pairwise comparisons were performed, p-values were adjusted for multiple testing using the Benjamini–Hochberg procedure (Benjamini and Hochberg, 1995). Statistical significance was evaluated using the adjusted p-values, where applicable.

2.RESULTS AND DISCUSSION

2.1. Phylogenetic Structure and Absence of Recombination

Maximum likelihood (ML) phylogenetic reconstruction based on the complete CP gene sequences (651 nts) revealed that the 102 ApMV isolates clustered into three well-supported lineages (Groups I, II, and III) (Çelik et al., 2023). This tripartite evolutionary structure reflects distinct genetic diversification within global ApMV populations. Automated screening with RDP5 detected no credible recombination events across the dataset ($p > 0.05$) (Figure 1).

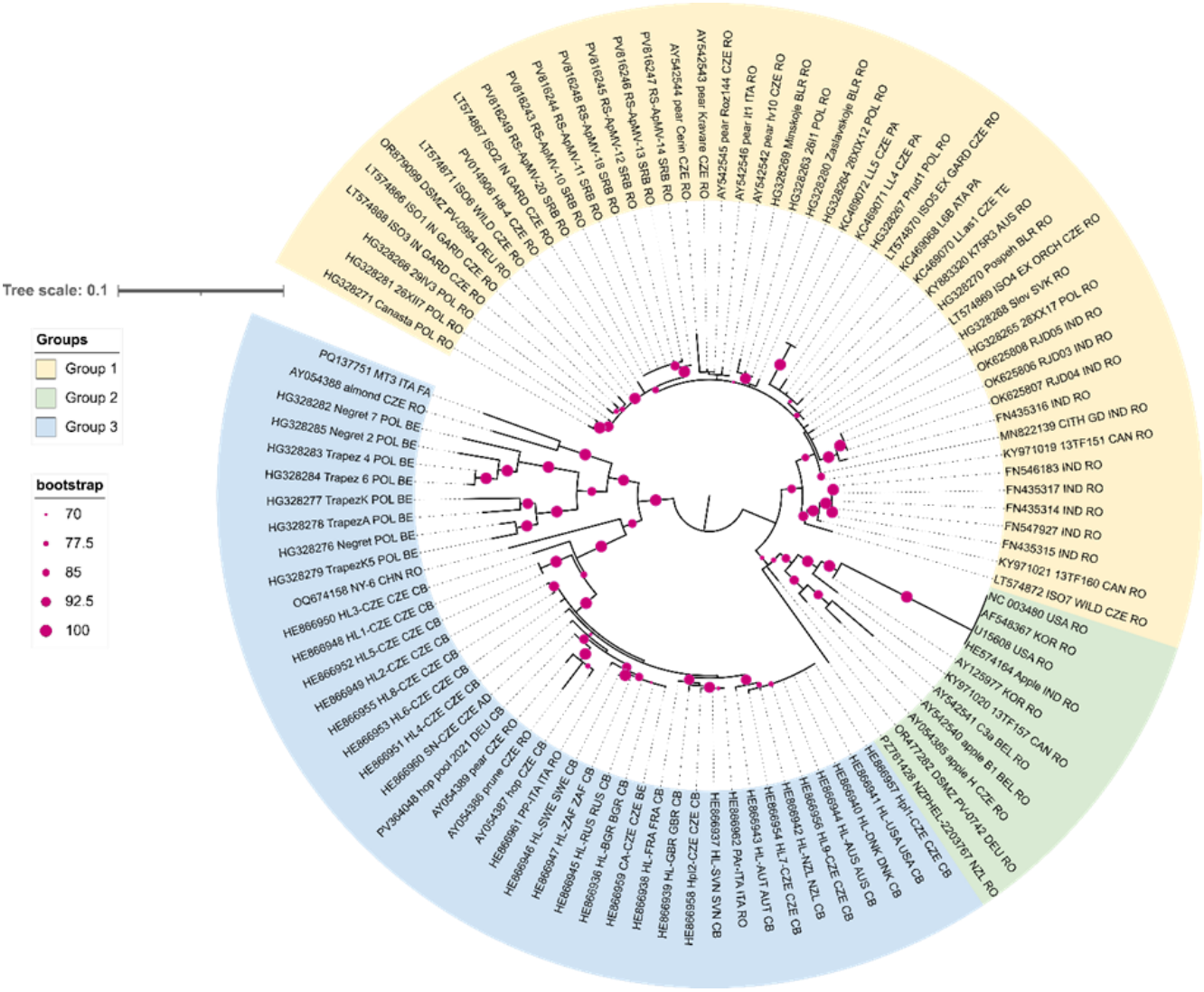


Figure 1. ML phylogenetic tree based on the CP gene region of the apple mosaic virus.

2.2. Codon Usage Bias and Nucleotide Composition

Compositional analysis demonstrated an overall AU-rich genome structure in the ApMV CP gene, consistent with typical plant RNA viruses. Despite the general AU richness, individual codon preferences exhibited a distinct bias toward G- and U-ending synonymous codons. The effective number of codons (ENC) values ranged narrowly with a high overall mean (ENC > 50), indicating a relatively weak codon usage bias and high conservation across isolates (Pourrahim, and Farzadfar, 2022). The low level of codon bias suggests an evolutionary strategy that

minimizes competition with host tRNA pools, thereby facilitating efficient replication and broad host adaptability. Pooled relative synonymous codon usage (RSCU) analysis identified a subset of optimal codons (RSCU > 1.6), predominantly ending in U or G.

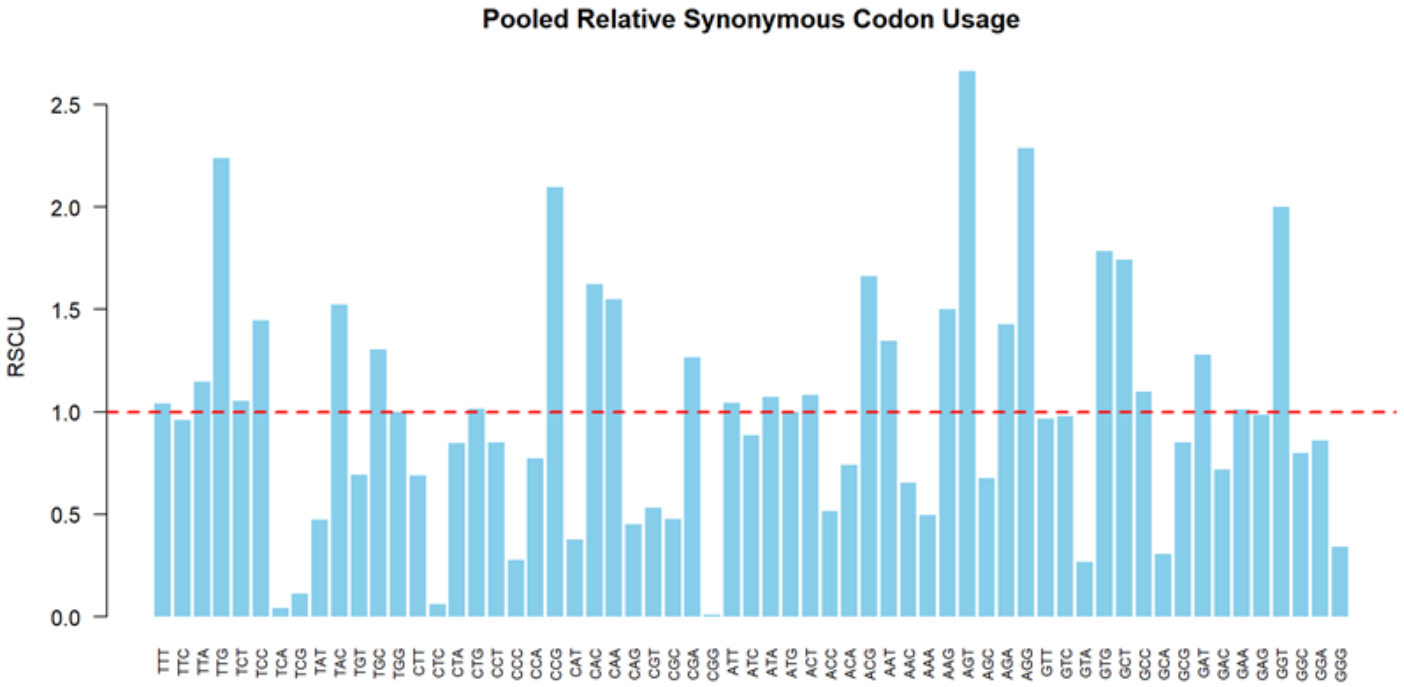


Figure 2. Relative synonymous codon usage (RSCU) values of 59 sense codons calculated from pooled ApMV coat protein (CP) gene sequences. The horizontal dashed red line indicates unbiased codon usage (RSCU = 1.0).

2.3. Evolutionary Forces: Natural Selection vs. Mutation Pressure

All isolates clustered below the standard theoretical Wright's curve (Figure 3), demonstrating that nucleotide compositional constraints alone cannot account for the observed codon usage patterns.

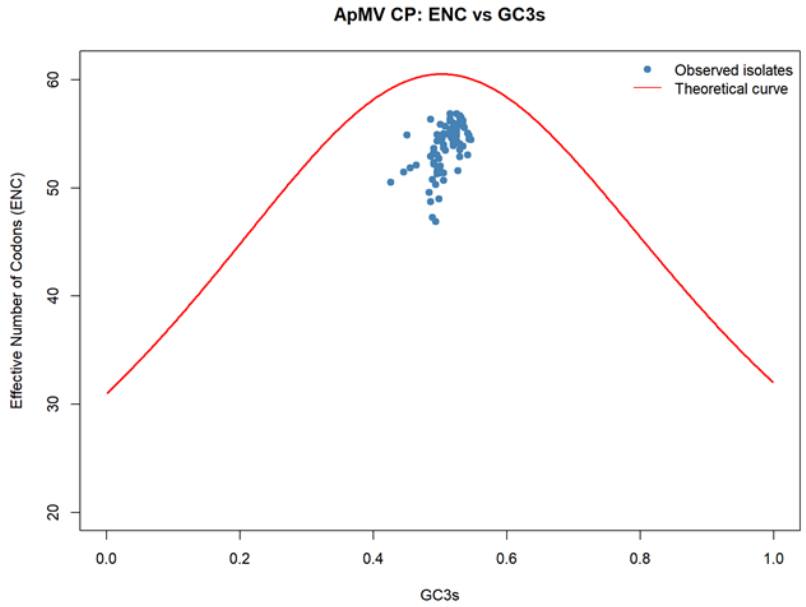


Figure 3. Effective number of codons (ENC) plot of ApMV coat protein (CP) gene sequences against GC content at synonymous third codon positions (GC3s). The continuous red line represents the standard theoretical curve expected under codon usage bias driven solely by mutation pressure. Blue dots represent the analyzed ApMV isolates, all falling below the expected curve, indicating the dominant influence of natural selection over mutational pressure.

Linear regression between GC12 and GC3 yielded a low regression slope (Figure 4). This indicates a minor contribution of direct mutational pressure (slope value) and a dominant role of natural/translational selection (slope) in shaping codon preferences (Pourrahim, and Farzadfar, 2022).

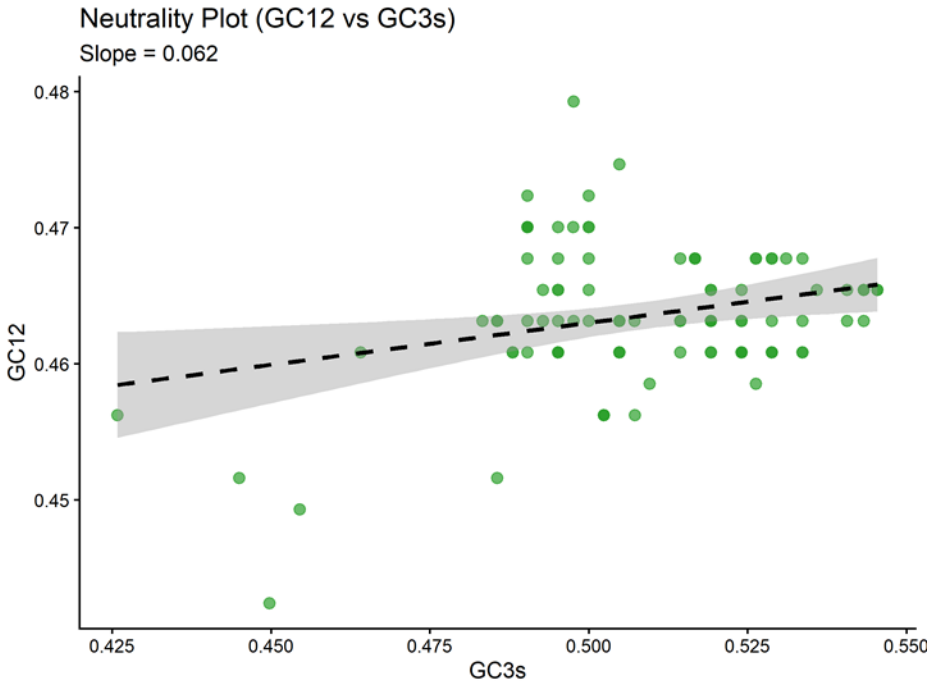


Figure 4. Neutrality plot analysis (GC12 vs GC3S) of the ApMV coat protein (CP) gene coding sequences. The black dashed line represents the linear regression (slope = 0.062), with the shaded area showing the 95% confidence interval. Green dots represent individual ApMV isolates. The low slope value indicates that mutation pressure accounts for only 6.2% of the codon usage variation, whereas natural selection plays a dominant role (93.8%) in shaping synonymous codon preferences.

Taken together with the absence of recombination, these findings confirm that directional natural selection is the principal evolutionary force constraining synonymous codon usage in the ApMV CP gene.

2.4. Geographic Population Differentiation

Geographic comparative analysis revealed subtle compositional variations among country-level populations (N≥ 2). Non-parametric Kruskal–Wallis testing across ENC, GC3s, GC3, and GC12 metrics, followed by Benjamini–Hochberg (BH) adjustment, showed non-uniform distribution of codon usage metrics across certain geographic regions (Figure 5). However, the overlap of isolates from different continents within the phylogenetic groups underscores the ongoing global movement of infected vegetative propagation material, which interacts with local selective pressures to maintain overall population diversity.

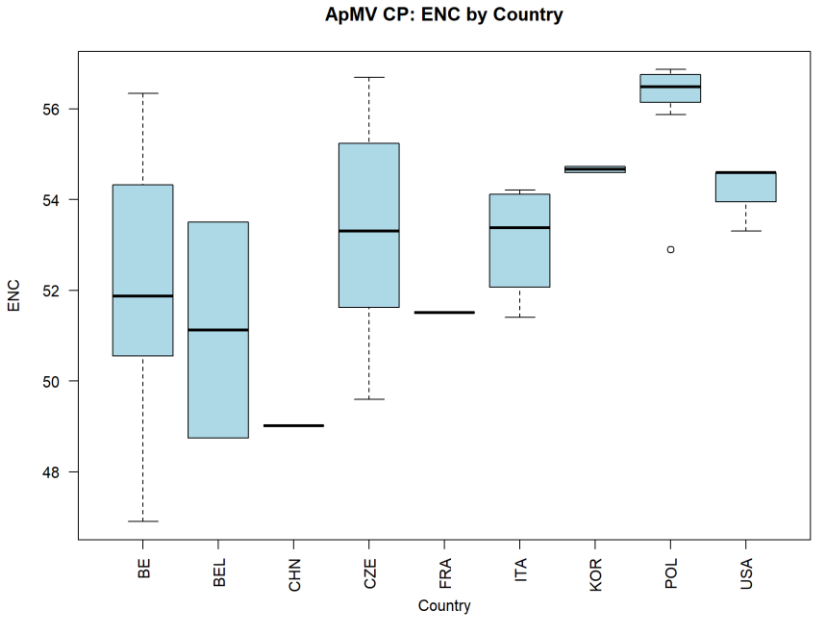


Figure 5. Comparison of effective number of codons (ENC) in the ApMV coat protein (CP) gene across different countries of origin. Boxes represent the interquartile range (IQR), with the solid horizontal line indicating the median ENC value for each country population. Whiskers denote minimum and maximum values, and open circles represent potential outliers.

3. Conclusions

This study revealed relatively low synonymous codon usage bias in the ApMV coat protein (CP) gene, as indicated by the high ENC values across the analyzed isolates. Neutrality plot and ENC-plot analyses suggested that nucleotide composition alone could not fully explain the observed codon usage patterns, implicating additional evolutionary constraints. Phylogenetic analysis identified three major groups, while no credible recombination events were detected in the analyzed dataset. Country-level comparisons indicated potential geographic variation in selected codon usage metrics, although the extent of this differentiation requires

interpretation in light of the number of isolates available from each country. Overall, these findings provide insights into synonymous codon usage and the evolutionary diversity of ApMV CP gene sequences.

REFERENCES

Aramburu, J., & Rovira, M. (2000). Incidence and natural spread of apple mosaic ilarvirus in hazel in north-east Spain. Plant Pathology, 49(4), 423-427.

Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological), 57(1), 289-300.

Çelik, A., Morca, A. F., Coşkan, S., & Santosa, A. I. (2023). Global population structure of apple mosaic virus (ApMV, Genus Ilarvirus). Viruses, 15(6), 1221. https://doi.org/10.3390/v15061221

Cho, I. S., Cho, J. D., Choi, S. K., & Choi, G. S. (2012). Occurrence of stone fruit viruses on peach trees (Prunus persica L. Batsch) in Korea. Research in Plant Disease, 18(4), 391-395.

Cieślińska, M., & Valasevich, N. (2016). Characterization of Apple mosaic virus isolates detected in hazelnut in Poland. Journal of Plant Diseases and Protection, 123(4), 187-192.

Digiaro, M., Savino, V., & Terlizzi, B. D. (1992). Ilarviruses in apricot and plum pollen. Acta Horticulturae, 309, 165-170.

He, Z., Qin, L., Xu, X., & Ding, S. (2022). Evolution and host adaptability of plant RNA viruses: Research insights on compositional biases. Computational and Structural Biotechnology Journal, 20, 2600–2610.

Jenkins, G. M., & Holmes, E. C. (2003). The extent of codon usage bias in human RNA viruses and its evolutionary origin. Virus Research, 92(1), 1–7. https://doi.org/10.1016/S0168-1702(02)00309-X

Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association, 47(260), 583-621.

Lakshmi, V., Hallan, V., Ram, R., Ahmed, N., Zaidi, A. A., & Varma, A. (2011). Diversity of Apple mosaic virus isolates in India based on coat protein and movement protein genes. Indian Journal of Virology, 22(1), 44-49.

Letunic, I., & Bork, P. (2024). Interactive Tree of Life (iTOL) v6: Recent updates to the phylogenetic tree display and annotation tool. Nucleic Acids Research, 52(W1), W78–W82. https://doi.org/10.1093/nar/gkae268

Martin, D. P., Varsani, A., Roumagnac, P., Botha, G., Maslamoney, S., Schwab, T., Kelz, Z., Kumar, V., & Murrell, B. (2020). RDP5: A computer program for analyzing recombination in, and removing signals of recombination from, nucleotide sequence datasets. Virus Evolution, 7(1), veaa087. https://doi.org/10.1093/ve/veaa087

Petrzik, K., & Lenz, O. (2002). Remarkable variability of apple mosaic virus capsid protein gene after nucleotide position 141. Archives of Virology, 147(7), 1275-1285.

Postman, J. D., & Mehlenbacher, S. A. (1992). Apple mosaic virus in hazelnut germplasm. Acta Horticulturae, 351, 601-610.

Pourrahim, R., & Farzadfar, S. (2022). Insights into factors affecting synonymous codon usage in apple mosaic virus and its host adaptability. Journal of Plant Biotechnology, 49(1), 46-60.

R Core Team. (2026). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Sharp, P. M., & Li, W. H. (1987). The codon adaptation index—A measure of directional synonymous codon usage bias, and its potential applications. Nucleic Acids Research, 15(3), 1281-1295.

Shiel, P. J., Alrefai, R. H., Domier, L. L., Korban, S. S., & Berger, P. H. (1995). The complete nucleotide sequence of apple mosaic virus RNA-3. Archives of Virology, 140(7), 1247-1256.

Sueoka, N. (1988). Directional mutation pressure and neutral molecular evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences, 85(8), 2653-2657.

Wong, T. K. F., Ly-Trong, N., Ren, H., Demotte, P., Baños, H., Roger, A. J., Susko, E., Bielow, C., De Maio, N., Goldman, N., Hahn, M. W., dos Reis, M., Vinh, L. S., Huttley, G., Lanfear, R., & Minh, B. Q. (2026). IQ-TREE 3: Phylogenomic inference software using complex evolutionary models. Molecular Biology and Evolution, 43(5), msag117. https://doi.org/10.1093/molbev/msag117

Wright, F. (1990). The 'effective number of codons' used in a gene. Gene, 87(1), 23-29.

DOMATES ÜRETİMİNDE YENİ BİR TEHDİT: TOMATO FRUIT BLOTCH VIRUS (ToFBV; *BLUNERVIRUS SOLANI*)

Eray Yasin ÖZCAN1/ Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT2

1Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik, Türkiye, erayeren12378@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-3343-6210

2Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 11100, Gülümbe Kampüs, Bilecik, Türkiye, filizrandazelyut@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1366-4389

Özet

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), hem Türkiye hem de dünya genelinde tarımsal ekonominin ve gıda sanayisinin sürdürülmesinde stratejik öneme sahip temel bir kültür bitkisidir. Son yıllarda Avrupa ve Akdeniz bölgelerinde domates üretim alanlarında, meyvelerde ciddi kalite ve pazar kayıplarıyla ilişkilendirilen yeni bir viral etmen olarak tomato fruit blotch virus (ToFBV; *Blunervirus solani*) tanımlanmıştır. *Kitaviridae* familyasının *Blunervirus* cinsine ait olan ToFBV enfeksiyonları çoğunlukla olgun domates meyvelerinde düzensiz renk değişimleri, keskin sınırlı klorotik lekeler ve yüzeysel çöküklüklerle ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, güncel deneysel çalışmalar enfekte bitkilerde yaprak belirtilerinin de gelişebileceğini göstermiştir. Bu çalışmada; ToFBV' nin genom özellikleri, Avrupa ve dünyadaki coğrafi dağılımı, vektörlerle ilişkisi ve domates üretimi açısından epidemiyolojik öneminin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Virüsün mekanik olarak veya tohumla taşınmamasına rağmen, *Eriophyidae* familyasına ait domates pas akarı (*Aculops lycopersici*) aracılığıyla taşındığının belirlenmesi, hastalığın izlenmesi ve kontrolü açısından oldukça önemli olduğu görülmektedir. Avrupa'da ortaya konulan güncel bulgular, vejetatif dönemde gizli kalabilen ve diğer domates virüsleriyle karışık enfeksiyonlar oluşturabilen ToFBV' nin güvenilir moleküler yöntemlerle teşhis edilmesinin ve yayılışının düzenli olarak izlenmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye, domates üretiminde küresel ölçekte önemli bir paya sahip olmasına ve virüsün ana vektörü olan domates pas akarının (*A. lycopersici*) ülkemiz örtüaltı ve açık tarla domates üretim alanlarında bulunmasına rağmen, ülke genelinde ToFBV enfeksiyonlarının varlığı ve dağılımı hakkında yayımlanmış araştırma verilerinin bulunmaması önemli bir bilgi boşluğu oluşturmaktadır. Vektör akarın ülkemizdeki yüksek popülasyonu, olası bir bulaşmada virüsün hızla yayılabileceğini ve ülkemiz için bir epidemiyolojik tehdit oluşturma potansiyeli olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, Türkiye'deki domates üretim alanlarında ToFBV' nin ve vektör popülasyonlarının moleküler yöntemlerle araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ToFBV hakkındaki güncel bulguların özetlenmesi ve gelecekte yürütülecek olan çalışmalara kaynak oluşturması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Domates, Tomato fruit blotch virus, *Blunervirus solani*, *Aculops lycopersici*, Epidemiyoloji

Abstract

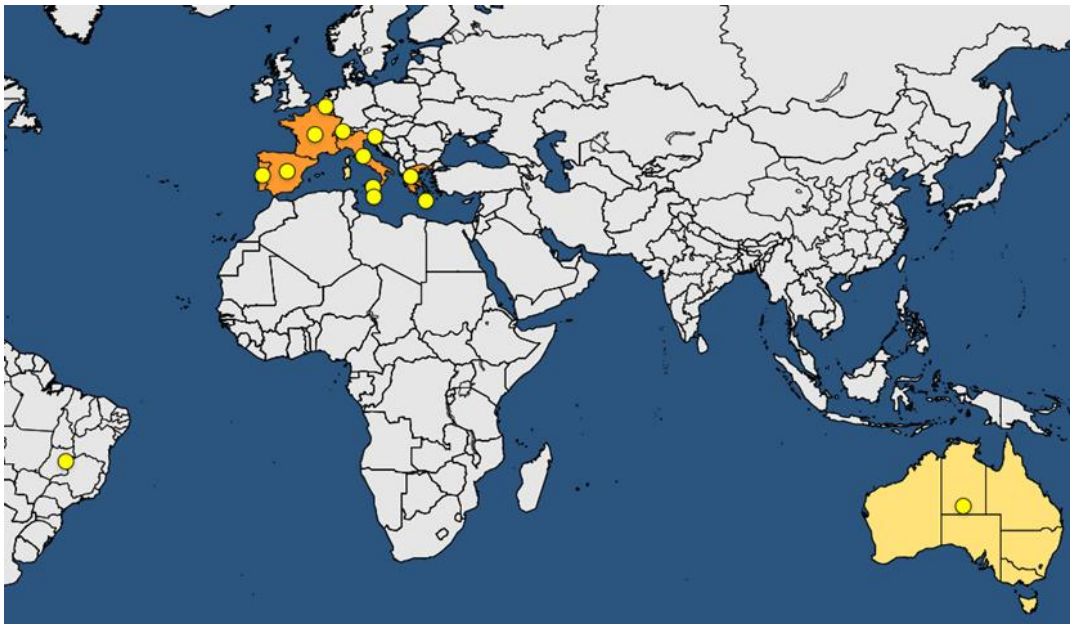
Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a major crop of strategic importance to agricultural economies and the food industry in Türkiye and worldwide. In recent years, tomato fruit blotch virus (ToFBV; *Blunervirus solani*) has been identified in tomato-growing regions of Europe and the Mediterranean basin as an emerging viral pathogen associated with substantial fruit quality deterioration and market losses. Belonging to the genus *Blunervirus* in the family *Kitaviridae*, ToFBV infection is primarily associated with irregular fruit discoloration, sharply delineated chlorotic blotches, and superficial depressions on ripening tomato fruits. However, recent experimental studies have also reported foliar symptoms in infected plants. This study aims to evaluate current knowledge of ToFBV genome characteristics, its geographic distribution in Europe and worldwide, its associations with vectors, and its epidemiological significance for tomato production. Although mechanical and seed transmission have not been demonstrated, the identification of the tomato russet mite (*Aculops lycopersici*), belonging to the family *Eriophyidae*, as a vector of ToFBV is important for disease surveillance and management. Recent findings from Europe highlight the need for reliable molecular diagnostic methods and systematic monitoring of ToFBV distribution, as infections may remain inconspicuous during vegetative growth and occur alongside other tomato viruses. Despite Türkiye's significant contribution to global tomato production and the presence of the tomato russet mite in greenhouse and open-field tomato production areas, the lack of published research data on the occurrence and distribution of ToFBV across the country represents an important knowledge gap. The presence of the mite in Türkiye suggests that, if the virus is introduced, it could potentially spread rapidly and pose an epidemiological risk to tomato production. Therefore, molecular investigations of ToFBV and its vector populations in tomato-growing areas of Türkiye are warranted. This review summarizes current knowledge of ToFBV and aims to provide a reference for future research.

Keywords: Tomato, Tomato fruit blotch virus, *Blunervirus solani*, *Aculops lycopersici*, Epidemiology

GİRİŞ

Domates (Solanum lycopersicum L.), hem Türkiye hem de küresel ölçekte tarımsal ekonominin ve tarıma dayalı gıda sanayisinin sürdürülmesinde stratejik öneme sahip temel sebze türlerinden biridir. Güncel tarımsal üretim verilerine göre küresel düzeyde yıllık ortalama 186 milyon tonun üzerinde domates üretimi gerçekleştirilmektedir (FAO, 2024). Çin ve Hindistan başta olmak üzere küresel üretimde en büyük paylardan birini Akdeniz havzası ve Avrupa ülkeleri üstlenmektedir (FAO, 2024). Türkiye, yıllık yaklaşık 13,3 milyon tonluk domates üretimiyle dünyada üçüncü sırada yer almakta ve Avrupa'nın önde gelen domates üreticisi konumunda bulunmaktadır (TÜİK, 2025). Hem taze tüketim hem de sanayi tipi işlemede önemli bir ham madde sağlayan domates bitkisi, doğada birçok fitopatojen organizmadan ve özellikle viral etmenlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durum üretim alanlarında ciddi verim, kalite ve pazar kayıplarına yol açmaktadır (Hanssen vd., 2010). Ayrıca bu hastalıklar ülkemiz içinde hem tarımsal üretim hem de ihracat anlamında zarar vermektedir.

Son yıllarda Avrupa ve Akdeniz havzası ülkelerinde domates üretim alanlarında, mevcut viral tehditlere ek olarak Kitaviridae familyasının Blunervirus cinsine ait yeni bir virüs olan tomato fruit blotch virus (ToFBV; Blunervirus solani) tanımlanmış ve hızla yayılarak ekonomik kayıplarla ilişkilendirilmiştir (Ciuffo vd., 2020; EPPO, 2024). İlk kez 2018 yılında İtalya'nın Lazio bölgesindeki domates üretim alanlarında yeni nesil dizileme (HTS) teknolojileriyle keşfedilen ToFBV' nin, 2012 yılından bu yana İtalya'da var olduğu saptanmıştır (Ciuffo vd., 2020). Kısa süre içerisinde İspanya, Portekiz, Slovenya, İsviçre, Belçika, Fransa ve komşumuz Yunanistan gibi birçok Avrupa ve Akdeniz ülkesinin yanı sıra Avustralya, Brezilya ve Tunus'tan da rapor edilmiştir (Şekil 1) (Ciuffo vd., 2020; Nakasu vd., 2022; Beris vd., 2023; EPPO, 2024). Bu virüs, diğer birçok domates virüsünün aksine bitki özsuyu ile mekanik olarak taşınmamaktadır. Güncel çalışmalar, virüsün Eriophyidae familyasına ait domates pas akarı (Aculops lycopersici) aracılığıyla taşındığını ortaya koymaktadır (Ciuffo vd., 2020; Luigi vd., 2024; EPPO, 2024). ToFBV enfeksiyonları, bitkilerin vejetatif gelişme döneminde yaprak ve gövdelerde belirgin bir simptom oluşturmayarak latent kalmaktadır. Ancak meyve olgunlaşma döneminde meyve kabuğunda (perikarp) alacalı olgunlaşma, keskin sınırlı sarı-turuncu klorotik lekeler, yüzeysel çöküklükler ve deformasyonlar oluşturarak ürünün pazar değerini önemli ölçüde düşürdüğü görülmektedir (Ciuffo vd., 2020; Kitajima vd., 2023; Beris vd., 2023).

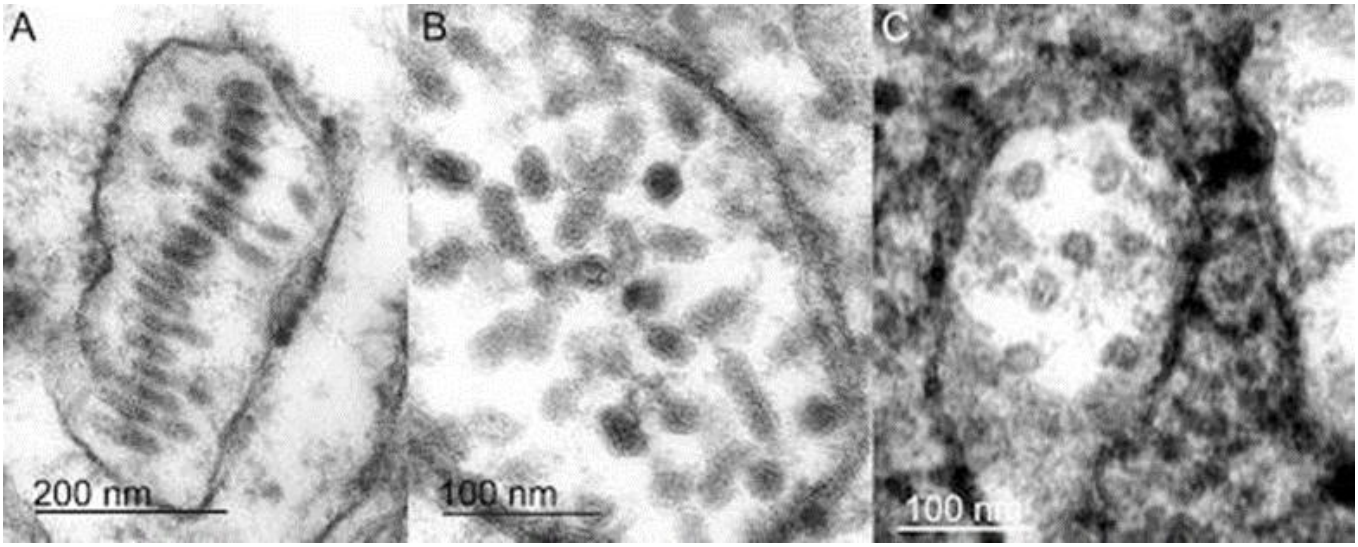


Şekil 1. Tomato fruit blotch virus (Blunervirus solani)'un küresel ve Akdeniz havzasındaki güncel coğrafi dağılımı (EPPO, 2024)

Türkiye, küresel olarak domates üretiminde üst sıralarda yer almasına ve virüsün ana vektörü olan domates pas akarı (A. lycopersici) ülkemizin örtüaltı ve açık tarla domates ekim alanlarında yaygın bir zararlı olarak bulunmasına karşın, üretim alanlarımızda ToFBV enfeksiyonlarının bulunma durumu, genetik çeşitliliği ve vektör akarla olan ilişkileri üzerine yayımlanmış araştırma verilerinin bulunmaması kritik bir bilgi boşluğu oluşturmaktadır. Özellikle Yunanistan dahil olmak üzere Akdeniz havzasında hızla yayılan bu virüsün, vejetatif dönemde açık bir belirti göstermemesi ve ülkemizde yaygın olan tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) gibi diğer meyve deformasyonu yapan virüslerle karışık enfeksiyonlar oluşturarak maskelenebilmesi, Türkiye domates üretimi açısından potansiyel bir epidemiyolojik risk taşımaktadır (Beris vd., 2023; EPPO, 2024). Bu çalışma, domates üretimini tehdit eden ToFBV'ye ait güncel genomik, simptomatolojik ve epidemiyolojik verileri sentezleyerek Türkiye domates üretim alanlarında gerçekleştirilecek olası araştırmalara temel oluşturmayı hedeflemektedir.

1. ToBFV Taksonomik Konumu, Genom Yapısı ve Moleküler Teşhisi

ToBFV, Uluslararası Virüs Taksonomisi Komitesi (ICTV) tarafından yapılan düzenlemelerle Kitaviridae familyasının Blunervirus cinsi altında Blunervirus solani türü olarak sınıflandırılan yeni bir fitopatojen virüstür (Ciuffo vd., 2020). Enfekteli domates meyvelerinin perikarp dokularından yapılan geçirimli elektron mikroskobu (TEM) incelemelerinde, hücrelerin perinükleer boşluklarında ve endoplazmik retikulum (ER) lümeninde biriken yaklaşık 25 nm genişliğinde ve 100 nm uzunluğunda, zarflı, kısa basiliform (çubuksu) virüs partikülleri tespit edilmiştir (Kitajima vd., 2023). Filogenetik analizler, Kitaviridae familyasındaki bu virüslerin bitki virüslerinden ziyade eklembacaklıları enfekte eden Negevirus grubu virüslerle yakın bir evrimsel akrabalık içinde olduğunu göstermektedir (Şekil 2) (Ciuffo vd., 2020; Kitajima vd., 2023).

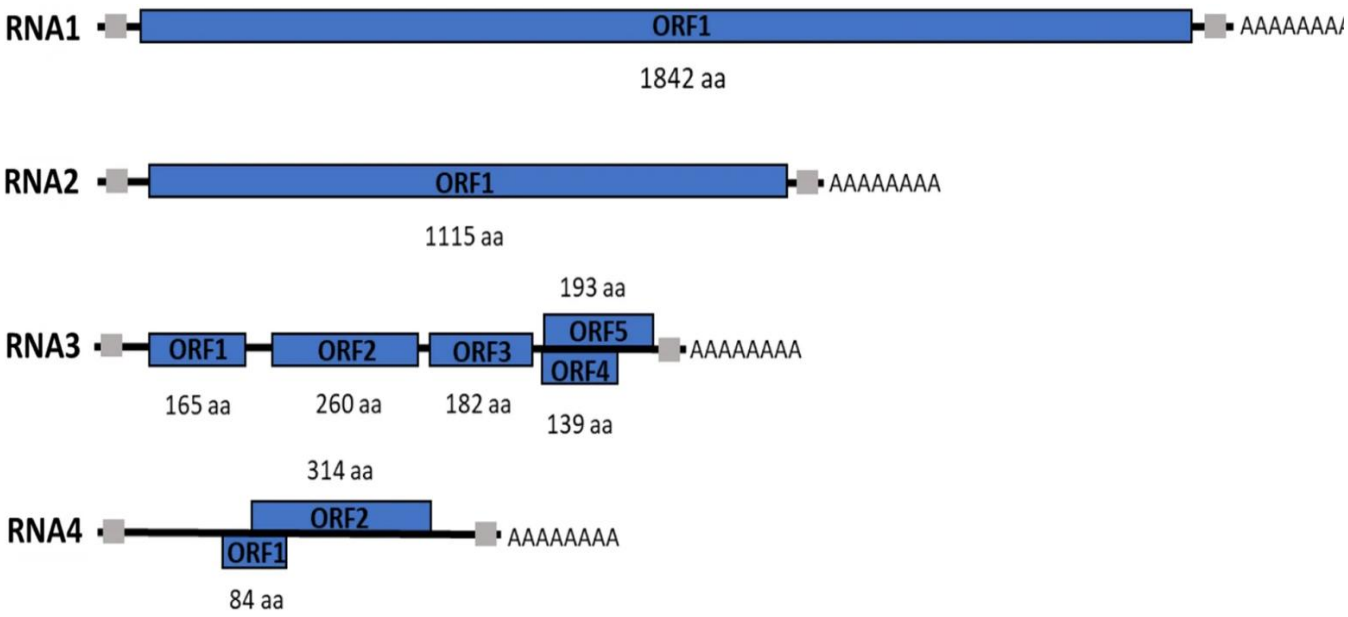


Şekil 2. ToFBV ile enfekteli domates meyvesinin perikarp hücrelerinde endoplazmik retikulum boşluklarında biriken kısa basiliform virüs partiküllerinin (25 × 100 nm) geçirimli elektron mikroskobu (TEM) görüntüsü (Kitajima vd., 2023)

Virüs, pozitif polariteli, tek iplikçikli (+ssRNA) ve dört ayrı segmentten (RNA1, RNA2, RNA3 ve RNA4) oluşan parçalı bir genoma sahiptir (Ciuffo vd., 2020) (Şekil 3). Her bir segment poliadenillenmiş ve en az bir açık okuma çerçevesi (ORF) içermekte olup, RNA1 segmentinde Poly-A kuyruğu hariç 5790 nükleotit (nt) uzunluğunda ve korunmuş metil transferaz ve helikaz alanlarına sahip, 1842 amino asitlik (aa) olası bir proteini kodlmaktadır (Ciuffo vd., 2020). RNA2 segmenti ise 3621 nükleotit (nt) büyüklüğünde olup, replikasyonla ilişkili ikinci

proteini kodlayan bir açık okuma çerçevesi (ORF) ve bununla birlikte helikazın yanı sıra RNA'ya bağımlı RNA polimeraz (RdRp) de bulunmaktadır (Ciuffo vd., 2020). RNA3, 2842 nt uzunluğunda ve beş olası 165, 260, 182, 139 ve 193 amino asitlik (aa) proteinleri kodlar (Ciuffo vd., 2020). ToFBV'nin en küçük genomik segmenti olan RNA4, 1924 nükleotid uzunluğunda ve iki olası ORF bölgesi içerir. Bunlardan ilki, bilinen hiçbir proteinle önemli bir benzerlik göstermeyen, 84 amino asitlik küçük bir proteini kodlarken diğeri korunmuş bir "hareket proteini" (movement protein) alanına sahip 314 amino asitlik bir proteini kodlamaktadır (Ciuffo vd., 2020). Diğer blunervirüslerde olduğu gibi, viral proteinlerin hiçbirinde spesifik bir kapsid proteini (CP) alanı bulunmamıştır (Ciuffo vd., 2020).

Virüsün bitki dokularında rutin teşhisi amacıyla genellikle RdRp ve SP24 gen bölgelerini hedefleyen spesifik primerler kullanılarak ters transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ve gerçek zamanlı RT-PCR (RT-qPCR) yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Ciuffo vd.,2020; Luigi vd., 2024). Ayrıca yeni nesil dizileme (HTS) teknolojileri de hem ToFBV' nin saptanmasında hem de tarlada birlikte bulunduğu diğer virüslerin eşzamanlı tespitinde güvenilir bir tanı yöntemi olarak kullanılmaktadır (Ciuffo vd., 2020; Nakasu et al., 2020; Beris vd., 2023).



Şekil 3. ToFBV'nin genom organizasyonu (Ciuffo vd., 2020)

1.1. Simptomatoloji, Bulaşma Mekanizması ve Vektör İlişkileri

ToFBV' nin domates üretiminde teşhisini zorlaştıran en önemli özelliklerinden biri, enfekteli bitkilerin vejetatif gelişme döneminde yapraklarda, gövdede veya çiçeklerde herhangi bir simptom oluşturmamasıdır (Ciuffo vd., 2020; EPPO, 2024). Bu nedenle meyveler kızarma ve olgunlaşma dönemine girene kadar serada veya tarlada hastalık belirtisi görülmemektedir. Hastalığın tipik belirtileri yalnızca olgunlaşan meyvelerde ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise hastalık ile mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Meyve kabuğunda düzensiz ve alacalı olgunlaşma, kırmızı zemin üzerinde keskin sınırlı sarı, turuncu veya soluk yeşil klorotik lekeler (blotch), perikarp dokusunda sertleşme ve meyve yüzeyinde çöküklükler meydana getirdiği bildirilmiştir (Şekil 4) (Ciuffo vd., 2020; Beris vd., 2023; EPPO, 2024). Bu belirtiler meyvenin ticari değerini düşürerek yüksek oranlarda pazar kaybına sebep

olmaktadır. Diğer yandan, Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde yapılan sürvey çalışmalarında ToFBV'nin çoğunlukla tek başına değil, tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV), pepino mosaic virus (PepMV) ve southern tomato virus (STV) gibi domatesin diğer yaygın virüsleriyle karışık enfeksiyonlar halinde bulunduğu belirlenmiştir (Ciuffo vd., 2020; Beris vd., 2023). Özellikle meyvede benzer renk açılmaları ve lekelenmeler yapan ToBRFV ile aynı bitkide bulunması, ToFBV simptomlarının ToBRFV sanılarak gözden kaçmasına yol açmaktadır.



Şekil 4. Meyve kabuğunda düzensiz ve alacalı olgunlaşma, kırmızı zemin üzerinde keskin sınırlı sarı, turuncu veya soluk yeşil klorotik lekeler (blotch), perikarp dokusunda sertleşme (https://gd.eppo.int/taxon/TOFBV0/photos, EPPO 2024)

Virüsün yayılması, mekanik inokulasyon (bitki özsuyu, budama ve bakım işlemleri) veya tohum yoluyla sağlıklı bitkilere taşınmadığı belirlenmiştir (Ciuffo vd., 2020; EPPO, 2024). Ancak yapılan epidemiyolojik gözlemler ve moleküler taramalar, ToFBV enfeksiyonu görülen tüm üretim alanlarında Eriophyidae familyasına ait domates pas akarının (Aculops lycopersici) yoğun olarak bulunduğunu ve akarın virüsü bünyesinde taşındığını ortaya koymuştur (Ciuffo vd., 2020; Nakasu vd., 2022; Luigi vd., 2024). Yürütülen güncel aktarım denemeleriyle A.

lycopersici bireylerinin ToFBV'yi enfekteli domates bitkilerinden alarak sağlıklı domateslere bulaştırabildiği deneysel olarak da doğrulanmıştır (EPPO, 2024). Doğal konukçusu domates (S. lycopersicum) olmakla birlikte, deneysel aktarımlarda köpek üzümü (Solanum nigrum) gibi yabancı otların da enfekte olabildiği ve Tunus'ta patates (Solanum tuberosum) bitkilerinden elde edilen izolatların GenBank veri tabanına kaydedildiği bildirilmiştir (EPPO, 2024; EPPO, 2024). Türkiye'de daha önce yapılan çalışmalarda domates pas akarı (A. lycopersici) birçok bölgemizdeki örtüaltı ve açık tarla domates alanlarında önemli zararlılardan biri olarak rapor edilmektedir (Gök, 2023). Ayrıca ülkemiz domates alanlarında ToBRFV ve PepMV enfeksiyonları da yaygın olarak görülmektedir (Fidan vd., 2021). Dolayısıyla, komşumuz Yunanistan'a kadar ulaşmış olan ToFBV' nin ülkemiz domates üretim alanlarına bulaşma veya ToBRFV simptomları altında gizlenme potansiyeli bulunmaktadır. Bu kapsamda, ülkemiz domates üretim bölgelerinde hem lekeli meyve simptomu gösteren bitki örneklerinin hem de A. lycopersici popülasyonlarının eşzamanlı moleküler tanı yöntemleriyle (duplex RT-qPCR vb.) taranması, doğru bir bitki koruma mücadelesinin uygulanmasına olanak sağlayacaktır (Luigi vd., 2024; EPPO, 2024).

2. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin domates üretimindeki konumu dikkate alındığında, son yıllarda Akdeniz havzası ve Avrupa'da domates üretimini tehdit eden Tomato fruit blotch virus (ToFBV; Blunervirus solani) hakkında elde edilen güncel bulguların ülkemiz açısından değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Özellikle İtalya, İspanya ve komşumuz Yunanistan başta olmak üzere birçok ülkede bildirilen ToFBV enfeksiyonları, domates tarımında meyve kalitesini bozan viral hastalıkların etiyolojisinin, karışık enfeksiyon dinamiklerinin ve genetik çeşitliliğinin ayrıntılı biçimde araştırılması gerektiğini göstermektedir (Ciuffo vd., 2020; Beris vd., 2023; EPPO, 2024). Bununla birlikte, Avrupa ve Akdeniz ülkelerindeki bulguların Türkiye'deki üretim alanlarına doğrudan genellenmesi mümkün değildir.

Türkiye'de daha önce yapılan çalışmalarda, domates üretim alanlarında meyvede renk açılması ve lekelenme oluşturan Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) gibi viral etmenler ile ToFBV'nin ana vektörü olan domates pas akarı (Aculops lycopersici) pek çok üretim bölgesinden bildirilmiştir (Çobanoğlu vd., 2020; Fidan vd., 2021). Mevcut durumda ülkemiz örtüaltı ve açık tarla domates üretim alanlarında bulunan A. lycopersici popülasyonları, olası bir ToFBV bulaşmasında virüsün yayılması açısından potansiyel taşımaktadır. Ayrıca, ToFBV'nin vejetatif dönemde yapraklarda belirti göstermeyerek gizli kalması ve meyve semptomlarının ülkemizde bulunan ToBRFV ile benzerlik göstermesi, olası ToFBV enfeksiyonlarının gözden kaçmasına neden olabilir. Böylece, domates üretim alanlarımızda ToFBV'nin varlığının, genetik çeşitliliğinin ve olası vektör ilişkilerinin belirlenmesi için sistematik araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu kapsamda, farklı üretim bölgelerinden alınacak lekeli meyve örneklerinin ve Solanum nigrum gibi yabancı ot konukçularının moleküler yöntemlerle incelenmesi, gelecekte domates üretim alanlarımızda yaşanabilecek olası viral enfeksiyonların ve ürün kayıplarının önüne geçebilir. Ayrıca, domates alanlarında bulunan A. lycopersici bireylerinin araştırılması, bitki ve vektör örneklerindeki moleküler bulguların birlikte değerlendirilmesi (Luigi vd., 2024) doğru bir bitki koruma mücadelesinin uygulanmasına olanak sağlayacaktır. Sonuç olarak, Avrupa ve Akdeniz havzasında bildirilen ToFBV'nin, Türkiye'de gelecekteki araştırmalarda dikkate alınması gereken patojenlerden biri olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Beris, D., Galeou, A., Kektsidou, O. & Varveri, C. (2023) First report of Tomato fruit blotch fruit virus infecting tomato in Greece. New Disease Reports, 48, e12219. https://doi.org/10.1002/ndr2.12219

Ciuffo, M., Kinoti, W. M., Tiberini, A., Forgia, M., Tomassoli, L., Constable, F. E., & Turina, M. (2020). A new blunervirus infects tomato crops in Italy and Australia. Archives of Virology, 165(10), 2379-2384. https://doi.org/10.1007/s00705-020-04760-x

EPPO (2024). EPPO Alert List: Tomato fruit blotch virus (Blunervirus solani). European and Mediterranean Plant Protection Organization. Erişim tarihi: 14.10.2026. https://gd.eppo.int/reporting/article-7766

Fidan, H., Sarikaya, P., Yildiz, K., Topkaya, B., Erkis, G., & Calis, O. (2021). Robust molecular detection of the new Tomato brown rugose fruit virus in infected tomato and pepper plants from Turkey. Journal of Integrative Agriculture, 20(8), 2170-2179.

Gök, N., (2023) Domates pas akarı Aculops lycopersici (massee), (Acarina: Eriophyidae)'nin farklı domates çeşitleri ile konukçu ilişkileri ve önemli bir avcı phytoseiid türü ile biyolojik savaşım olanakları. Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi

Hanssen, I. M., Lapidot, M., & Thomma, B. P. (2010). Emerging viral diseases of tomato crops. Molecular plant-microbe interactions, 23(5), 539-548.

Kitajima, E. W., Nakasu, E. Y. T., Inoue-Nagata, A. K., Salaroli, R. B., & Ramos-González, P. L. (2022). Tomato fruit blotch virus cytopathology strengthens evolutionary links between plant blunerviruses and insect negeviruses. Scientia Agricola, 80, e20220045.

Luigi, M., Tiberini, A., Taglienti, A., Bertin, S., Dragone, I., Sybilska, A., ... & Faggioli, F. (2024). Molecular methods for the simultaneous detection of tomato fruit blotch virus and identification of tomato russet mite, a new potential virus–vector system threatening solanaceous crops worldwide. Viruses, 16(5), 806.

Nakasu, E. Y., Nagata, T., & Inoue-Nagata, A. K. (2022). First report of tomato fruit blotch virus infecting tomatoes in Brazil. Plant Disease, 106(8), 2271.

TÜİK (2025). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. https://biruni.tuik.gov.tr/ Erişim tarihi: 14.10.2026.

BİTKİ HASTALIKLARININ TAŞINMASINDA VEKTÖR BÖCEKLERİN ROLÜ

Doç. Dr. Meltem AVAN[1], Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU[2]

[1] Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, meltemavan@adiyaman.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2939-8177

[2] Adıyaman Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, mislamoglu@adiyaman.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2835-4735

Özet

Böcek vektörleri ve parazit bitkileri de içeren bitki-patojen etkileşimleri, bitki hastalıklarının yayılmasını doğrudan etkileyen karmaşık ve çok yönlü süreçlerdir. Yaprak bitleri, beyazsinekler, yaprak pireleri ve çeşitli böcek türleri; fungus, bakteri, virüs ve fitoplazma gibi etmenlerin taşınmasında temel vektörler olarak öne çıkmaktadır. Patojenlerin bitkilere aktarılması, hem vektörün hem de etmenin biyolojik özelliklerine bağlı olarak süreklilik arz eden ya da etmeyen biçimlerde, doğrudan veya dolaylı yollarla gerçekleşmektedir. Çalışmada, dolaşımlı ve dolaşımsız iletim yolları irdelenmekte; etmenlerin vektör organizma içerisindeki seyri ve bu sürecin yeni konukçulara bulaşma başarısını nasıl şekillendirdiği detaylandırılmaktadır. Söz konusu hastalık dinamikleri, yalnızca tarımsal verimlilikte düşüşe ve ekonomik kayıplara yol açmakla kalmayıp, aynı zamanda kimyasal mücadele yöntemlerinin aşırı kullanımına bağlı çevresel tehditleri ve halk sağlığı risklerini de beraberinde getirmektedir. Bu karmaşık epidemi süreçlerinin kavranması, doğa dostu ve sürdürülebilir koruma stratejilerinin yanı sıra entegre zararlı yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi açısından zorunluluk taşımaktadır. Bu bildiri, böceklerle bitki hastalıklarının bulaşma yolları ve olası sonuçlarına dair güncel çalışmaları analiz ederek gelecekteki bitki koruma çalışmalarına rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitki-böcek ilişkileri, vektörlerle taşınan patojenler, bulaşma dinamikleri, konukçu duyarlılığı, ekolojik faktörler

THE ROLE OF VECTOR INSECTS IN THE TRANSMISSION OF PLANT DISEASES

Assoc. Prof. Dr. Meltem AVAN[1], Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU[2]

[1] **Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Adıyaman University, meltemavan@adiyaman.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2939-8177**

[2] **Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Adıyaman University,, mislamoglu@adiyaman.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2835-4735**

Abstract

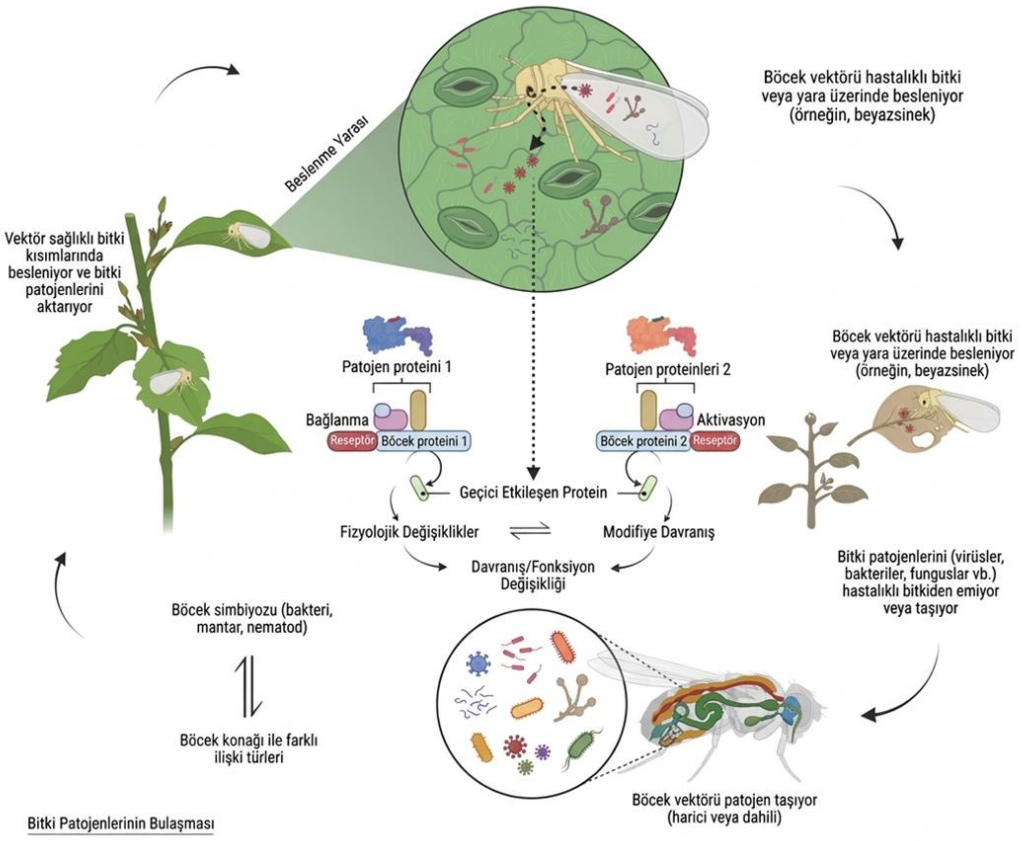
Plant-pathogen interactions, which include insect vectors and parasitic plants, are complex and multifaceted processes that directly influence the spread of plant diseases. Aphids, whiteflies, leafhoppers, and various other insect species serve as primary vectors for the transmission of pathogens such as fungi, bacteria, viruses, and phytoplasmas. The transmission of pathogens to plants occurs through direct or indirect routes, in forms that may or may not be continuous, depending on the biological characteristics of both the vector and the pathogen. In this study, both circulatory and non-circulatory transmission routes are examined; the pathway of pathogens within the vector organism and how this process shapes their success in infecting new hosts are detailed. These disease Dynamics not only lead to declines in agricultural productivity and economic losses but also entail environmental threats and public health risks associated with the excessive use of chemical control methods. Understanding these complex epidemiological processes is essential for the development of environmentally friendly and sustainable protection strategies, as well as integrated pest management practices. This paper aims to guide future plant protection efforts by analyzing current studies on the transmission routes and potential consequences of insect-borne plant diseases.

Keywords: Plant-insect interactions, vector-borne pathogens, transmission dynamics, host susceptibility, ecological factors

BİTKİ HASTALIKLARININ TAŞINMASINDA VEKTÖR BÖCEKLERİN ROLÜ

1. GİRİŞ

Bitki ve patojen arasındaki ilişkiler; biyolojik, ekolojik ile çevresel parametrelerin şekillendirdiği son derece karmaşık ve dinamik bir yapıdır. Bu ekosistemin merkezinde ise patojenlerin türler arası naklini sağlayan vektör böcekler konumlanır. Virüslerden bakterilere, funguslardan nematodlara kadar geniş bir yelpazedeki etmenler; yaprak bitleri, beyazsinekler, thripsler ve psillitler gibi böcek gruplarına mutlak bir bağımlılık gösterir. Söz konusu bağımlılık, tarımsal ürünlerde ağır hasarlara ve salgınlara zemin hazırlamaktadır (Bosque-Pérez ve Eigenbrode, 2011). Vektör kaynaklı patojen yayılımı, ürün kayıpları ve artan üretim maliyetleri üzerinden küresel gıda güvenliğini doğrudan tehdit etmektedir (Şekil 1). Örneğin, yaprak pireleriyle nakledilen pirinç tungro küresel virüsü (RTSV) ile akarların taşıdığı buğday çizgili mozaik virüsü (WSMV), Asya ve Kuzey Amerika kıtalarında büyük ekonomik zararlar oluşturmaktadır (Eigenbrode ve ark., 2018). İklim değişimleri ve artan patojen direnci karşısında hastalık yönetim stratejilerini optimize etmek, bu vektör-patojen ilişkilerinin mekanizmasını çözmekten gerekmektedir (He ve ark., 2016; Lahlali ve ark., 2024).



Şekil 1. Bitki patojenlerinin böcek vektörleriyle bulaşma akış şeması

Son çalışmalar, bu ilişkinin sadece pasif bir taşımacılıktan ibaret olmadığını; patojenlerin, bulaşma oranlarını artırmak için taşıyıcı böceklerin davranışlarını bizzat yönlendirdiğini kanıtlamıştır (Islam ve ark., 2020). Örneğin, arpa sarı cücelik virüsü (BYDV) gibi yaprak bitleriyle taşınan etmenler, böceğin beslenme alışkanlıklarını değiştirerek onun sağlıklı bitkiler üzerinde daha sık ve uzun süre deneme yapmasını sağlar. Bu durum, virüsün yeni bitkilere geçiş hızını ve başarısını büyük ölçüde artırmaktadır (Wamonje ve ark., 2020).

Bitki vasküler sistemi, floem ve ksilem dokularından oluşur ve barındırdığı organizmalara taşıma yolu sağlar. Zengin besin içeriği barındıran floem dokusu, karbonhidrat ve amino asitler sunduğu için pek çok virüs ve bakterinin yerleşim yeridir (Bove ve Garnier, 2003; Lough ve Lucas, 2006; Lucas, 2006; Will ve ark., 2013). Buna karşılık, temel görevi su taşımak olan ksilem damarları daha az besin içermesine rağmen bazı patojenler tarafından tercih edilmektedir (Purcell ve Hopkins, 1996; Bae ve ark., 2015). Bitki vasküler sistemi, mikroorganizmaların yanı sıra bazı makro organizmalar için de kritik bir besin kaynağıdır. Özellikle Hemiptera takımına ait beyaz sinek, yaprak biti, psillid ve yaprak çekirgesi gibi zararlılar bu grupta yer alır. Bu böcekler, "stilet" adını taşıyan özel ağız yapıları sayesinde bitki dokularını delerek doğrudan hedef bölgeye ulaşabilirler. Türlerine bağlı olarak bazıları hem mezofil hem de vasküler dokulardan beslenirken, bazıları doğrudan floem veya ksilem damarlarını hedef alır. Gerçekleştirdikleri bu özel beslenme mekanizması, bitki bünyesindeki mikroplarla temas etmelerine ve taşıyıcı rol üstlenmelerine zemin hazırlar. Patojenleri bir konukçudan diğerine aktaran canlılar olarak tanımlanan vektörler arasında (Purcell, 1982), Hemiptera üyeleri bitki patojenlerinin yayılmasında birincil öneme sahip taşıyıcılar olarak öne çıkmaktadır (Nault ve Ammar, 1989; Orlovskis ve ark., 2015).

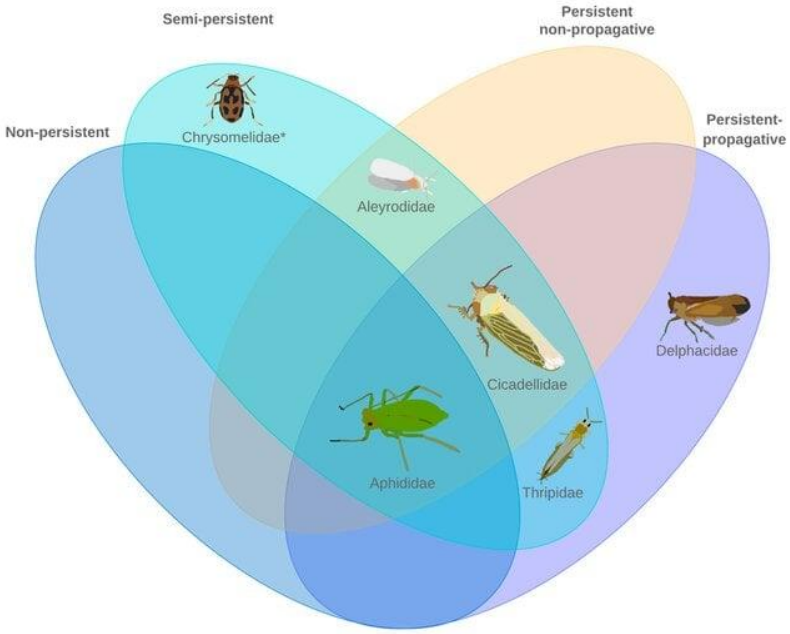
2. BÖCEKLERLE TAŞINAN BİTKİ PATOJENLERİ VE BULAŞMA TİPLERİ

Böcekler vasıtasıyla yayılan bitki patojenleri, vektörün hemösöl (vücut boşluğu) sıvısına geçiş yapıp yapmama durumlarına göre non-sirkülatif (dolaşıma katılmayan) ve sirkülatif (dolaşıma katılan) olmak üzere iki temel sınıfa ayrılır. *Non-sirkülatif (Dolaşıma Katılmayan) Patojenler*: Vektörün iç sıvılarına karışmayan bu etmenler, genellikle ağız parçaları ve ön bağırsak gibi dış bölgelerde konumlanır. Funguslarda bu ilişki böcek vektörlerde mikanj adı verilen özel taşıyıcı yapılarla desteklenebilir (Mikanj, bazı böceklerin vücudunda bulunan ve fungusları taşımak, korumak ve beslemek için özel olarak gelişmiş kütiküler cep veya çukurcuk şeklindeki yapılardır) Patojenin tutunması, ağız organelleri ya da ön bağırsaktaki özgül protein yapılarıyla sağlanır. Taşınma süresine bağlı olarak non-persistant (kalıcı olmayan) veya semi-persistant (yarı kalıcı) alt gruplara ayrılırlar. Kalıcı olmayanlar saniyeler içinde alınıp aktarılırken, yarı kalıcıların alınması için kısa süreli bir yutulma süreci gereklidir (Nault, 1997; Ng ve Perry, 2004). *Sirkülatif (Dolaşıma Katılan) Patojenler*: Vektörün hemolenfinde dolaşarak bağırsak çeperini aşan ve tükürük bezlerine kadar ulaşan etmenlerdir. Yeni konukçuya aktarılmaları için latent bir sürece ve kesintisiz beslenmeye ihtiyaç duyulur. Vektör bünyesinde çoğalıp çoğalmadıklarına göre propagatif (çoğalan) veya non-propagatif (çoğalmayan) biçimde incelenirler. Tüm bakteriyel patojenler ve bazı virüsler vektör içinde çoğalma yeteneğine sahiptir. Bu grup, genellikle yüksek konukçu ve vektör özgüllüğü sergilemektedir (Nault, 1997; Ng ve Perry, 2004).

Virüsler her dört bulaşma mekanizmasını da (non-persistant, semi-persistant, sirkülatif-non-propagatif, sirkülatif-propagatif) gösterebilirken; funguslar dolaşıma katılmaz ancak spor, miselyum veya maya formlarıyla farklı kalıcılık özellikleri sergileyebilmektedir. Bakteriyel etmenler ise ağırlıklı olarak sirkülatif ve propagatif bir rota izlemektedir.

3. PATOJEN TAŞIYAN VEKTÖRLER VE BİTKİ HASTALIKLARININ TAŞINMASINDAKİ GÖREVLERİ

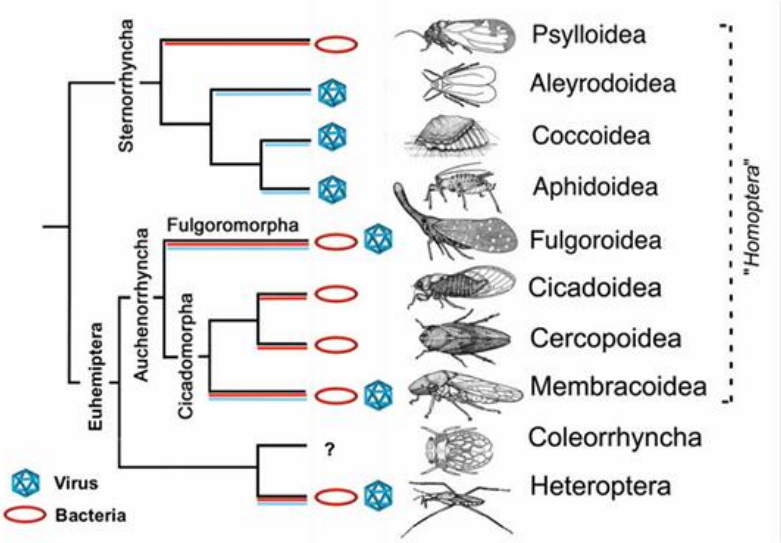
Hastalık yayılımında mekanik ve toprak kaynaklı bulaşmalar rol oynasa da, eklembacaklıların taşıyıcılığı ekonomik açıdan en baskın ve verimli yoldur (Agrios, 2008; Van Bogaert, 2016). Böcekler beslenme tiplerine göre çiğneyici ve sokucu-emici olarak ikiye ayrılır. Çiğneyici böcekler (Coleoptera, Orthoptera, Dermaptera) bitkide fiziksel yaralar açarak fungus ve bakteri geçişine zemin hazırlar; ancak asıl büyük salgınlar sokucu-emici gruptan kaynaklanır (Krenn, 2019) (Şekil 2).



Şekil 2. Bitki virüslerini taşıyan, üç farklı böcek takımını temsil eden en yaygın altı böcek familyası (Catto ve ark., 2022).

Homoptera alt takımındaki türler, bilinen böcek kaynaklı hastalıkların yaklaşık %90'ından sorumludur (Wilson ve ark., 2019). Yaprak bitleri BYDV ve PVY gibi virüsleri taşırken, yaprak pireleri fitoplazma kaynaklı hastalıkları yaymaktadır. *Bemisia tabaci* (beyazsinek), domates sarı yaprak kıvırcıklık virüsünün (TYLCV) ana taşıyıcısıdır (Cathrin ve Ghanim, 2014). Sokucu-emici ağız yapısı, patojenleri doğrudan vasküler sisteme (floem veya ksilem) ileterek bitki savunmasını baypas eder ve sistemik enfeksiyonu tetiklemektedir (Nadarasah ve Stavrinides, 2011).

Hemiptera takımına ait vektörler ayrıca *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) ve *Xylella fastidiosa* gibi bakteriyel etmenleri de nakleder (Kruse ve ark., 2019). Bu süreçte patojen, vektörün fizyolojisini ve uyum başarısını artıracak şekilde karşılıklı faydaya dayalı (mutualistik) bir etkileşim kurabilir (Pelz-Stelinski ve Killiny, 2016). Thysanoptera (trips) ve Coleoptera üyeleri de süreçte aktiftir; örneğin *Frankliniella occidentalis*, Tospovirüslerin (TSWV) en etkili vektörüdür (Rotenberg ve ark., 2015). Vektörler sadece patojen taşıyıcısı işlevi görmez; patojenlerin sergilediği davranışsal değişiklikler aracılığıyla hastalık epidemiyolojisini biçimlendirirler (Mauck ve ark., 2012) (Şekil 3)



Şekil 3. Hemiptera'nın bildirilen vektörleri ve bitki patojeni grupları

4. VEKTÖRLERİN BİTKİ PATOJENLERİNİ BULAŞTIRMA MEKANİZMALARI

Patojen iletimi; vektör, konukçu ve etmen arasında gerçekleşen moleküler düzeydeki özgül etkileşimler bütünüdür (Agrios, 2008). Bu döngüyü anlamak, tarımsal koruma stratejileri geliştirmek adına hayati önem taşımaktadır. Vektörlerin bitki patojenlerini bulaştırma mekanizmaları şu şekildedir;

4.1. Doğrudan ve Dolaylı Bulaşma

Doğrudan Bulaşma: Tohum, çelik, yumru veya fide gibi enfekte çoğaltım materyallerinin doğrudan toprakla buluşturulmasıyla gerçekleşir. Örneğin, *Ralstonia solanacearum* patojeni patates yumruları aracılığıyla bu yolla yayılır (Dey ve Sen, 2023).

Dolaylı Bulaşma: Patojenin bitkisel materyalden bağımsız olarak böcekler, rüzgâr, su veya ekipmanlar vasıtasıyla taşınmasıdır. Böcekler bu süreçte en kritik biyotik vektörlerdir (West, 2014; Kumar ve ark., 2022).

4.2. Sürekli ve Süreksiz Bulaşma

Sürekli Bulaşma: Patojenin endemik olduğu bir coğrafi bölgede, yerel vektörler aracılığıyla kesintisiz ve yerel düzeyde varlığını sürdürmesidir (Örn; *B. tabaci* ile TYLCV döngüsü) (Whitfield ve ark., 2015; Czosnek ve Ghanim, 2012).

Süreksiz Bulaşma: Patojenin coğrafi engelleri aşarak daha önce etkilenmemiş yeni alanlara ani sıçramalarla giriş yapmasıdır (Örn; *X. fastidiosa* kaynaklı Zeytin Hızlı Ölüm Sendromu'nun Avrupa'ya taşınması) (Stukenbrock ve McDonald, 2008; Raparelli ve ark., 2024).

4.3. Dolaşımsız Böcek Kaynaklı Bitki Patojenleri

Bu gruptaki etmenler hemösöle geçmeden dış yüzeylerde veya ön bağırsakta tutunur (Ratcliffe ve ark., 2022).

Non-persistent (Kalıcı Olmayan) Bulaşma: Saniyeler içinde stilet üzerindeki reseptörlere tutunarak gerçekleşir ve kısa süreli beslenmelerde aktarılır. Örn; Salatalık Mozaik Virüsü (CMV) veya Karnabahar Mozaik Virüsü (CaMV). Vektör bünyesinde çoğalma olmaz; Potyvirüs grubundaki HC-Pro proteinleri köprü görevi görerek tutunmayı stabilize eder (Mubashir, 2022).

Semi-persistent (Yarı Kalıcı) Bulaşma: Daha uzun süreli beslenme gerektirir. Patojenler ön bağırsakta saatler veya günler boyunca kalır ancak iç dolaşıma girmez (Weintraub, 2012; Bahrami Kamangar, 2021).

4.4. Böcekler Aracılığıyla Taşınan Sirkülatif (Dolaşıma Katılan) Bitki Patojenleri

Sirkülatif patojenler sindirim kanalından geçerek hemolenfe karışır ve tükürük bezlerine ulaşır (Reyes Caldas ve ark., 2022). Orta bağırsak reseptörleri üzerinden endositozla geçen etmenlere, endosimbiyotik GroEL şaperon proteinleri katlanma sürecinde destek olur (Gray ve ark., 2014).

Propagatif (Çoğalan) Bulaşma: Patojen vektör dokularında çoğalır ve uzun süreli bulaşıcılık sağlar (Örn; CLas bakterisinin D. citri içindeki döngüsü) (Pelz-Stelinski ve Killiny, 2016).

Non-propagative (Çoğalmayan) Bulaşma: Patojen hemolenfte ve tükürük bezlerinde taşınır ancak vektör içinde çoğalmaz (Örn; BYDV). HSP70 ısı şoku proteinleri bu süreçte patojenin stres altında hayatta kalmasını ve hareketini kolaylaştırır (Bosque-Pérez ve Eigenbrode, 2011; Gray ve ark., 2014).

Tablo 1. Böcekler aracılığıyla taşınan bitki patojenlerinin ana grupları, bulaşma biçimleri ve patojen enfeksiyonunun vektör biyolojisi (Eigenbrode ve ark., 2018).

	Takson grubu	Vektör taksonlar	Bulaşma biyolojisi
Bakteri	*Phytoplasma* spp.	Psylliidae ve Fulgoroidea	Persistent, sirkülatif, propagatif
	Liberibacter spp.	Psylliidae	Persistent, sirkülatif, propagatif, floemle sınırlı
	Xanthomonadales, *Xylella fastidiosa*	Cicadellidae	Persistent, sirkülatif olmayan, propagatif
	Enterobacteriales, *Erwinia tracheiphila*	Chrysomelidae	Semipersistent, sindirimsel taşıma
Fungus	Ascomycota, Ophiostoma, Raffaelea	Scolytinae	Persistent, sirkülatif, propagatif, floem ve ksilemle sınırlı
	Basidiomycota, Ustilago	Apidae, Noctuidae	Persistent, sirkülatif olmayan, çiçeksi dokularla sınırlı
Virüs	Geminiviridae, Begomovirus	Aleyrodidae	Persistent, sirkülatif olmayan, propagatif
	Luteoviridae	Aphididae	Persistent, sirkülatif, propagatif olmayan
	Nanoviridae	Aphididae	Persistent, sirkülatif, yayılımı bilinmiyor
	Bunyaviridae, Tomato spotted wilt virus	Thripidae	Persistent, sirkülatif, propagatif
	Bromoviridae	Aphididae	Nonpersistent
	Caulimoviridae	Cicadellidae	Nonpersistent
	Potyviridae	Aphididae, Chrysomelidae	Nonpersistent
	Reoviridae	Delphacidae, Cicadellidae	Nonpersistent
	Closteroviridae, Closterovirus	Aphididae	Semipersistent
	Closteroviridae, Crinivirus	Aleyrodidae	Semipersistent
	Secoviridae	Chrysomelidae	Mekanik (alt çene kaynaklı)

5. SONUÇLAR

Bitki-patojen ekosistemindeki karmaşık ilişkiler ve böcek vektörlerin taşıdığı kritik sorumluluk, küresel tarımın ve gıda güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından acil stratejik önlemler alınmasını zorunlu kılmaktadır. Geleneksel koruma yöntemlerinin tek başına yetersiz kaldığı günümüzde, patojenlerin vektör organizma içindeki tutunma, göç ve davranış yönlendirme mekanizmalarının moleküler düzeyde aydınlatılması hayati bir önem taşımaktadır. Özellikle böceklerin bitkiyi delmek için kullandığı iğne benzeri ağız yapıları ile virüslerin dış kılıfları arasındaki kilitlenme mekanizmalarının ve böcek içi yararlı mikroorganizmaların işleyişinin detaylı incelenmesi, hastalıkların yayılma zincirini tam kaynağında kıracak hedef odaklı çözümler sunmaktadır. Bu doğrultuda; virüslerin böceğe tutunmasını engelleyen özel moleküler engelleyicilerin geliştirilmesi, böcek

bünyesindeki faydalı bakterilerin genetik olarak düzenlenmesi ve virüslerin böcek davranışları üzerindeki yönlendirici etkisini bozan yenilikçi biyoteknolojik yöntemler, geleceğin çevre dostu tarımsal mücadele (IPM) stratejilerine yön verecektir. Sonuç olarak, temel fitopatoloji araştırmalarından elde edilen bu bilimsel birikimin tarımsal üretim süreçlerine entegre edilmesi, ürün kayıplarının önüne geçilmesinde ve ekosistem dostu güvenilir gıda arzının güvence altına alınmasında belirleyici bir rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

Agrios, G. N. (2008). Transmission of plant diseases by insects. In J. L. Capinera (Ed.), Encyclopedia of entomology (2nd ed., pp. 3853–3885). Springer.

Bae, C., Han, S. W., Song, Y. R., Kim, B. Y., Lee, H. J., Lee, J. M., Yeam, I., & Heu, S. (2015). Infection processes of xylem-colonizing pathogenic bacteria: Possible explanations for the scarcity of qualitative disease resistance genes against them in crops. Theoretical and Applied Genetics, 128(6), 1219–1229. https://doi.org/10.1007/s00122-015-2521-1

Bahrami Kamangar, S. (2021). Molecular aspects of potato virus Y transmission by aphids (Myzus persicae) [Doctoral dissertation, Ghent University].

Bosque-Pérez, N. A., & Eigenbrode, S. D. (2011). The influence of virus-induced changes in plants on aphid vectors: Insights from luteovirus pathosystems. Virus Research, 159(2), 201–205. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2011.04.020

Bove, J. M., & Garnier, M. (2003). Phloem- and xylem-restricted plant pathogenic bacteria. Plant Science, 164(4), 423–438. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00032-3

Cathrin, P. B., & Ghanim, M. (2014). Recent advances on interactions between the whitefly Bemisia tabaci and begomoviruses, with emphasis on Tomato yellow leaf curl virus. In R. K. Gaur, T. Hohn, & P. Sharma (Eds.), Plant Virus–Host Interaction (pp. 79–103). Academic Press.

Catto, M. A., Mugerwa, H., Myers, B. K., Pandey, S., Dutta, B., & Srinivasan, R. (2022). A review on transcriptional responses of interactions between insect vectors and plant viruses. Cells, 11(4), 693.

Czosnek, H., & Ghanim, M. (2012). Back to basics: Are begomoviruses whitefly pathogens? Journal of Integrative Agriculture, 11(2), 225–234.

Dey, P., & Sen, S. K. (2023). A review on solanaceous plant diseases caused by Ralstonia solanacearum having serious economic impact. Plant Archives, 23(1), 433–448.

Eigenbrode, S. D., Bosque-Pérez, N. A., & Davis, T. S. (2018). Insect-borne plant pathogens and their vectors: Ecology, evolution, and complex interactions. Annual Review of Entomology, 63, 169–191.

Gray, S., Cilia, M., & Ghanim, M. (2014). Circulative, "nonpropagative" virus transmission: An orchestra of virus-, insect-, and plant-derived instruments. Advances in Virus Research, 89, 141–199.

He, D. C., Zhan, J. S., & Xie, L. H. (2016). Problems, challenges and future of plant disease management: From an ecological point of view. Journal of Integrative Agriculture, 15(4), 705–715.

Islam, W., Noman, A., Naveed, H., Alamri, S. A., Hashem, M., Huang, Z., & Chen, H. Y. (2020). Plant-insect vector-virus interactions under environmental change. Science of the Total Environment, 701, 135044.

Krenn, H. W. (2019). Form and function of insect mouthparts. In Insect Mouthparts: Form, Function, Development Performance, Zoological Monographs (Vol. 5, pp. 9–46). Springer.

Kruse, A., Fleites, L. A., & Heck, M. J. I. (2019). Lessons from one fastidious bacterium to another: What can we learn about Liberibacter species from Xylella fastidiosa. Insects, 10(9), 300.

Kumar, N., Maurya, P. D., Raghuvanshi, R. S., Rahmani, U., & Verma, B. (2022). Role of dispersal in different plant pathogens. In A. R. Sahu, D. Bisen, N. Mahawar, & K. Aravinthraju (Eds.), Agriculture Science: Research and Review (Vol. X, pp. 91–104). Bhumi Publishing.

Lahlali, R., Taoussi, M., Laasli, S. E., Gachara, G., Ezzouggari, R., Belabess, Z., Aberkani, K., Assouguem, A., Meddich, A., & El Jarroudi, M. (2024). Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. Crop Environmental Microbiology, 3, 159–170.

Lough, T. J., and Lucas, W. J. (2006). Integrative plant biology: role of phloem long-distance macromolecular trafficking. Annu. Rev. Plant Biol. 57:203–232. doi: 10.1146/annurev.arplant.56.032604.144145

Lucas, W. J. (2006). Plant viral movement proteins: Agents for cell-to-cell trafficking of viral genomes. Virology, 344(1), 169–184. https://doi.org/10.1016/j.virol.2005.09.026

Mauck, K., Bosque-Pérez, N. A., Eigenbrode, S. D., De Moraes, C. M., & Mescher, M. C. (2012). Transmission mechanisms shape pathogen effects on host–vector interactions: Evidence from plant viruses. Functional Ecology, 26(5), 1162–1175.

Mubashir, S. (2022). Understanding the molecular prospective of plant virus transmission via insect vectors. Virology and Mycology, 11(3), 236.

Nadarasah, G., & Stavrinides, J. (2011). Insects as alternative hosts for phytopathogenic bacteria. FEMS Microbiology Letters, 323(1), 1–11.

Nault, L. R., and Ammar, El-D. (1989). Leafhopper and planthopper transmission of plant viruses. Annu. Rev. Entomol. 34, 503–529. doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.002443

Nault, L. R. (1997). Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. Annals of the Entomological Society of America, 90(5), 521–541.

Ng, J. C. K., & Perry, K. L. (2004). Transmission of plant viruses by aphid vectors. Molecular Plant Pathology, 5(5), 505–511.

Orlovskis, Z., Canale, M. C., Thole, V., Pecher, P., Lopes, J. R. S., & Hogenhout, S. A. (2015). Insect-borne plant pathogenic bacteria: Getting a ride goes beyond physical contact. Current Opinion in Insect Science, 9, 16–23. https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.04.007

Pelz-Stelinski, K., & Killiny, N. (2016). Better together: Association with 'Candidatus Liberibacter asiaticus' increases the reproductive fitness of its insect vector, Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae). Annals of the Entomological Society of America, 109(3), 371–376.

Purcell, A. H. (1982). Insect vector relationships with prokaryotic plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 20, 397–417. doi: 10.1146/annurev.py.20.090182.002145

Purcell, A. H., & Hopkins, D. L. (1996). Fastidious xylem-limited bacterial plant pathogens. Annual Review of Phytopathology, 34, 131–151. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.34.1.131

Raparelli, E., Bajocco, S., Ginaldi, F., & Fila, G. (2024). Mapping the science around Xylella fastidiosa: An update after the outbreak on Italian olive groves. European Journal of Agronomy, 159, 127250.

Ratcliffe, N. A., Furtado Pacheco, J. P., Dyson, P., Castro, H. C., Gonzalez, M. S., Azambuja, P., & Mello, C. B. (2022). Overview of paratransgenesis as a strategy to control pathogen transmission by insect vectors. Parasites & Vectors, 15, 112.

Rotenberg, D., Jacobson, A. L., Schneweis, D. J., & Whitfield, A. E. (2015). Thrips transmission of tospoviruses. Current Opinion in Virology, 15, 80–89.

Stukenbrock, E. H., & McDonald, B. A. (2008). The origins of plant pathogens in agro-ecosystems. Annual Review of Phytopathology, 46, 75–100.

Van Bogaert, N. (2016). Viroid-insect-plant interactions in view of transmission routes [Doctoral dissertation, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University].

Wamonje, F. O., Donnelly, R., Tungadi, T. D., Murphy, A. M., Pate, A. E., Woodcock, C., Caulfield, J., Mutuku, J. M., Bruce, T., & Gilligan, C. A. (2020). Different plant viruses induce changes in feeding behavior of specialist and generalist aphids on common bean that are likely to enhance virus transmission. Frontiers in Plant Science, 10, 1811.

Weintraub, P. G. (2012). Virus- and bacteria-transmitting arthropod vectors and their management. In Integrated Pest Management: Principles and Practice (pp. 351–369). CABI.

West, J. S. (2014). Plant pathogen dispersal. In Encyclopedia of Life Sciences (pp. 1–7). John Wiley & Sons, Ltd.

Whitfield, A. E., & Rotenberg, D. (2015). Disruption of insect transmission of plant viruses. Current Opinion in Insect Science, 8, 79–87.

Will, T., Furch, A. C., & Zimmermann, M. R. (2013). How phloem-feeding insects face the challenge of phloem-located defenses. Frontiers in Plant Science, 4, Article 336. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00336

Wilson, J. R., Deblasio, S. L., Alexander, M. M., & Heck, M. (2019). Looking through the lens of 'omics technologies: Insights into the transmission of insect vector-borne plant viruses. Current Issues in Molecular Biology, 34, 113–144.

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PARAZİT KONTROLÜ: ETKİ MEKANİZMALARI, AVANTAJLAR VE SINIRLAMALAR

Arş. Gör. Dr. Sümmani ÇİFCİ

ORCID: 0000-0002-8247-6701

summanicifci@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Arş. Gör. Dr. Enes ÜSTÜNER

ORCID: 0000-0002-3837-5049

enesustuner@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

ORCID: 0000-0001-5264-7103

ozmustafa@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Özet

Su ürünleri yetiştiriciliği son yetmiş beş yılda on katın üzerinde büyüme gösterdi. 1950'de 19 milyon ton olan üretim, yıllık ortalama %3,2'lik bir artışla 2024'te 195 milyon tona ulaştı. Yetiştiricilik faaliyetleri toplam üretimin %53'ünü oluşturdu. Bu büyümede etkili olan yoğun(stok) yetiştiricilik faaliyetleri, paraziter hastalıkları sektör için önemli kısıtlardan biri hâline getirmiştir. Parazitlerin kültür balıkları üretiminde yol açtığı yıllık kaybın yaklaşık 1,05 ile 9,58 milyar ABD doları arasında olduğu tahmin edilmektedir. Mücadelede uzun yıllardır formalin, hidrojen peroksit, bakır sülfat ve çeşitli antiparaziter kimyasal ajanlara başvurulmaktadır. Bu ajanlar etki biçimleri yönünden birbirinden farklı olsalar da birçok konuda ortak sorunlar oluşturmaktadır. Bu sorunlar direnç gelişimi, hedef dışı organizmalara toksisite, dokularda kalıntı ve çevresel birikim örnek verilebilir. Mevcut kullanımdaki kemoterapötiklerin büyük çoğunluğuna karşı direnç gelişmiş olması, yeni kontrol yöntemlerini bir zorunluluk haline getirmektedir. Bu durum karşısında fitoterapötikler ve esansiyel yağlar, nanoformülasyonlar, yağ asidi temelli bileşikler, immünostimülanlar ve aşılar öne çıkmaktadır. Esansiyel yağlar hidrofobik yapılarıyla parazit zarlarını geçirgen hâle getirerek hücre içeriğinin sızmasına yol açar; nanoemülsiyonlar bu bileşiklerin sudaki çözünürlüğünü ve biyoyararlanımını yükseltir. İmmünostimülanlar ve yem katkıları ise konak direncini güçlendirerek dolaylı bir koruma sağlar. Bu alternatiflerin ortak avantajı, konağa ve çevreye düşük toksisite ile parazit direnci oluşturmamalarıdır. Bununla birlikte tek bir yöntem kalıcı çözüm sunmamakta; kalıcı bir parazit kontrolü, direnç yönetimini merkeze alan ve kimyasal, biyolojik, immünolojik ile mekanik araçların bir arada kullanıldığı birleşik stratejilerin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: balık parazitleri, kimyasal antiparaziterler, ilaç direnci, fitoterapötikler, esansiyel yağlar, sürdürülebilir akuakültür.

SUSTAINABLE PARASITE CONTROL IN AQUACULTURE: MECHANISMS OF ACTION, ADVANTAGES AND LIMITATIONS

Arş. Gör. Dr. Sümmani ÇİFCİ

ORCID: 0000-0002-8247-6701

summanicifci@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Arş. Gör. Dr. Enes ÜSTÜNER

ORCID: 0000-0002-3837-5049

enesustuner@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

ORCID: 0000-0001-5264-7103

ozmustafa@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Abstract

Aquaculture has grown more than tenfold over the past seventy-five years. Production, which was 19 million tonnes in 1950, reached 195 million tonnes in 2024 with an average annual increase of 3.2%. Aquaculture activities accounted for 53% of the total production. The intensive (stocking) aquaculture activities driving this growth have made parasitic diseases one of the major constraints for the sector. The annual loss caused by parasites in cultured fish production is estimated to range between 1.05 and 9.58 billion USD. Formalin, hydrogen peroxide, copper sulphate, and various antiparasitic chemical agents have been utilized for control for many years. Although these agents differ in their modes of action, they pose common problems in several aspects. Resistance development, toxicity to non-target organisms, tissue residues, and environmental accumulation can be cited as examples of these problems. The development of resistance against the vast majority of currently used chemotherapeutics makes new control methods a necessity. In this context, phytotherapeutics and essential oils, nanoformulations, fatty acid-based compounds, immunostimulants, and vaccines come to the forefront. Essential oils, with their hydrophobic structures, render parasite membranes permeable, causing the leakage of cell contents; nanoemulsions increase the aqueous solubility and bioavailability of these compounds. Immunostimulants and feed additives, on the other hand, provide indirect protection by strengthening host resistance. The common advantage of these alternatives is their low toxicity to the host and the environment, along with the absence of parasite resistance development. However, no single method offers a permanent solution; durable parasite control necessitates the implementation of integrated strategies centered on resistance management, combining chemical, biological, immunological, and mechanical tools.

Keywords: fish parasites, chemical antiparasitics, drug resistance, phytotherapeutics, essential oils, sustainable aquaculture.

1. Giriş

Su ürünleri yetiştiriciliği dünyanın en hızlı büyüyen gıda üretim kolu olarak tanımlanmaktadır (Subasinghe vd., 2009). Avcılık üretiminin 1990'lardan bu yana durağan bir yapı sergilemesi, artan protein talebinin karşılanmasında yetiştiriciliği ön plana çıkarmıştır (Mair vd., 2023). FAO verilerine göre, 2024'te dünya su ürünleri üretimi, 2022'ye göre %5,1 artışla 195 milyon tona ulaşmış; yetiştiricilik 103 milyon tonla ilk kez 100 milyon ton eşiğini aşarak toplamın %53'ünü karşılamıştır. Avcılık ise 92 milyon tonda kalmıştır. Üretimin satış değeri 545 milyar ABD doları olarak hesaplanırken bunun 371 milyar dolarlık payı yetiştiriciliğe aittir (FAO, 2026). Sektör, 1950'deki 19 milyon tondan on katın üzerinde bir artışla yıllık ortalama %3,2'lik büyüme yakalamıştır. Bu genişleme tüketim alışkanlıklarına da yansımış, kişi başı tüketim 1961'de 9,1 kg iken 2021'de 20,6 kg'a çıkmış ve artış hızı nüfus artışının yaklaşık iki katına ulaşmıştır. 2022'de su ürünleri üretiminin %89'u doğrudan insan tüketimine ayrılmış ve kişi başına 20,7 kg arz gerçekleşmiştir. Su ürünleri bugün küresel hayvansal protein arzının yaklaşık %15'ini karşılamakta olup bu oran bazı Asya ve Afrika ülkelerinde %50'yi aşmaktadır. Sektör yalnızca birincil üretimde 62 milyon kişiye istihdam sağlamakta ve en çok ticareti yapılan gıda emtiaları arasında yer almaktadır (FAO, 2024, 2026).

Üretimin yoğunlaşması, kapalı ve kalabalık ortamlarda paraziter etkenlerin hızla çoğalmasına zemin hazırlamaktadır. Kültür balıkları hem mevcut ortamlarında bulunan parazitleri barındırmakta hem de bu etkenlerin yabani stoklara taşınma (back-spill) riskini artırmaktadır. Kültür balıklarında karşılaşılan parazit faunası; siliatalı ve kamçılı protozoonlar, miksosporlar, monogenean ve digenean trematodlar, nematodlar, cestodlar, akantosefallar ile parazitik kabukluları kapsayan geniş bir yelpazeye sahiptir (Alsulami vd., 2025). Örneğin *Ichthyophthirius multifiliis*, *Cryptocaryon irritans* ve *Amyloodinium ocellatum* gibi protozoonlar; *Gyrodactylus* ve *Dactylogyrus* cinslerine bağlı monogeneanlar; somon biti (*Lepeophtheirus salmonis*) ve *Caligus rogercresseyi* gibi parazitik kopepodlar ile *Tetracapsuloides bryosalmonae* gibi miksosporlar, farklı konaklarda farklı boyutlarda kayıplara yol açmaktadır (Shivam vd., 2021; Tavares-Dias, 2021; Xu vd., 2025). Bu etkenler arasında somon biti, kuzey yarımküredeki salmonid yetiştiriciliğinin karşılaştığı en önemli sorunlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bir ektoparazit olan tür hem Atlantik somonuna (*Salmo salar*) hem de gökkuşağı alabalığına (*Oncorhynchus mykiss*) yerleşmekte, deriyi tutunma ve beslenme yoluyla hasara uğratarak stres, ikincil enfeksiyonlar ve ozmotik dengesizliğe sebep olmaktadır (Dalvin vd., 2020). Bu durumlara karşı sektörün uzun yıllardır başvurduğu başlıca çözüm formalin, hidrojen peroksit, bakır sülfat ve çeşitli antiparaziter kimyasal ajanlar olmuştur. Ancak bu ajanların etkinliği, beraberlerinde getirdikleri direnç, hedef dışı toksisite ve çevresel kalıntı sorunları nedeniyle giderek düşmekte, bu durum da alternatif ve sürdürülebilir kontrol stratejilerine olan ihtiyacı düşündürmektedir. Nitekim somon bitinde (*Lepeophtheirus salmonis*) kullanımdaki kemoterapötiklerin büyük çoğunluğuna karşı direnç gelişmiş olması, aşı, fonksiyonel yem gibi yeni kontrol yöntemlerini gündeme getirmiştir (Dalvin vd., 2020).

2. Parazitlerin Üretime ve Ekonomiye Etkisi

Paraziter enfeksiyonların kültür balıkçılığı üzerindeki etkisi sadece ölüm oranlarıyla sınırlı olmayıp çok boyutlu bir etki oluşturmaktadır. Enfeksiyonlar balıklarda yavaş büyümeye, düşük verime, zayıf üremeye ve kitlesel ölümlere yol açmakta, ayrıca tüketici tercihlerine uygun olmayan ürünler ortaya çıkarmaktadır. Hastalıklar üreme performansını düşürmekte, yemden yararlanma verimliliğini bozarak büyümeyi ve genel performansı olumsuz etkilemektedir (Tavares-Dias & Martins, 2017). Kültür balıklarında doğuştan gelen bağışıklık ile parazitler arasındaki etkileşim organizmanın normal işlevlerini aksatmakta; intestinal parazitler konak doku yapısını bozarak yangısal yanıtı tetiklemektedir (Dezfuli vd., 2023). Somon bitiyle enfekte gökkuşağı alabalığında bağışıklık yanıtı esas olarak parazitin tutunduğu bölgede uyarılmakta, tutunma alanı dışındaki deri ise enfekte olmayan kontrollerin derisine benzemektedir (Dalvin vd., 2020).

Paraziter enfeksiyonların küresel su ürünleri yetiştiriciliğine yıllık maliyetinin 1,05 ile 9,58 milyar ABD doları arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu ekonomik kaybın dağılımı incelendiğinde; kuluçkahanelerdeki %20'lik kayıp varsayımıyla genç balıklarda yıllık 107,31–134,14 milyon dolar, hasat boyuna gelmiş balıklardaki %1–10'luk kayıp tahminiyle ise 945 milyon ile 9,45 milyar dolar arasında bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Genel anlamda akuakültürdeki tüm hastalıkların yol açtığı yıllık kaybın 2 ila 9,58 milyar dolar arasında değiştiği ve literatürde yaygın olarak 6 milyar dolarlık bir tahmine atıf yapıldığı görülmektedir (Yue vd., 2026). Tür bazlı değerlendirme yapıldığında; Tilapyada bazı paraziter etkenler %30–80 arasında mortaliteye yol açmakta ve doğrudan ekonomik kaybın yaklaşık olarak 1,0–1,5 milyar ABD doları olduğu bildirilmektedir (Debnath vd., 2023). Somon yetiştiriciliğinde ise somon biti kaynaklı finansal kayıplar toplam üretim gelirinin yaklaşık %9'una ulaşmakta; 2019'da somon bitiyle mücadele harcamaları Norveç'te yaklaşık 500 milyon avro, Şili'de 304 milyon avro, İskoçya'da 78 milyon avro ve Kanada'da 17 milyon avro olarak tahmin edilmiştir (Guragain vd., 2021). Bu tablo, FAO'nun da öngördüğü üzere, hastalık salgınlarının sürdürülebilirliği ve üretkenliği zayıflatabileceği öngörüsünü yansıtmaktadır.

3. Konvansiyonel Kimyasal Mücadele ve Etki Mekanizmaları

Kimyasal maddeler ve ilaçlar, balık hastalıklarının yönetiminde tarihsel olarak en yaygın başvurulan araç olmuştur. Ektoparazit tedavisi geleneksel olarak banyolara dayanmakta; formalin ve daha az sıklıkla hidrojen peroksit banyoları ektoparazitlere karşı uygulanmaktadır (Rigos vd., 2023). Bu ajanlar etki biçimleri bakımından birbirinden ayrılır. Formalin, ağırlıkça %37–40 oranında formaldehit içeren sulu bir çözeltidir ve etkisini formaldehitin yüksek ama özgül olmayan kimyasal reaktivitesi (başlıca alkilasyon) üzerinden gösterir. Hücre proteinleri ve nükleik asitleriyle reaksiyona girerek yapıyı ve işlevi değiştirdiği için (Dinesh vd., 2022) mantarlar, protozoonlar ve monogenean trematodlar dâhil dış parazitlere karşı etkilidir (Jimoh vd., 2020). Hidrojen peroksit antifungal, antibakteriyel ve antiviral etkili bir madde olup zararsız yan ürünlere ayrışır (Carvalho vd., 2012); kitin yapısı zayıf olan ektoparazitlere karşı etkilidir. Kloramin-T suda çözünerek hipokloröz asit oluşturur ve hücre duvarını geçerek enzimatik aktiviteyi engeller; *I. multifiliis* terontlarına karşı 21 mg/L dozda 13 dakikalık uygulamada %100 etkinlik sağladığı gösterilmiştir (Jørgensen, 2017). Bakır sülfat ise *I. multifiliis*, *Tetrahymena thermophila* ve *T. pyriformis*'e karşı 0,15–0,28 mg/L arasında değişen LC50 değerleri göstermiş; *Cryptocaryon irritans* kontrolünde 3–5 gün süren uzun banyolarda 0,15–0,25 mg/L $CuSO_4$ kullanılmıştır.

Parazitik kopepodlara karşı emamektin benzoat yem katkısı olarak uygulanırken, organofosfatlar, piretroidler ve hidrojen peroksit ise banyo tedavilerinde kullanılmaktadır. Monogeneanlarda ise antelmintikler ön plandadır ve etki mekanizmaları birbirinden farklıdır. Albendazol β-tubuline bağlanarak mikrotübül polimerizasyonunu engeller ve helmintlere hücresel besin taşınmasını bozarak etki eder. Levamizol monogeneanların haptorunda (yapışma organeli) değişiklik yaparak parazitin solungaçlardan ayrılmasına yol açar. İvermektin ise helmintlerde felce neden olur (Alves vd., 2019). Laboratuvar koşullarında levamizol, albendazol ve ivermektin, *Colossoma macropomum* monogeneanlarına (*Anacanthorus spatulatus*, *Notozothecium janauachensis*, *Mymarothecium boegeri*, *Linguadactyloides brinkmanni*) karşı etkili bulunmuştur. Ancak bu etkinlik banyo koşullarına her zaman yansımaz: 24 saatlik banyolarda levamizol 125 mg/L'de %88,2, albendazol 500 mg/L'de %48,6 etkinlik göstermiştir. Bu bulgular aynı zamanda, bir ajanın in vitro başarısının saha kullanımına doğrudan aktarılamayacağının bir göstergesidir.

4. Kimyasal Mücadelenin Sınırlılıkları ve Zararları

Kimyasal ajanların etkinliği, beraberinde getirdikleri sorunlar nedeniyle giderek tartışma konusu haline gelmiştir. Bu zararlar ve sorunlar 4 ana başlıkta toplanabilir.

4.1. Direnç gelişimi

Parazitler, yönetim stratejilerine yanıt olarak hızla adaptasyon geliştirmektedir. Bu durum ise yüksek etkinliğe sahip bileşiklerin birkaç yıl içinde etkisizleşmesine neden olmaktadır (Coates, 2023). Somon biti, Atlantik somon yetiştiriciliğinde diğer tüm parazitlerden daha büyük bir ekonomik etki yaratmaktadır. Düzenli ilaçlama, parazitte direnç gelişimini destekleyen seçilim baskısı oluşturmakta ve ilaçları zamanla etkisiz kılmaktadır. Mevcut kullanımdaki kemoterapötiklerin büyük çoğunluğuna karşı direnç gelişmiş olması yeni kontrol yöntemlerini gereklilik haline getirmiştir (Dalvin vd., 2020). Norveç'te yürütülen uzun vadeli izleme, somon bitinde azametifos ve deltametrine karşı duyarlılığın 2009'dan, emamektin benzoata karşı ise 2007'den itibaren azaldığını ve ilaç tüketimi ile duyarlılık kaybının yakından ilişkili olduğunu göstermiştir (Jensen vd., 2020). Parazit kontrolü, yoğun kimyasal tedavilerin neden olduğu ilaç direnci, çevre kirliliği ve toksisite nedeniyle zorlaşmaktadır. Tüm bu zorluklar sektörü alternatif yöntemlere yöneltmektedir (Yang vd., 2025).

4.2. Hedef dışı toksisite ve konak üzerindeki olumsuz etkiler

Basit bileşikler sıklıkla enfekte balıklar için toksik olabilmekte ve ayrıca formalin gibi bazı ticari ürünler istenmeyen yan etkiler ve düşük özgüllük nedeniyle yetersiz kalabilmektedir (Lieke vd., 2019). Bakır, malahit (malaşit) yeşili veya metilen mavisi içeren tedaviler çevredeki hedef dışı organizmalar için toksik olduğundan birçok ülkede yasaklanmıştır. Malahit yeşili insanlarda kanserojen ve teratojen etkileri nedeniyle gıda balıklarında kullanımdan kaldırılmıştır. Onaylı ilaç ve kimyasalların yanlış kullanımı balıklar için toksik, alerjenik veya kanserojen olabilmekte ya da patojenlerde antibiyotik direnci oluşturabilmektedir (Elgendy vd., 2024).

4.3. Çevresel birikim ve kalıntı

Sentetik antibiyotik ve kimyasalların kullanımı yararlı mikroorganizmaların ölümüne, çoklu ilaç dirençli patojenlerin ortaya çıkmasına ve insanlarda kalıntı etkilerine yol açmaktadır (Dawood vd., 2021). Monogenean enfeksiyonlarının yol açtığı kayıplarda prazikuantel ve mebendazol gibi kimyasal tedaviler yaygın kullanılmaktadır; ancak bu tedavilerin çevresel yan etkileri oldukça yüksektir (Doan vd., 2020). Bununla birlikte, sucul ortamlarda ektoparazitlere karşı kullanılan sentetik piretroidlerin mikroplastik yüzeylere tutunarak taşınması (vektör etkisi), bu kimyasalların çevresel kalıcılığını ve besin zincirindeki biyobirikim riskini daha karmaşık ve tehlikeli bir boyuta taşımaktadır (Üstüner vd., 2026a). Akuakültürde antibiyotik kullanımının %8 artarak 2030'a kadar yaklaşık 108 metrik tona ulaşacağı öngörülmektedir. Antibiyotik kullanımını antimikrobiyal direnç, çevresel kirlilik ve kalıntı kaynaklı halk sağlığı riskleriyle ilişkilendiren kanıtlar daha güvenli alternatiflere yönelik arayışları hızlandırmaktadır (Öz vd., 2026b).

4.4. Mevcut seçeneklerin yetersizliği

Avrupa su canlılarına yönelik kayıtlı antiparaziterlerin çoğu somon bitine yönelik olup Akdeniz balık parazitlerine karşı sınırlı potansiyel taşımaktadır. Formalin banyoları kafes koşullarında doz hesaplaması başta olmak üzere çevresel ve işçilik riskleri barındırmakta ve bazı ülkelerde kullanımına izin verilmemektedir (Rigos vd., 2023). *Ichthyophthirius multifiliis* için, malahit yeşilinin yasaklanmasının ardından etkili ve çevre dostu bir profilaktik tedavi hâlâ mevcut değildir; en etkili bileşiklerin yasaklanması nedeniyle yardımcı maddelerle tekrarlanan uygulamalara bağımlılık sürmektedir (Jørgensen, 2017).

5. Sürdürülebilir Alternatifler: Etki Mekanizmaları ve Avantajları

5.1. Fitoterapötikler ve Esansiyel Yağlar

Tıbbi bitkiler; alkaloidler, saponinler, fenolik bileşikler, tanenler, terpenoidler, steroidler, flavonoidler ve esansiyel yağlar gibi çok çeşitli biyoaktif bileşikleri barındırmaktadır (Brito vd., 2026). Tıbbi bitkilerin sekonder metabolitleri olan esansiyel yağlar; terpenler, terpenoidler, fenilpropenler ve izotiyosiyanatlar gibi bileşiklerden oluşur. Bu bileşenler arasında, tekil etkilerinden çok daha güçlü bir sinerjik ilişki bulunmaktadır (Tavares-Dias,

2018). Söz konusu yağların temel etki mekanizması, parazit hücre zarı üzerindeki yapısal bozulmalara dayanır. Kısa karbon zincirleri ve yüksek hidrofobik özellikleri sayesinde zar fosfolipitleriyle doğrudan etkileşime girerek; polisakkarit, yağ asidi ve fosfolipit katmanlarının bütünlüğünü bozar ve zarı geçirgen hale getirirler. Yapılan histolojik analizler, bu sürecin nematodlarda kütikül ve gastrointestinal sistem hasarına; monogeneanlarda ise tegumentte derin kırışıklıklardan perforasyona (delinme) kadar varan ciddi tahribatlara yol açtığını göstermiştir. Deneysel çalışmalar da bu mekanizmayı doğrulamaktadır. Örneğin *Cymbopogon citratus* esansiyel yağına maruz bırakılan monogeneanların tegumentinde, 500 mg/L konsantrasyonda perforasyona varan yaygın hasarlar tespit edilmiştir (Gonzales vd., 2020). *Copaifera duckei* monogeneanlarda şişme ve lizise neden olmuş, zar geçirgenliğinin bozulduğu ortaya konmuştur (Costa vd., 2016). Sinerjinin somut örneği *Gyrodactylus turnbulli* üzerinde görülmüştür. *Melaleuca cajuputi* tek başına %65, *Pimenta racemosa* %32 etkinlik gösterirken, ikisinin karışımı %95 etkinliğe ulaşmıştır.

Fitoterapötiklerin en belirgin avantajı, konak balık ve uygulayıcı için toksisite riski taşımaması, parazit direnci oluşturmaması ve çevre dostu olmasıdır (Woo, 2025). Ayrıca esansiyel yağların banyo ve diyet yoluyla uygulanabilmesi, pratik kullanımı kolaylaştırmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitki yağları üzerine yapılan kapsamlı bir değerlendirme, yağların akuayemlerde iştahı uyardığını, bağırsak mikrobiyomunu modüle ettiğini ve Nrf2-Keap1 yolağı üzerinden antioksidan savunmayı güçlendirerek hastalık direncini artırdığını ortaya koymuştur (Öz vd., 2026a). Bununla birlikte esansiyel yağların güçlü kemotipik varyasyonu ve standartlaştırılmamış ekstraksiyon protokolleri, türler ve gelişim evreleri arasında tutarsız sonuçlara yol açabilmekte; tutarlılık için hassas kimyasal parmak izi analizine dayalı standardizasyon gerekli görülmektedir (Öz vd., 2026a).

Çörek otu (*Nigella sativa*) ve sarımsak (*Allium sativum*) yağının yeme eklenmesiyle yürütülen deneysel çalışmalarda, ektoparazit banyolarında yaygın başvurulan sentetik piretroidlerden sipermetrin maruziyetine uğrayan Nil tilapyasında doku hasarının, lamellar ödemin ve hepatosit dejenerasyonunun gerilediği, büyüme ve hematolojik parametrelerin korunduğu gösterilmiştir (Öz vd., 2024a; Öz vd., 2024b). Benzer şekilde, parazit mücadelesinde kullanılan deltametrine maruz bırakılan balıklarda enginar (*Cynara scolymus*) yaprağı ekstraktının solungaç ve karaciğer lezyonlarını hafifleterek doku rejenerasyonunu hızlandırdığı, organofosfat toksisitesinde ise çörek otu yağının nöroinflamatuvar ve apoptotik gen ekspresyonlarını baskılayarak balığı koruduğu saptanmıştır (Üstüner vd., 2026b; Üstüner vd., 2026c). Bu bulgular, fitoterapötik katkıların ve besinsel detoksifikasyon stratejilerinin paraziter enfeksiyonlara ve kemoterapötik stresine karşı konak direncini çok yönlü güçlendirebileceğini doğrulamaktadır (Öz ve Üstüner, 2026c; Üstüner vd., 2026b).

5.2. Nanoformülasyonlar: Stabilite ve Biyoyararlanım Sorunu

Fitoterapötiklerin en zayıf halkası, oleorezin ve esansiyel yağların düşük suda çözünürlüğü ve düşük biyoyararlanımıdır (Malheiros vd., 2020). Başta kitozan, aljinat ve lipit bazlı veziküller olmak üzere biyobozunur nanotaşıyıcılar ve nanoemülsiyonlar; lipofilik maddelerin suda çözünmesini sağlayarak etken maddeleri mide asidi ve suda çözünme kayıplarına karşı korumakta, kontrollü ve sürdürülebilir salım yoluyla bağırsak mukozasından emilimi ve biyoyararlanımı belirgin ölçüde yükseltmektedir (Öz ve Üstüner, 2026e; Valentim vd., 2018). Bitkisel yağların nanoenkapsülasyon yoluyla etkinliğinin artırılabileceği erken dönemde öngörülmüş ve uygulamada doğrulanmıştır. Biberiye yağının nanoemülsiyon formu, sarı kuyruklu kral balığında *Zeuxapta seriolae* enfeksiyonunu azaltmış ve sinolün kana geçişini artırmıştır (Chaklader vd., 2026). Esansiyel yağların nanoemülsiyon taşıyıcılarıyla formüle edilmesi, patojen ve vektör kontrolünde etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir (Echeverría & Albuquerque, 2019). Öte yandan, yeşil sentez yöntemiyle geliştirilen biyolojik nano-katkıların (örneğin nano-selenyum), geleneksel inorganik formlara kıyasla biyoyararlanımı belirgin biçimde yükselterek konakta hücresel antioksidan savunmayı ve fizyolojik direnci optimize ettiği ortaya konmuştur (Dikel vd., 2026).

5.3. Yağ Asidi Temelli Bileşikler

Mikroalgler, doğal antimikrobiyal kaynak olarak ve akuakültürde mikrobiyal enfeksiyonlara karşı potansiyeliyle öne çıkmaktadır (Falaise vd., 2016; Öz ve Üstüner, 2026a). *Phaeodactylum tricornutum*'dan elde edilen eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5n3) gibi uzun zincirli yağ asitleri *Vibrio* türlerine karşı etkili bulunmuş ve etkinliğin zincir uzunluğu ve doymamışlık derecesine bağlı olduğu gösterilmiştir (Anjos & Xavier, 2012). Yağ asidi etil esterlerinin (FAEE) balık parazitlerine karşı güçlü bir antiparaziter potansiyele sahip olduğu kanıtlanmıştır. Balıklar için toksik etki göstermeyen bileşikler değerlendirildiğinde; özellikle etil laurat, hem *Gyrodactylus turnbulli* hem de *Trichodina* sp. üzerinde oldukça düşük konsantrasyonlarda dahi yüksek ölüm oranları sağlayarak en etkili ajan olarak öne çıkmıştır. *Gyrodactylus turnbulli*'ye karşı etil lauratı sırasıyla etil EPA, etil risinoleat, etil oktanoat, etil nonanoat ve etil dekanoat izlerken; *Trichodina* sp. enfeksiyonlarında ise dihomo-γ-linolenik asit etil esteri ve etil α-linolenat belirgin bir etkinlik göstermiştir (Jawaji vd., 2024).

Bunun yanı sıra, mikroalg (*P. tricornutum*) artıklarından elde edilen FAEE'lerin in vivo uygulamaları, konak balıkta herhangi bir toksisite yaratmadan deri enfeksiyonu insidansını önemli ölçüde düşürmeyi başarmıştır. En etkili bileşiklerden olan etil lauratın hammaddesini oluşturan laurik asidin, doğada (özellikle hindistan cevizi yağında) zengin oranda bulunması da bu bileşiklerin potansiyelini desteklemektedir (Jawaji vd., 2024). Yağ asitlerinin parazitler üzerindeki bu geniş spektrumlu etkisi, farklı çalışmalarda da doğrulanmaktadır. Kuzey denizi yosunlarından biyo-kılavuzlu analizlerle izole edilen stearidonik asit, EPA ve α-linolenik asidin, domuz (*Ascaris suum*) ve koyun (*Teladorsagia circumcincta*) helmintlerine karşı da güçlü bir antelmintik aktivite sergilediği bildirilmiştir (Bonde vd., 2021).

5.4. İmmünostimülanlar ve Mikrobiyota Temelli Yaklaşımlar

Kimyasal olmayan mücadelede konak direncini güçlendiren uygulamalar da önemli yer tutmaktadır. Probiyotikler konak bağışıklığını destekler. İnülin, fruktooligosakkarit ve galaktooligosakkarit gibi sindirilemeyen oligosakkaritlerden oluşan prebiyotikler yararlı bağırsak mikroorganizmalarının gelişimini destekler. İkisinin birlikte kullanımı sinbiyotik etki oluşturur. Bu mikrobiyota modülasyonu, yerel ve sistemik bağışıklık yanıtlarını uyararak balığın patojenlere karşı direncini artırır. Prebiyotiklerin balık bağışıklık yanıtı üzerindeki olumlu etkileri farklı türlerde gösterilmiştir. Antibiyotiklerin profilaktik kullanımının olumsuz etkileri karşısında diyetsel immünostimülan uygulaması çevre dostu bir strateji olarak önerilmiştir (Hoseinifar vd., 2015). Probiyotik, prebiyotik, sinbiyotik, immünostimülan ve tıbbi bitkileri kapsayan fonksiyonel yem katkı maddeleri, antimikrobiyal direnç ve gıda güvenliği kaygıları nedeniyle giderek daha fazla benimsenmekte (Dawood vd., 2017) ve bu katkıların antibiyotik kullanımını azaltmadaki rolü, vibriozis gibi hastalıklarda balığın direncini artırması üzerinden vurgulanmaktadır (Yılmaz vd., 2021).

Ancak saha verileri, laboratuvar başarısının üretime doğrudan aktarılamadığını göstermektedir. Probiyotik, prebiyotik ve tıbbi bitki ürünlerinin uygulamalarının değerlendirildiği bir çalışma, in vitro statik deneylere aşırı güvenin in vivo etkinliği öngörmede yetersiz kaldığını, endüstriyel yem ekstrüzyonu sırasındaki termal degradasyonun parti-parti tutarsızlığın başlıca nedeni olduğunu ve bu nedenle gelişmiş mikroenkapsülasyon ile kaplama tekniklerinin pratik bir zorunluluk hâline geldiğini ortaya koymaktadır (Öz vd., 2026b). Bu doğrultuda, fonksiyonel yem bileşenlerinin konak-mikrobiyota-bağışıklık ekseninde yarattığı hücresel yanıtların aydınlatılmasında; bağırsak mukozal bariyeri, yangısal yolaklar ve metabolik süreçlerin transkriptomik ve metabolomik gibi omik tabanlı sistem biyolojisi yaklaşımlarıyla doğrulanması kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (Öz ve Üstüner, 2026b). Hümik maddeler de çevre dostu, doğal immünostimülanlar olarak dikkat çekmektedir (Reverter vd., 2020). Mikroalg kaynaklı immünostimülanlar ve konak mukozal bağışıklığının güçlendirilmesi, bu stratejiyi tamamlayan unsurlar arasındadır (Mokhtar vd., 2023; Yu vd., 2020).

5.5. Aşılar

Aşılama, hastalık kontrolünün en kritik yaklaşımı olmakla birlikte parazitler açısından henüz olgunlaşmamıştır (Shivam vd., 2021). Akuakültürde viral ve bakteriyel hastalıklar için 24 ticari aşı bulunurken, ticari olarak erişilebilen tek parazit aşısı somon bitine karşı geliştirilmiştir (Shivam vd., 2021). Güney Kore'de 2019 sonuna kadar onaylanan 29 ticari aşının yalnızca ikisi (CTCVacc DaJaVa, POSEIDON-ScUTECH) paraziter hastalıkları önleyebilmektedir (Yang vd., 2025). Parazit aşısı geliştirmenin önündeki temel güçlük, antijen üretimi için yeterli miktarda ve kalitede parazit elde edilmesinin zorluğu, birçok parazitin karmaşık ve yeterince anlaşılmamış yaşam döngüsü ve polivalan aşıların henüz bildirilmemiş olmasıdır (Shivam vd., 2021).

Bununla birlikte, AlphaFold ve yapay zekâ destekli yapısal aşı bilimi (ters aşı bilimi 2.0) yaklaşımları; sucul patojenlerin yüzey glikoproteinleri ve koruyucu epitoplarının in silico modellenmesi, antijen stabilizasyonu ve hedefe yönelik rekombinant aşı tasarımları için geleneksel antijen eldesindeki kısıtları hafifletebilecek yeni bir dönüm noktası sunmaktadır (Üstüner ve Öz, 2026a). Ancak umut verici örnekler vardır: kitosan mikrokürelerine kapsüllenen inaktif *Miamiensis avidus* aşısı, oral bağışıklamayla çiftlik pisi balığında %57,1 nispi koruma sağlamış ve antikor düzeylerini anlamlı şekilde artırmıştır (Shin vd., 2023). Konak ile parazit arasındaki etkileşimin anlaşılması, özellikle aşı geliştirme açısından önkoşul olarak görülmekte; parazitin tutunma bölgesindeki yerel bağışıklık yanıtının izlenmesi bu amaçla önerilmektedir (Dalvin vd., 2020). Aşılamanın yanı sıra ıslah, biyogüvenlik ve mekanik kontrol yöntemleri de bütünleşik stratejinin bileşenleri arasındadır (Buchmann, 2022; Chupani vd., 2026).

6. Avantajlar ve Entegre Parazit Yönetimi

Sürdürülebilir alternatiflerin ortak avantajı, kimyasal tedavilerin doğurduğu direnç, toksisite ve kalıntı sorunlarını büyük ölçüde ortadan kaldırmasıdır (Jawaji vd., 2024; Yang vd., 2025). Fitoterapötikler konak balık ve uygulayıcı için toksisite riski taşımamakta, parazit direnci oluşturmamakta ve çevre dostu bir profil sergilemektedir (Brito vd., 2026). Yağ asidi temelli bileşikler, atık biyokütlenin değerlendirilmesiyle döngüsel ekonomiyle uyumlu bir üretim modeli sunmakta ve serbest yağ asitlerine kıyasla oksidasyona daha dirençli olmalarıyla raf ömrü avantajı sağlamaktadır (Jawaji vd., 2024; Öz ve Üstüner, 2026a). İmmünostimülanlar ve yem katkıları, küçük ölçekli üreticiler için de erişilebilir olup yem verimliliğini artırarak ilaç kullanımını azaltmaktadır (Chupani vd., 2026; Öz vd., 2026a).

Bununla birlikte hiçbir tek yöntem uzun vadede yeterli değildir. Parazitlerin çevresel değişimlere uyum kapasitesi, tek bir kontrol yaklaşımının başarılı olmasını neredeyse imkânsız kılmakta; bu nedenle kimyasal, mekanik, biyolojik, immünolojik ve genetik kontrol yöntemlerini birleştiren entegre stratejiler önerilmektedir (Buchmann, 2022; Rigos vd., 2023; Xu vd., 2025). İlaç direnci, çevre kirliliği ve toksisite nedeniyle ortaya çıkan olumsuzluk karşısında doğal ürünler, immünoterapi ve nanoteknoloji gibi yeni yöntemler alternatif stratejiler olarak öne çıkmakta ancak bunların hâlâ erken araştırma aşamasında olduğu, saha koşullarında sınırlı doğrulama ve belirsiz uzun vadeli güvenlik verileri taşıdığı unutulmamalıdır (Öz ve Üstüner, 2026e; Yang vd., 2025).

Entegre çerçevenin bir başka ayağını da erken teşhis ve sürekli izleme oluşturmaktadır. Yapay zekâ ve bilgisayar görüsü temelli sistemler, görüntü tabanlı hastalık tanısı ve rutin sağlık izleme için umut verici bir potansiyel sunmakta, böylece tedavi gereksiniminin salgın öncesinde öngörülmesine olanak tanımaktadır (Öz vd., 2025). Ayrıca, öngörücü modellemeler ve karar destek sistemleri su kalitesi ile hastalık risklerini eşzamanlı izleyerek proaktif müdahaleyi mümkün kılarken (Öz ve Üstüner, 2026d), parazitlerin veya kemoterapötiklerin yol açtığı doku hasarlarının taranmasında derin öğrenme tabanlı sanal boyama (virtual staining) ve dijital patoloji yöntemleri, geleneksel histopatolojinin kimyasal ve zamansal kısıtlarını aşarak lezyonların nesnel ve yüksek verimlilikle derecelendirilmesine zemin hazırlamaktadır (Üstüner ve Öz, 2026b).

7. Sonuç

Kültür balıkçılığı, küresel gıda güvenliğinde giderek büyüyen bir yere sahiptir: 2024'te su hayvanı üretimi 195 milyon tona ulaşmış, yetiştiricilik ilk kez 100 milyon tonu aşarak 103 milyon tonluk üretimle toplamın %53'ünü karşılamış ve 371 milyar ABD doları değer yaratmıştır. FAO'nun 2034 projeksiyonları, yetiştiriciliğin toplam su hayvanı üretiminin %56'sını ve toplam gıda arzının %62'sini karşılayacağını; kişi başı arzın %11 artışla 21,9 kg'a ulaşacağını öngörmekte, ancak hastalık salgınlarının sürdürülebilirliği ve üretkenliği zayıflatabileceğini de açıkça belirtmektedir. Parazitlerin yıllık 1,05 milyar ile 9,58 milyar ABD doları arasında değişen ekonomik kayba yol açtığı düşünüldüğünde, kontrol stratejilerinin etkinliği doğrudan sektörün kârlılığını belirlemektedir.

Formalin, hidrojen peroksit, bakır sülfat ve antelmintikler gibi konvansiyonel ajanlar hâlâ önemli araçlar olmakla birlikte, direnç gelişimi, hedef dışı toksisite ve çevresel kalıntı gibi sorunlar nedeniyle tek başına yeterli olamamaktadır. Fitoterapötikler ve esansiyel yağlar, nanoformülasyonlar, yağ asidi temelli bileşikler, immünostimülanlar ve aşılar, kimyasal mücadelenin boşluklarını doldurma potansiyeli taşıyan sürdürülebilir alternatifler olarak öne çıkmaktadır. Gelecekteki başarı, bu araçların etki mekanizmalarının aydınlatılması, standardizasyonu, saha koşullarında doğrulanması ve direnç yönetimini merkeze alan entegre bir çerçevede birleştirilmesine bağlıdır.

KAYNAKLAR

Alsulami, M. N., Baowidan, S., Aljàrari, R. M., Albohiri, H. H., Manasar, M. M., Elkhawass, E. A., Abdel-Latif, H. M. R., & Farag, M. R. (2025). An Overview on Common Parasitic Infections Affecting the Health and Sustainability of Fish Farming with Special Reference to Tilapia Culture. *Annals of Animal Science*. https://doi.org/10.2478/aoas-2025-0104

Alves, C. M. G., Nogueira, J. N., Barriga, I. B., Santos, J. R. dos, Santos, G. G., & Tavares-Dias, M. (2019). Albendazole, levamisole and ivermectin are effective against monogeneans of Colossoma macropomum (Pisces: Serrasalmidae). *Journal of Fish Diseases*, 42(3), 405–412. https://doi.org/10.1111/jfd.12952

Anjos, C., & Xavier, F. (2012). Nutritional Value and Uses of Microalgae in Aquaculture. In *Aquaculture*. Elsevier BV. https://doi.org/10.5772/30576

Bonde, C. S., Bornancin, L., Lu, Y., Simonsen, H. T., Valladares, M. M., Peña-Espinoza, M., Mejer, H., Williams, A. R., & Thamsborg, S. M. (2021). Bio-Guided Fractionation and Molecular Networking Reveal Fatty Acids to Be Principal Anti-Parasitic Compounds in Nordic Seaweeds. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 674520. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.674520

Brito, B. D., Marinho, V. H. S., Ferreira, I. M., & Tavares-Dias, M. (2026). Phytotherapeutics for parasite control in global fish aquaculture: a review of anti-monogenean agents and their mechanisms. *Aquatic Living Resources*, 39, 3. https://doi.org/10.1051/alr/2025021

Buchmann, K. (2022). Control of parasitic diseases in aquaculture. *Parasitology*, 149(14), 1985–1997. https://doi.org/10.1017/s0031182022001093

Carvalho, E. D., David, G. S., & Silva, R. J. da. (2012). Health and Environment in Aquaculture. In *Directory of Open access Books (OAPEN Foundation)*. https://doi.org/10.5772/2462

Chaklader, M. R., Woolley, L., Gholipour-Kanani, H., Maita, M., & Partridge, G. J. (2026). Anthelmintic Efficacy of Rosemary Oil and Its Nanoemulsion Against the Monogenean Parasite, Zeuxapta seriolae, in Yellowtail Kingfish (Seriola lalandi). *Aquaculture Nutrition*, 2026(1), 6414007. https://doi.org/10.1155/anu/6414007

Chupani, L., Niksirat, H., Erasmus, B., Piačková, V., & Zusková, E. (2026). Sustainable parasite management in aquaculture: Integrating productivity and environmental health. *Aquaculture*, 622, 744026. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.744026

Coates, A. (2023). Research pre-empting parasite adaptation is key to sustainable disease management in aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*, 15, 35–43. https://doi.org/10.3354/aei00451

Costa, J. C. da, Valladão, G. M. R., Pala, G., Gallani, S. U., Kotzent, S., Crotti, A. E. M., Fracarolli, L., Silva, J. J. M. da, & Pilarski, F. (2016). Copaifera duckei oleoresin as a novel alternative for treatment of monogenean infections in pacu Piaractus mesopotamicus. *Aquaculture*, 471, 72–79. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.11.041

Dalvin, S., Jørgensen, L. von G., Kania, P. W., Grotmol, S., Buchmann, K., & Øvergård, A. (2020). Rainbow trout Oncorhynchus mykiss skin responses to salmon louse Lepeophtheirus salmonis: From copepodid to adult stage. *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 200–210. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.05.014

Dawood, M. A. O., Basuini, M. F. E., Zaineldin, A. I., Yılmaz, S., Hasan, M. T., Ahmadifar, E., Asely, A. M. E., Abdel-Latif, H. M. R., Alagawany, M., Abu-Elala, N. M., Doan, H. V., & Sewilam, H. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens*, 10(2), 185. https://doi.org/10.3390/pathogens10020185

Dawood, M. A. O., Koshio, S., & Esteban, M. Á. (2017). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 950–974. https://doi.org/10.1111/raq.12209

Debnath, S. C., McMurtrie, J., Temperton, B., Delamare-Deboutteville, J., Mohan, C. V., & Tyler, C. R. (2023). Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. *Aquaculture International*, 31(5), 2945–2976. https://doi.org/10.1007/s10499-023-01117-4

Dezfuli, B. S., Lorenzoni, M., Carosi, A., Giari, L., & Bosi, G. (2023). Teleost innate immunity, an intricate game between immune cells and parasites of fish organs: who wins, who loses. *Frontiers in Immunology*, 14, 1250835. https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1250835

Dikel, S., Öz, M., Erşatır, M., Dikel, Ç., Üstüner, E., & Demirkol, O. (2026). Comparative effects of dietary inorganic and nano forms of selenium on growth, hematological, biochemical, and antioxidant responses in Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Tropical Animal Health and Production*, 58, 530. https://doi.org/10.1007/s11250-026-05330-0

Dinesh, R., Anand, C., John, K. R., George, M. R., Bharathi, S. M., & Kumar, J. S. S. (2022). An overview of chemicals and drugs in aquaculture disease management. *Indian Journal of Animal Health*. https://doi.org/10.36062/ijah.2022.05222

Doan, H. V., Soltani, E., Ingelbrecht, J., & Soltani, M. (2020). Medicinal Herbs and Plants: Potential Treatment of Monogenean Infections in Fish. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(2), 260–282. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1712325

Echeverría, J., & Albuquerque, R. D. D. G. de. (2019). Nanoemulsions of Essential Oils: New Tool for Control of Vector-Borne Diseases and In Vitro Effects on Some Parasitic Agents. *Medicines*, 6(2), 42. https://doi.org/10.3390/medicines6020042

Elgendy, M. Y., Ali, S. E., Dayem, A. A., Khalil, R. H., Moustafa, M. M., & Abdelsalam, M. (2024). Alternative therapies recently applied in controlling farmed fish diseases: mechanisms, challenges, and prospects. *Aquaculture International*, 32(7), 9017–9078. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01603-3

Falaise, C., François, C., Travers, M., Morga, B., Haure, J., Tremblay, R., Turcotte, F., Pasetto, P., Gastineau, R., Hardivillier, Y., Leignel, V., & Mouget, J. (2016). Antimicrobial Compounds from Eukaryotic Microalgae against Human Pathogens and Diseases in Aquaculture. *Marine Drugs*, 14(9), 159. https://doi.org/10.3390/md14090159

FAO. (2024). *In Brief to The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. https://doi.org/10.4060/cd0690en

FAO. (2026). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2026*. In FAO eBooks (Vol. 50, Issue 10, pp. 50–5350). https://doi.org/10.4060/cd8357en

Gonzales, A. P. P. F., Yoshioka, E. T. O., Mathews, P. D., Mertins, O., Chaves, F. C. M., Videira, M. N., & Tavares-Dias, M. (2020). Anthelminthic efficacy of Cymbopogon citratus essential oil (Poaceae) against monogenean parasites of Colossoma macropomum (Serrasalmidae), and blood and histopathological effects. *Aquaculture*, 528, 735500. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735500

Guragain, P., Tkachov, M., Båtnes, A. S., Ôlsen, Y., Winge, P., & Bones, A. M. (2021). Principles and Methods of Counteracting Harmful Salmon–Arthropod Interactions in Salmon Farming: Addressing Possibilities, Limitations, and Future Options. *Frontiers in Marine Science*, 8. https://doi.org/10.3389/fmars.2021.701793

Hoseinifar, S. H., Esteban, M. Á., Cuesta, A., & Sun, Y. (2015). Prebiotics and Fish Immune Response: A Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(4), 315–328. https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1052365

Jawaji, A., Goldberg, I. K., & Zilberg, D. (2024). Exploring the use of fatty acid ethyl esters as a potential natural solution for the treatment of fish parasitic diseases. *Journal of Fish Diseases*, 47(10). https://doi.org/10.1111/jfd.13991

Jensen, E. M., Horsberg, T. E., Sevatdal, S., & Helgesen, K. O. (2020). Trends in de-lousing of Norwegian farmed salmon from 2000–2019—Consumption of medicines, salmon louse resistance and non-medicinal control methods. *PLoS ONE*, 15(10). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240894

Jimoh, J. O., Akinsorotan, A. M., Olasunkanmi, J. B., Omobepade, B. P., Babalola, T. O., & Fatoyinbo, O. V. (2020). Effects of prophylactics on growth, and hematology of African catfish, Clarias gariepinus (Burchell, 1822) fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(1), 471–481. https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.73594

Jørgensen, L. von G. (2017). The fish parasite Ichthyophthirius multifiliis – Host immunology, vaccines and novel treatments. *Fish & Shellfish Immunology*, 67, 586–595. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.044

Lieke, T., Meinelt, T., Hoseinifar, S. H., Pan, B., Straus, D. L., & Steinberg, C. E. W. (2019). Sustainable aquaculture requires environmental-friendly treatment strategies for fish diseases. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 943–965. https://doi.org/10.1111/raq.12365

Mair, G. C., Halwart, M., Derun, Y., & Costa-Pierce, B. A. (2023). A decadal outlook for global aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 196–205. https://doi.org/10.1111/jwas.12977

Malheiros, D. F., Sarquis, Í. R., Ferreira, I. M., Mathews, P. D., Mertins, O., & Tavares-Dias, M. (2020). Nanoemulsions with oleoresin of Copaifera reticulata (Leguminosae) improve anthelmintic efficacy in the control of monogenean parasites when compared to oleoresin without nanoformulation. *Journal of Fish Diseases*, 43(6), 687–695. https://doi.org/10.1111/jfd.13168

Mokhtar, D. M., Zaccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M. T., & Sayed, R. K. A. (2023). Main Components of Fish Immunity: An Overview of the Fish Immune System. *Fishes*, 8(2), 93. https://doi.org/10.3390/fishes8020093

Öz, M., Inanan, B. E., Üstüner, E., Karagoz, B., & Dikel, S. (2024a). Effects of dietary garlic (Allium sativum) oil on growth performance, haemato-biochemical and histopathology of cypermethrin-intoxicated Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Veterinary Medicine and Science*, 10(3), e1449. https://doi.org/10.1002/vms3.1449

Öz, M., Üstüner, E., & Bölükbaş, F. (2024b). Effects of dietary black cumin (Nigella sativa L.) oil on growth performance, hemato-biochemical and histopathology of cypermethrin-intoxicated Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(1), 273–288. https://doi.org/10.1111/jwas.13005

Öz, M., Üstüner, E., Çifci, S., Budak, F., İleri, E., & Dikel, S. (2025). Artificial intelligence for fish disease diagnosis and management: innovations, challenges, and One Health implications. *Aquaculture International*, 33(7). https://doi.org/10.1007/s10499-025-02352-7

Öz, M., & Üstüner, E. (2026a). Beyond the omega-3 bottleneck: Microalgal biorefineries as a sustainable paradigm for aquafeeds. *Algal Research*, 96, 104700. https://doi.org/10.1016/j.algal.2026.104700

Öz, M., & Üstüner, E. (2026b). Omics technologies in aquafeed: unlocking the black box towards systems biology. *Functional & Integrative Genomics*, 26, 145. https://doi.org/10.1007/s10142-026-01937-6

Öz, M., & Üstüner, E. (2026c). Nutritional detoxification strategies in aquaculture: bioactive feed additives mitigating oxidative stress and xenobiotic toxicity in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 52(4), 104. https://doi.org/10.1007/s10695-026-01729-6

Öz, M., & Üstüner, E. (2026d). Artificial Intelligence for Blue Transformation: A Review of Predictive Modeling and Decision Support Systems in Sustainable Aquaculture. *Sustainable Development*, 1–18. https://doi.org/10.1002/sd.71290

Öz, M., & Üstüner, E. (2026e). Nanotechnology-Based Immunostimulants in Aquaculture: Mechanisms, Advances and Practical Applications. *Veterinary Medicine and Science*, 12, e71158. https://doi.org/10.1002/vms3.71158

Öz, M., Üstüner, E., Cifci, S., & Çifci, S. (2026a). Medicinal and Aromatic Plant Oils in Aquafeeds: Mechanistic Perspectives on Growth Promotion, Immunomodulation, and Stress Resilience. *Aquaculture Nutrition*, 2026(1), 8992384. https://doi.org/10.1155/anu/8992384

Öz, M., Üstüner, E., Cifci, S., Dikel, S., İleri, E., & Budak, F. (2026b). Innovative Field Applications of Probiotics, Prebiotics, and Medicinal Plant Products for Disease Control in Aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. https://doi.org/10.1111/jfd.70227

Reverter, M., Sarter, S., Caruso, D., Avarre, J., Combe, M., Pepey, É., Pouyaud, L., Vega-Heredía, S., Verdal, H. de, & Gozlan, R. E. (2020). Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nature Communications*, 11(1), 1870. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15735-6

Rigos, G., Padrós, F., Golomazou, E., & Zarza, C. (2023). Antiparasitic approaches and strategies in European aquaculture, with emphasis on Mediterranean marine finfish farming: Present scenarios and future visions. *Reviews in Aquaculture*, 16(2), 622–643. https://doi.org/10.1111/raq.12857

Shin, S.-M., Kole, S., Lee, J., Choi, J. S., & Jung, S. (2023). Formulation of chitosan microsphere-based oral vaccine against the scuticociliate parasite Miamiensis avidus: Evaluation of its protective immune potency in olive flounder (Paralichthys olivaceus). *Fish & Shellfish Immunology*, 142, 109159. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109159

Shivam, S., El-Matbouli, M., & Kumar, G. (2021). Development of Fish Parasite Vaccines in the OMICs Era: Progress and Opportunities. *Vaccines*, 9(2), 179. https://doi.org/10.3390/vaccines9020179

Subasinghe, R., Soto, D., & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 2–9. https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x

Tavares-Dias, M. (2018). Current knowledge on use of essential oils as alternative treatment against fish parasites. *Aquatic Living Resources*, 31, 13. https://doi.org/10.1051/alr/2018001

Tavares-Dias, M. (2021). Toxic, physiological, histomorphological, growth performance and antiparasitic effects of copper sulphate in fish aquaculture. *Aquaculture*, 535, 736350. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736350

Tavares-Dias, M., & Martins, M. L. (2017). An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. *Journal of Parasitic Diseases*, 41(4), 913–918. https://doi.org/10.1007/s12639-017-0938-y

Üstüner, E., & Öz, M. (2026a). From Sequence to Structure: AlphaFold and the AI Revolution in Aquaculture Drug Discovery and Vaccine Design. *Biotechnology and Bioengineering*, 1–26. https://doi.org/10.1002/bit.70398

Üstüner, E., & Öz, M. (2026b). From traditional histopathology to virtual staining: deep learning approaches for assessing tissue lesions in farmed fish. *Veterinary Research Communications*, 50, 615. https://doi.org/10.1007/s11259-026-11567-9

Üstüner, E., Öz, M., İleri, E., & Dikel, S. (2026a). The accelerating role of microplastics as vectors for synthetic pyrethroids: a critical review of bioaccumulation and trophic transfer in aquaculture ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 198, 999. https://doi.org/10.1007/s10661-026-15850-9

Üstüner, E., Öz, M., & Dikel, S. (2026b). Beyond self-recovery: dietary artichoke leaf extract accelerates tissue regeneration and redox homeostasis in deltamethrin-intoxicated Nile tilapia (Oreochromis niloticus). *Aquaculture International*, 34, 236. https://doi.org/10.1007/s10499-026-02638-4

Üstüner, E., Öz, M., & Cifci, S. (2026c). Nigella sativa oil ameliorates malathion-induced toxicity in Nile tilapia: a multi-systemic and molecular evaluation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 52(4), 121. https://doi.org/10.1007/s10695-026-01745-6

Valentim, D. S. S., Duarte, J. L., Oliveira, A. E. M. de F. M., Cruz, R. A. S., Carvalho, J. C. T., Solans, C., Fernandes, C. P., & Tavares-Dias, M. (2018). Effects of a nanoemulsion with Copaifera officinalis oleoresin against monogenean parasites of Colossoma macropomum: A Neotropical Serrasalmidae. *Journal of Fish Diseases*, 41(7), 1041–1048. https://doi.org/10.1111/jfd.12793

Woo, S. J. (2025). Application of Medicinal Herbs and Plants to Control Ciliate Infection in Finfish for Sustainable Aquaculture: A Review. *Reviews in Aquaculture*, 17(4). https://doi.org/10.1111/raq.70063

Xu, D., Dieckmann, U., & Heino, M. (2025). Economically optimal management of salmon louse requires adapting to their drug-resistance rather than attempting their eradication. *Aquaculture*, 606, 742578. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.742578

Yang, J., Bhassu, S., & Rajamanikam, A. (2025). Charting the Future: Advanced Technologies for Sustainable Parasite Control in Aquaculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(21), 10738. https://doi.org/10.3390/ijms262110738

Yılmaz, S., Yılmaz, E., Dawood, M. A. O., Ringø, E., Ahmadifar, E., & Abdel-Latif, H. M. R. (2021). Probiotics, prebiotics, and synbiotics used to control vibriosis in fish: A review. *Aquaculture*, 547, 737514. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737514

Yu, Y., Wang, Q., Huang, Z., Ding, L., & Xu, Z. (2020). Immunoglobulins, Mucosal Immunity and Vaccination in Teleost Fish. *Frontiers in Immunology*, 11, 567941. https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.567941

Yue, G. H., Bai, Z., Xia, J., Astuti, R. T., Geletu, T. T., Rhode, C., Yáñez, J. M., Patoka, J., & Li, J. (2026). Toward sustainable aquaculture: Integrating technology, governance, and food security. *Aquaculture and Fisheries*. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2026.06.007

SUCUL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BİYOKİMYASAL DOĞRULAMASI: YETİŞTİRİCİLİK KOŞULLARININ BALIK DOKUSUNDAKİ METABOLİK VE LİPİDOMİK PARMAK İZLERİ

Arş. Gör.Dr. Enes ÜSTÜNER

ORCID: 0000-0002-3837-5049

enesustuner@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Arş. Gör.Dr. Sümmani ÇİFCİ

ORCID: 0000-0002-8247-6701

summanicifci@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

ORCID: 0000-0001-5264-7103

ozmustafa@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Özet

Küresel su ürünleri tedarik zincirlerinde sahtecilik ve yanıltıcı etiketleme, ekonomik kayıplara ve tüketici güveninin aşınmasına yol açan kritik bir sorundur. Özellikle kapalı devre yetiştiricilik sistemleri (RAS), açık toprak havuzlar ve deniz kafesleri gibi üretim modellerinin çeşitlenmesi, klasik "yabani ve çiftlik" ikiliğini geçersiz kılmış; üretim sistemlerinin biyolojik olarak doğrulanmasını zorunlu kılmıştır. Barkod, radyo frekanslı tanımlama (RFID) ve blokzincir gibi harici izlenebilirlik araçları, fiziksel ürün ile etiket arasındaki bağın koptuğu durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu derleme çalışmasında, yetiştiricilik koşullarının balık kas dokusunda oluşturduğu metabolik ve lipidomik parmak izleri biyokimyasal doğrulama ekseninde değerlendirilmiştir. Karasal bitkisel yağ ikamelerinin dokuda yol açtığı C18 yağ asidi birikimi ($18{:}\,1n$-9, $18{:}\,2n$-6, $18{:}\,3n$-3) ve değişen n-$6/n$-3 oranları besinsel geçmişin aydınlatılmasını sağlamaktadır. Ancak hasat öncesi uygulanan balık yağı bitirme diyetlerinin yarattığı "zamansal açık", Bileşiğe Özgü İzotop Analizi (CSIA) gibi ileri moleküler tekniklerle kapatılabilmektedir. RAS ünitelerinde sağlanan çevresel standardizasyon, coğrafi izleri silerek doku metabolomunda serbest amino asitler, organik asitler ve lizozomal/triptofan yolak ara ürünleri düzeyinde sisteme özgü imzalar bırakmaktadır. Buna karşılık, kesim öncesi stres, donma-çözünme süreçleri ve depolama kaynaklı nükleotid yıkımları (K-değeri) metabolik gürültü oluşturarak teşhis modellerini etkileyebilmektedir. Sonuç olarak metabolomik ve lipidomik profilleme, sucul üretim sistemlerinin geriye dönük biyokimyasal denetiminde yüksek çözünürlüklü ve fonksiyonel bir doğrulama zemini sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Su ürünleri özgünlüğü, Biyokimyasal doğrulama, Lipidomik, Metabolomik, Yetiştiricilik sistemleri

BIOCHEMICAL VERIFICATION OF AQUATIC PRODUCTION SYSTEMS: METABOLIC AND LIPIDOMIC FINGERPRINTS OF REARING CONDITIONS IN FISH TISSUE

Arş. Gör.Dr. Enes ÜSTÜNER

ORCID: 0000-0002-3837-5049

enesustuner@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Arş. Gör.Dr. Sümmani ÇİFCİ

ORCID: 0000-0002-8247-6701

summanicifci@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa ÖZ

ORCID: 0000-0001-5264-7103

ozmustafa@aksaray.edu.tr

Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Sucul Hayvan Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray, Türkiye

Abstract

Seafood fraud and deceptive labeling within global supply chains represent critical challenges that cause significant economic losses and erode consumer trust. The diversification of aquaculture methodologies spanning recirculating aquaculture systems (RAS), earthen ponds, and sea cages has rendered the conventional "wild versus farmed" binary obsolete, creating an urgent necessity for the biological verification of production systems. Traditional extrinsic traceability frameworks such as barcodes, radio-frequency identification (RFID), and blockchain systems remain vulnerable whenever the physical link between the commodity and its descriptive data is manipulated or severed. This review evaluates the metabolic and lipidomic fingerprints established within fish muscle tissues by distinct rearing conditions within the framework of biochemical verification. Dietary inclusions of terrestrial plant oils leave pronounced signatures characterized by the accumulation of C18 fatty acids ($18{:}\,1n$-9, $18{:}\,2n$-6, $18{:}\,3n$-3) and shifted n-$6/n$-3 ratios, thereby revealing nutritional histories. Nevertheless, the "temporal loophole" generated by pre-harvest fish-oil finishing diets can be definitively resolved utilizing Compound-Specific Isotope Analysis (CSIA). The stringent environmental control inherent to RAS operations strips tissue of its geographic terroir while encoding system-specific metabolic imprints comprised of free amino acids, organic acids, and lysosomal/tryptophan intermediates. Conversely, ante-mortem stress, freezing-thawing cycles, and storage-induced nucleotide degradation (K-value) introduce metabolic noise that can compromise classification models. Consequently, metabolomic and lipidomic profiling provides a high-resolution, functionally grounded analytical tier for the retrospective biochemical verification of aquatic production regimes.

Keywords: Seafood authenticity, Biochemical verification, Lipidomics, Metabolomics, Aquaculture systems

1. Giriş

Küresel su ürünleri tedarik zincirleri, yüksek ekonomik değeri ve sınır ötesi lojistik ağlarının karmaşıklığı nedeniyle gıda sahteciliği ve yanıltıcı etiketleme girişimlerine karşı son derece savunmasızdır. Kuzey Amerika ve Avrupa pazarlarından elde edilen güncel veriler, perakende düzeyindeki su ürünlerinde yanlış etiketleme oranlarının %8 ile %33 arasında değiştiğini göstermektedir (Liou vd., 2020; Liu vd., 2020a; Minoudi vd., 2020). Yıllık ticaret hacmi 150 milyar doları aşan küresel su ürünleri endüstrisinde, bu usulsüzlükler milyarlarca dolarlık haksız kazanca ve dürüst üreticiler aleyhine pazar manipülasyonlarına neden olmaktadır (Liu vd., 2020a). Tarihsel süreçte sahtecilik vakaları büyük oranda pahalı yabani türlerin yerine ucuz çiftlik balıklarının ikame edilmesi şeklinde tezahür etmiş olsa da günümüz akuakültür sektöründeki teknolojik dönüşüm bu denklemi çok daha karmaşık bir yapıya büründürmüştür.

Kağıt belgeler, barkodlar, radyo frekanslı tanımlama (RFID) etiketleri ve karekodlar gibi geleneksel harici (ekstrinsik) izlenebilirlik araçları, yalnızca ürünün beraberindeki bilgi akışını takip edebilmektedir. Tedarik zincirinde ürünlerin işlendiği, karıştırıldığı veya yeniden paketlendiği düğüm noktalarında etiket ile biyolojik materyal arasındaki fiziksel temas koptuğunda bu sistemler işlevsiz kalmaktadır (Freitas vd., 2020; Hopkins vd., 2024). Son yıllarda şeffaflık vaadiyle öne çıkan blokzincir ve yapay zekâ tabanlı dijital izlenebilirlik platformları dahi, sisteme girilen verilerin sahadaki biyolojik gerçekliği yansıtmaması veya kötü niyetli manipülasyonlara maruz kalması durumunda sahteciliği önlemede tek başına yetersiz kalabilmektedir (Ellahi vd., 2023; Öz ve Üstüner, 2026a; Patro vd., 2022; Thompson ve Rust, 2025). Ayrıca hücresel tarım modelleri ve doku iskeleleri aracılığıyla geliştirilen hücre temelli yapay balık etlerinin gelecekte ticari pazara girecek olması, doğrulamayı yalnızca coğrafi eksende değil, hücresel üretim düzeyinde de zorunlu kılacaktır (Öz ve Üstüner, 2026d). Dolayısıyla harici takip mekanizmalarının, balık dokusunun kendi biyokimyasal yapısından köken alan dâhili (intrinsik) biyolojik belirteçlerle desteklenmesi elzemdir (Freitas vd., 2020; Liu vd., 2020a).

Tüketicilerin geleneksel, organik, akuaponik ve kapalı devre yetiştiricilik sistemleri (Recirculating Aquaculture Systems - RAS) ile üretilen balıklara yönelik algısı ve ödeme eğilimi belirgin farklılıklar sergilemektedir (Fudge vd., 2023; Kralik vd., 2022; López-Mas vd., 2021). Yüksek çevresel kontrol ve hayvan refahı standartları iddiasıyla pazarlanan RAS ve entegre sistem ürünleri, piyasada ciddi fiyat primleri elde etmektedir (Fudge vd., 2023; Kralik vd., 2022). Bu ekonomik cazibe, açık toprak havuzlarda veya yoğun kafeslerde düşük maliyetle üretilen balıkların yanıltıcı biçimde premium üretim sistemlerine aitmiş gibi etiketlenmesine zemin hazırlamaktadır (Freitas vd., 2020; Kralik vd., 2022). Bu noktada adli biyolojik doğrulamanın iki temel hedefi birbirinden ayrılmalıdır: coğrafi menşenin belirlenmesi ve üretim metodolojisinin tayini. Genetik tabanlı belirteçler (DNA barkodlama ve SNP panelleri) tür teşhisi ve popülasyon atamasında benzersiz bir çözünürlük sunsa da balığın "nerede" doğduğunu göstermekte, fakat "nasıl" bir sistemde yetiştirildiğine karşı biyolojik olarak kör kalmaktadır. Yetiştiricilik sistemine özgü çevresel koşulları, uygulanan yapay besleme rejimlerini ve fizyolojik adaptasyonları geriye dönük aydınlatabilecek en fonksiyonel araçlar, dokunun metabolik ve lipidomik profilleridir (Öz ve Üstüner, 2026c).

2. Yetiştiricilik Sistemlerinin Doku Metabolomuna Yansıması: Kontrollü (RAS) ve Açık Sistemlerin Ayrımı

Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim modellerinin çeşitlenmesi, klasik "yabani ve yetiştiricilik" dikotomisini geçersiz kılmıştır. Günümüzde çiftlik balıkları; kapalı devre endüstriyel tesislerden (RAS) açık toprak havuzlara, göl/deniz kafeslerinden pirinç tarlası-ekolojik ve serbest dolaşımlı sistemlere kadar son derece heterojen koşullarda üretilmektedir (Liu vd., 2020b; Xia vd., 2024; Zhang vd., 2025). Bu üretim sistemlerinin her biri, balık kas dokusunda özgün biyokimyasal ayak izleri bırakmaktadır.

Kapalı devre sistemler (RAS), su kalitesi parametrelerinin, fotoperiyodun ve su sıcaklığının ileri düzeyde kontrol edildiği kapalı ortamlardır. Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ve nükleer manyetik rezonans (^{1}H-

NMR) analizleri; RAS ortamında yetiştirilen benekli levrek (*Siniperca chuatsi*) ve Senegal dil balığının (*Solea senegalensis*), açık toprak havuzlardaki muadillerine kıyasla doymamış yağ asitleri, serbest amino asit türevleri, organik asitler ve triptofan/lizozomal metabolik yolak ara ürünleri açısından belirgin farklılıklar sergilediğini ortaya koymuştur (Cesare Marincola vd., 2025; Xiao vd., 2020). Bu metabolik ayrışmanın temel nedenlerinden biri trofik ortam farklılığıdır. RAS ünitelerinde balıklar tamamen fabrikasyon pelet yemlere bağımlıyken; toprak havuzlarda fitoplankton, zooplankton ve bentik omurgasızlardan oluşan zengin bir doğal besin ağı bulunmaktadır. Nitekim havuzda yetiştirilen Nil tilapyalarının (*Oreochromis niloticus*), ortamdaki doğal canlı yemleri tüketerek lizin gibi esansiyel amino asit eksikliklerini telafi edebildiği, bunun da berrak su tanklarında veya RAS'ta yetiştirilen bireylere kıyasla azot tutulumunda ve mikrobesin profillerinde yapısal değişimler oluşturduğu saptanmıştır (Ahmad vd., 2022; Khalil vd., 2021; Ma ve Hu, 2024).

Üretim sistemlerinin ayrımında stoklama yoğunluğu kaynaklı kronik stres yanıtları da belirleyici bir metabolik parmak izi oluşturmaktadır. RAS işletmelerinde ekonomik verimliliği artırmak amacıyla uygulanan orta ve yüksek stoklama yoğunlukları; Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*), mersin balığı melezleri ve zeytin pisi balığında (*Paralichthys olivaceus*) kortizol salınımını, glukoz regülasyonunu ve lipid peroksidasyonunu doğrudan etkilemektedir (Baßmann vd., 2023; Dediu vd., 2021; Seo ve Park, 2022). Bu kronik fizyolojik baskı, kas dokusundaki doymuş/doymamış yağ asidi oranlarını, n-3 çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) dengelerini ve lipid kaynaklı aldehit ile keton türevlerini değiştirmektedir (Baßmann vd., 2023; Dediu vd., 2021).

RAS teknolojisinin doğasından kaynaklanan kritik bir biyokimyasal açmaz bulunmaktadır: "biyolojik standardizasyon paradoksu". Modern RAS tesisleri, ters osmoz veya ileri mekanik-biyolojik filtrasyonla arıtılmış su kullanmakta, yapay tuz karışımları ve ozon/UV sterilizasyonu uygulamakta ve balıkları küresel standart yemlerle beslemektedir. Bu durum, balığın yerel hidrolojik ve klimatik çevreyle olan metabolik temasını koparmakta; balık dokusunun coğrafi "terroir" (yöreye özgü kimyasal iz) karakterini aşındırmaktadır. Farklı ülkelerdeki RAS tesislerinde yetiştirilen balıkların metabolik profilleri endüstriyel standardizasyon nedeniyle birbirine oldukça yakın seyrederken, aynı coğrafi havzada yer alan bir RAS işletmesi ile açık toprak havuz arasındaki metabolomik ayrım son derece keskindir (Cesare Marincola vd., 2025; Grandez-Yoplac vd., 2025; Öz ve Üstüner, 2026c; Xiao vd., 2020). Benzer şekilde, geleneksel toprak havuzlar ile karasal konteyner sistemlerinde yetiştirilen sazan balıklarının (*Cyprinus carpio*) biyokimyasal profillerinin incelendiği çalışmalarda; kapalı ve kontrollü sistemlerin kas dokusundaki doymuş ve doymamış yağ asidi fraksiyonları, serum metabolitleri ve nem içeriği üzerinde açık havuzlara kıyasla belirgin yapısal farklılıklar meydana getirdiği saptanmıştır (Ma vd., 2023).

Açık toprak havuzlar ve kıyı kafesleri ise dinamik çevre koşullarını dokuya yansıtır. Nitekim kapalı devre sistemler (RAS), açık deniz kafesleri ve yarı entansif toprak havuzların sahip olduğu farklı hidrodinamik yapılar; mikroplastiklerin, biyofilm tabakalarının ve bunlara adsorbe olan kirleticilerin sedimentte çökme, birikme ve trofik transfer dinamiklerini doğrudan etkileyerek doku yükü üzerinde sisteme özgü belirgin izler bırakmaktadır (Üstüner vd., 2026c). Toprak havuz sistemleri, uygulanan farklı gübreleme stratejileri, su döngüsü ve entegre çok trofikli yetiştiricilik (IMTA) yaklaşımları nedeniyle yüksek ekolojik heterojenlik barındırmakta; bu durum fitoplankton biyokütlesini, su kimyasını ve dolayısıyla balıkların doku metabolitlerini doğrudan etkilemektedir (Nahon vd., 2023). Yarı entansif havuzlardaki sazanlar (*Cyprinus carpio*), ticari pelet yem alsalar dahi doğal besin ağından aldıkları zooplankton ve bentik faunayı dokularına entegre ederek kendilerine has bir $\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$ ve uzun zincirli PUFA profili inşa ederler (Nahon vd., 2024; Pilecky vd., 2022a, 2022b). Ortamdaki fitoplankton kompozisyonunun dinoflagellat veya siyanobakteri ağırlıklı olması, birincil tüketicilerin ve dolayısıyla balık etinin dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikozapentaenoik asit (EPA) içeriğini doğrudan belirler (Höök vd., 2024; Keva vd., 2021). Deniz kafeslerinde ise mevsimsel sıcaklık dalgalanmaları ve su akıntıları, çipura (*Sparus aurata*) ve gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) kas amino asit kompozisyonunu, yağ asidi dağılımını ve

antioksidan enzim aktivitelerini yıl boyunca dinamik olarak modüle etmektedir (Al-Yahyai vd., 2020; Kaya Öztürk vd., 2020; Rodrigues vd., 2020).

Ayrıca açık havuz ve kafeslerin maruz kaldığı tarımsal pestisitler (sipermetrin, deltametrin, diazinon ve malation gibi sentetik piretroid ve organofosfatlar), bor gibi inorganik kirleticiler, antibiyotik kalıntıları ve farmasötikler; kanda, solungaçta ve karaciğerde tetikledikleri lipid peroksidasyonu (MDA artışı), antioksidan enzim baskılanması ve Faz I/II detoksifikasyon mekanizmaları düzeyinde açık sistemlerin kimyasal doğrulamasında yerel biyobelirteçler olarak öne çıkmaktadır (Gümüş vd., 2026; Hidayati vd., 2021; Öz ve Üstüner, 2026f; Öz vd., 2024a, 2024b; Öz vd., 2025b; Öz vd., 2026d; Üstüner vd., 2026a, 2026b; Zhang vd., 2020b; Zheng vd., 2025a). Özellikle su ortamından (solungaç temasıyla) doğrudan absorbe edilen inorganik kirleticiler ile yem yoluyla alınan iz elementlerin (örneğin bor bileşiklerinin) balık kan biyokimyası, kas lipid oksidasyonu ve organ histopatolojisinde yarattığı farklılaşmalar, sucul maruziyet geçmişinin besinsel girdilerden ayırt edilmesinde tanısal bir zemin sunmaktadır (Çelik vd., 2024; Öz, 2025). Nitekim yetiştiricilik ortamlarındaki pestisit maruziyetlerinin teleostlarda yalnızca metabolik sapmalara değil; solungaç, karaciğer ve böbrek dokularında hücresel vakuolizasyon, nekroz ve lameller füzyon gibi organ-spesifik yapısal lezyonlara yol açtığı ve bu patolojilerin derin öğrenme tabanlı dijital patoloji ile sanal boyama yaklaşımları üzerinden objektif olarak kantifiye edilebileceği bildirilmektedir (Üstüner ve Öz, 2026b).

Sistemler arası ayrımı en yüksek istatistiksel ağırlıkla (VIP > 1) sağlayan metabolitler arasında serbest amino asitler (β-alanin, metiyonin, fenilalanin, triptofan, lizin, homosistein), nükleotid yıkım ürünleri (hipoksantin, inozin, ürik asit), şikimik asit, taurin ve düşük molekül ağırlıklı organik asitler yer almaktadır (Suantika vd., 2020; Xiao vd., 2020). Yüksek çözünürlüklü LC-MS ve GC-MS metabolomiği, üretim sistemlerinin ayrılmasında düşük numune maliyeti ve yüksek fizyolojik yansıtma kapasitesiyle en pratik analitik katman olarak kabul edilmektedir (Öz ve Üstüner, 2026g; Rise vd., 2019; Xiao vd., 2020).

3. Yem Rasyonları ve Zamansal Dinamiklerin Lipidomik İmzaları: Bitkisel Yağ İkamesi, Yıkama Süreçleri ve Bileşiğe Özgü İzotopik Bellek

Su ürünleri yemlerinde balık yağı kaynaklarının sınırlılığı, rasyonlarda karasal bitkisel yağların (soya, kanola, ketencik, hurma yağları) yoğun biçimde kullanılmasına yol açmıştır. Balık diyetindeki bu köklü değişim, kas dokusundaki lipid profillerini doğrudan yeniden yapılandırmaktadır. Karasal bitkisel yağlarla beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve sarıkuyruk balıklarında (*Seriola dumerili*); oleik asit ($18{:}\,1n\text{-}9$), linoleik asit ($18{:}\,2n\text{-}6$) ve α-linolenik asit ($18{:}\,3n\text{-}3$) gibi C18 grubu yağ asitlerinin dokuda aşırı biriktiği, toplam $n\text{-}6$ oranının yükseldiği, $n\text{-}3/n\text{-}6$ dengesinin bozulduğu ve nötral lipid fraksiyonundaki EPA ve DHA düzeylerinin dramatik şekilde gerilediği tespit edilmiştir (Lazzarotto vd., 2015; Monge-Ortiz vd., 2018). Buna karşılık, denizel kaynaklı rasyonlarla beslenen bireyler yüksek EPA+DHA konsantrasyonu ve minimum C18 PUFA içeriği sergilemektedir (Lazzarotto vd., 2015; Monge-Ortiz vd., 2018).

Dokudaki lipid alt sınıfları, besinsel değişimlere homojen yanıt vermemektedir. Diyet manipülasyonları karşısında triasilgliseroller (depo yağları) yüksek $18{:}\,2n\text{-}6$ ve $18{:}\,3n\text{-}3$ akümülasyonu ile besinsel girdiyle doğrusal veya eğrisel bir korelasyon sergilerken; membran yapısını oluşturan polar fosfolipidler EPA ve DHA'yı seçici olarak koruma eğilimi göstererek diyet dalgalanmalarını tamponlamaktadır (Monge-Ortiz vd., 2018; Toyes-Vargas vd., 2020). Bu doğrusal kinetik, kas dokusundaki $18{:}\,2n\text{-}6$ ve $18{:}\,1n\text{-}9$ konsantrasyonları üzerinden geliştirilen matematiksel seyreltme ve kalibrasyon modelleriyle bitkisel yağ ikame oranlarının geriye dönük hesaplanmasına imkan tanımaktadır (Jardine vd., 2020).

Ayrıca modern su ürünleri yemlerine büyümeyi destekleme ve immünomodülasyon amacıyla katılan tıbbi ve aromatik bitki yağları (TABY) ile polifenolik bitki ekstraktları; balık kas dokusundaki ham protein, lipid, nem oranları ve yağ asidi dağılımlarını değiştirmekte, serum biyokimyası ve enzimatik antioksidan kapasite üzerinde doza bağımlı modülasyonlar yaratarak adli lipid ve metabolom profillemesinde hesaba katılması gereken özgün

değişkenler sunmaktadır (Esen vd., 2025; Öz vd., 2026a, 2026b; Tok vd., 2025). Benzer şekilde rasyonlara dahil edilen biyosentezlenmiş nano-selenyum gibi nano-ölçekli iz elementler ve polimerik/lipid bazlı nano-taşıyıcı sistemler de balığın hücresel antioksidan enzimlerini, serum biyokimyasını ve trigliserit ile kolesterol gibi dolaşımdaki lipid profillerini modüle ederek doku metabolomunda hesaba katılması gereken sisteme özgü yeni varyasyonlar oluşturabilmektedir (Dikel vd., 2026; Öz ve Üstüner, 2026e).

Bununla birlikte, lipidomik doğrulamanın karşısındaki en büyük zafiyet, "bitirme diyeti" (finishing diet) uygulamalarının yol açtığı zamansal boşluktur (*temporal loophole*). Yetiştiriciler, büyüme evresi boyunca ucuz bitkisel yağ içeren yemlerle besledikleri balıkları, hasattan önceki son 4 ila 12 haftalık periyotta yüksek balık yağı içeren bitirme rasyonlarına geçirmektedir ("yıkama" / *wash-out* stratejisi). Atlantik somonu (*Salmo salar*), çipura (*Sparus aurata*), sarıkuyruk (*Seriola dumerili*) ve Nil tilapyasında (*Oreochromis niloticus*) yürütülen yıkama denemeleri; kas dokusundaki EPA ($20{:}\,5n\text{-}3$) seviyesinin 4–12 hafta içinde tamamen toparlandığını, ancak DHA ($22{:}\,6n\text{-}3$) geri kazanımının daha uzun zaman aldığını ve bitkisel yağın birincil göstergesi olan $18{:}\,2n\text{-}6$ kalıntılarının kasta 6 ila 12 hafta boyunca basit bir biyolojik seyreltme hızıyla varlığını koruduğunu göstermektedir (Bordignon vd., 2020; Suloma vd., 2022). Yaklaşık 4 haftalık kısa bir bitirme diyeti, kaba lipid analizlerinde bitkisel yağ kullanımını maskeleyebilmekte ve tek noktalı anlık analizleri yanıltabilmektedir (Bordignon vd., 2020; Suloma vd., 2022). Benzer şekilde, döngüsel biyoraferinelerden sağlanan mikroalg kaynaklı EPA ve DHA takviyelerinin yemlerde balık yağı alternatifi olarak kullanılması, çiftlik balıklarının yağ asidi profilini yabani balıklarınkine yaklaştırarak geleneksel kimyasal sınıflandırma eşiklerini bulanıklaştırmaktadır (Öz ve Üstüner, 2026b).

Bu zamansal manipülasyonu ve sahtecilik açığını kesin olarak ortadan kaldırmak amacıyla Bileşiğe Özgü İzotop Analizi (Compound-Specific Isotope Analysis - CSIA) devreye girmektedir. Kas dokusundaki toplam yağ asidi konsantrasyonunu ölçen klasik analizlerin aksine CSIA, linoleik asit ($18{:}\,2n\text{-}6$) veya esansiyel amino asitler gibi spesifik hedef moleküllerin karbon iskeletindeki duraylı karbon izotop oranını ($\delta^{13}C$) belirlemektedir. Karasal C3 ve C4 bitkileri ile denizel birincil üreticiler fotosentez mekanizmalarındaki farklılıklar nedeniyle tamamen zıt izotopik taban çizgilerine sahiptir. Bir balığa kesim öncesinde balık yağı bitirme diyeti verilerek kaba EPA/DHA seviyeleri "denizel" standartlara yükseltilse dahi, uzun yetiştiricilik döneminde kasta depolanan linoleik asidin karbon omurgası karasal izotopik hafızasını korur. CSIA, moleküler düzeydeki bu izotopik izi saptayarak kısa süreli besinsel maskelemeleri deşifre etmekte ve üretim döngüsünün derinlemesine denetlenmesini sağlamaktadır.

4. Hasat Sonrası Süreçler ve Depolama Koşullarının Biyokimyasal İmzalar Üzerindeki Bozucu Etkisi

Metabolomik profilleme, yetiştiricilik sistemlerini ve yem manipülasyonlarını aydınlatmada benzersiz bir duyarlılığa sahip olsa da bu duyarlılık yöntemin en zayıf noktasını da teşkil etmektedir. Düşük molekül ağırlıklı hücresel metabolitler; kesim öncesi stres faktörlerine, hasat yöntemlerine, dondurma-çözündürme işlemlerine ve depolama sıcaklıklarına karşı aşırı reaktiftir.

Kesim öncesi balıkların maruz kaldığı aşırı yoğunluk, kaba elleçleme, asfiksi veya çırpınma gibi akut stres faktörleri; kas dokusundaki enerji ve amino asit metabolizmasını hızla kaotik bir sürece sokmaktadır. Havuz sazanı (*Carassius carassius*) ve sarı trakülyada (*Larimichthys crocea*) yapılan çalışmalar; kötü muamelenin anaerobik glikolizi tetikleyerek kas içi laktat konsantrasyonunu hızla artırdığını, kreatin/fosfokreatin oranını bozduğunu, trikarboksilik asit (TCA) döngüsü ara ürünlerini tükettiğini ve pürin/ornitin yolaklarında travmatik kaymalar yarattığını göstermiştir (Ciampa ve Picone, 2023; Marhuenda-Egea ve Sanchez-Jerez, 2025; Zheng vd., 2025b). Bu akut stres dalgası histidin, glisin, serin ve glutamat gibi serbest amino asit havuzunu dönüştürerek üretim sistemine ait biyokimyasal taban çizgisini saptırmaktadır (Ciampa ve Picone, 2023; Zheng vd., 2025b).

Adli biyokimyasal doğrulamada bir diğer kritik alan, taze balık ile dondurulup-çözündürülmüş (*frozen-thawed*) ürünlerin ayrımıdır. Atlantik somonunda (*Salmo salar*) uygulanan ^{1}H-NMR metabolomik analizleri; dokunun dondurulup çözünmesi neticesinde hücresel kompartmanların hasar gördüğünü ve çözünme sonrası depolama

sürecinde fumarat ve fenilalanin konsantrasyonlarının yükseldiğini, taze dokularda asla rastlanmayan serbest aspartat oluşumunun tetiklendiğini kanıtlamıştır (Shumilina vd., 2020). Yüksek çözünürlüklü LC-HRMS platformları ise dondurulmuş-çözünmüş somon, ton balığı ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) etlerinde EPA ve DHA türevi oksidasyon metabolitleri ile fosfokolin ve fosfoetanolamin membran parçalanma ürünlerinin biriktiğini ortaya koymaktadır (Bodin vd., 2022; Chiesa vd., 2020; Stella vd., 2022). Nitekim soğuk depolama sürecinde kas dokusunda gelişen miyofibriler bölünme, vakuolizasyon ve hücresel düzeydeki yapısal çözünmeler, metabolik gürültünün yanında doku bütünlüğünün kaybını gösteren tanısal yapısal belirteçlerdir (Öz vd., 2026c). Bu enzimatik ve histolojik yıkım unsurları, balığın taze olarak etiketlenip haksız kazanç sağlanmasını engellemede doğrudan tanısal belirteç işlevi görmektedir.

Ayrıca RAS üniteleri ile açık toprak havuzlarda sıklıkla karşılaşılan ve tüketici kabulünü olumsuz etkileyen toprak/küf kokusu (*off-flavor*) bileşikleri de dokunun kimyasal imzasını şekillendirmektedir. Siyanobakteriler, aktinobakteriler ve miksobakteriler tarafından sentezlenen geosmin ve 2-metilizoborneol (2-MIB), lipofilik karakterleri nedeniyle balığın yağ dokusunda birikmektedir (Lindholm-Lehto vd., 2022; Podduturi vd., 2023; Södergren vd., 2025). Bu sekonder metabolitlerin varlığı ve derişimi; 4-metil-2-heptanon, dimetil sülfür ve çeşitli aldehitlerden oluşan uçucu organik bileşik (VOC) profilleriyle birleşerek, balığın yoğun mikrobiyal aktiviteye sahip kapalı sistemlerden mi yoksa açık sulardan mı geldiğine dair tamamlayıcı kanıtlar sağlamaktadır (Lindholm-Lehto vd., 2022; Podduturi vd., 2023).

Depolama süresi ve sıcaklığındaki kontrolsüzlük, doku metabolomunda "metabolik sürüklenme" (*metabolic drift*) olarak tanımlanan şiddetli bir biyokimyasal arka plan gürültüsü üretmektedir. Soğuk zincirdeki aksamalarda ve uzayan depolama sürelerinde hücresel adenozin trifosfat (ATP) hızla inozin monofosfat, inozin ve hipoksantine parçalanmakta (*K*-değeri artışı); trimetilamin oksit (TMAO) bakteriyel ve enzimatik süreçlerle trimetilamine (TMA) indirgenmekte; laktat, asetat ve format gibi kısa zincirli organik asitler birikmektedir (Ciampa ve Picone, 2023; Marhuenda-Egea ve Sanchez-Jerez, 2025; Xia vd., 2025; Zheng vd., 2025b). Bu kontrolsüz metabolik gürültü, üretim sisteminden veya yem rejiminden kaynaklanan özgün biyobelirteçlerin sinyal şiddetini tamamen bastırabilmektedir. Bu nedenle metabolomik veriler üzerinden sistem doğrulaması yapılırken, numunelerin hasat sonrası termal geçmişi ve depolama süreleri kemometrik ve yapay zekâ tabanlı karar destek modellerine zorunlu birer kovaryant olarak dahil edilmelidir (Öz vd., 2025a). Bununla birlikte, sucul ekosistemlerde yapay zekâ ve hesaplamalı modellemelerin güvenilirliği; eğitim veri setlerindeki tür ve sistem kısıtlarının (veri darboğazı) aşılmasına, çevresel değişkenlerin dinamik etkilerinin modellenmesine ve algoritmik çıktıların çok katmanlı in vivo biyolojik doğrulamalarla kalibre edilmesine doğrudan bağlıdır (Üstüner ve Öz, 2026a).

5. Sonuç

Küresel su ürünleri sektöründe şeffaflığın tesis edilmesi, geleneksel harici etiketleme yöntemlerinin ötesine geçen, doğrudan balık dokusunun biyolojik ve kimyasal gerçekliğini temel alan dâhili doğrulama sistemlerini zorunlu kılmaktadır. Genomik araçlar tür ve popülasyon menşei konusunda sarsılmaz kanıtlar sunarken, balığın hangi üretim sisteminde (RAS, havuz, kafes) ve hangi beslenme rejimi altında yetiştirildiğini aydınlatmada yetersiz kalmaktadır. Bu noktada kas dokusunun metabolomik ve lipidomik profillemesi, üretim sürecinin dinamik fizyolojik, besinsel ve çevresel izdüşümlerini yansıtan en yetkin analitik basamak olarak öne çıkmaktadır.

Diyetteki bitkisel yağ oranları C18 yağ asitleri ve fosfolipid/triasilgliserol dengesi üzerinden başarıyla modellenirken; yıkama periyotlarının yarattığı zamansal açıklar Bileşiğe Özgü İzotop Analizi (CSIA) ile çözülebilmektedir. Kapalı devre sistemlerdeki çevresel izolasyon ve açık havuzlardaki zengin trofik etkileşimler; serbest amino asitler, organik asitler ve nükleotid yıkım ürünleri düzeyinde sisteme özgü parmak izleri inşa etmektedir. Bununla birlikte, kesim öncesi stres ve hasat sonrası depolama koşullarının yarattığı metabolik sürüklenme, adli modellerin başarısını tehdit eden temel kısıttır. İlerleyen süreçte, doku metabolomunun

depolama dinamikleriyle birlikte kalibre edildiği çok değişkenli biyokimyasal veri tabanlarının kurulması, su ürünlerinde hem adil ticareti hem de gıda güvenliğini teminat altına alacaktır.

Kaynakça

Ahmad, A., Hassan, S. W., & Banat, F. (2022). An overview of microalgae biomass as a sustainable aquaculture feed ingredient: Food security and circular economy. *Bioengineered*, 13(4), 9521–9547.

Al-Yahyai, D., Gallardo, W., Claereboudt, M., & Bruss, G. (2020). Spatio-temporal variation of water quality variables and hydrography in a sea bream cage culture farm off the coast of Oman. *Aquatic Living Resources*, 33, 21.

Baßmann, B., Hahn, L., Rebl, A., Wenzel, L. C., Hildebrand, M. C., Verleih, M., & Palm, H. W. (2023). Effects of stocking density, size, and external stress on growth and welfare of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in a commercial RAS. *Fishes*, 8(2), 74.

Bodin, N., Amiel, A., Fouché, E., Sardenne, F., Chassot, E., Debrauwer, L., Guillou, H., Tremblay-Franco, M., & Canlet, C. (2022). NMR-based metabolic profiling and discrimination of wild tropical tunas by species, size category, geographic origin, and on-board storage condition. *Food Chemistry*, 371, 131094.

Bordignon, F., Martínez-Llorens, S., Trocino, A., Jover-Cerdá, M., & Tomás-Vidal, A. (2020). Recovery of fatty acid composition in Mediterranean yellowtail (*Seriola dumerili*, Risso 1810) fed a fish-oil finishing diet. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 4871.

Cesare Marincola, F., Palmas, C., Lastres Couto, M. A., Paz, I., Cremades, J., Pintado, J., Bruni, L., & Picone, G. (2025). Metabolic profile of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) muscle: Effect of fish–macroalgae IMTA-RAS aquaculture. *Molecules*, 30(11), 2518.

Chiesa, L. M., Pavlovic, R., Nobile, M., Di Cesare, F., Malandra, R., Pessina, D., & Panseri, S. (2020). Discrimination between fresh and frozen-thawed fish involved in food safety and fraud protection. *Foods*, 9(12), 1896.

Ciampa, A., & Picone, G. (2023). Application of HR-NMR for the metabolic kinetic assessment of red mullet (*Mullus barbatus*) and bogue (*Boops boops*) samples during different temperature storage. *Metabolites*, 13(4), 482.

Çelik, M., Dikel, S., & Öz, M. (2024). Investigation of the effect of water and feed sourced boron on the growth performance and blood parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(6), e13104.

Dediu, L., Docan, A., Crețu, M., Grecu, I., Mogodan, A., Maereanu, M., & Oprea, L. (2021). Effects of stocking density on growth performance and stress responses of bester and bester♀× beluga♂ juveniles in recirculating aquaculture systems. *Animals*, 11(8), 2292.

Dikel, S., Öz, M., Erşatır, M., Dikel, Ç., Üstüner, E., & Demirkol, O. (2026). Comparative effects of dietary inorganic and nano forms of selenium on growth, hematological, biochemical, and antioxidant responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tropical Animal Health and Production*, 58, 530.

Ellahi, R. M., Wood, L. C., & Bekhit, A. E. D. A. (2023). Blockchain-based frameworks for food traceability: A systematic review. *Foods*, 12(16), 3026.

Esen, R., Öz, M., & Dikel, S. (2025). Effects of artichoke (*Cynara scolymus*) leaf extract on the growth, blood, and biochemistry parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Tropical Animal Health and Production*, 57(6), 284.

Freitas, J., Vaz-Pires, P., & Câmara, J. S. (2020). From aquaculture production to consumption: Freshness, safety, traceability and authentication, the four pillars of quality. *Aquaculture*, 518, 734857.

Fudge, M., Higgins, V., Vince, J., & Rajaguru, R. (2023). Social acceptability and the development of commercial RAS aquaculture. *Aquaculture*, 568, 739295.

Grandez-Yoplac, D. E., Pachas-Caycho, M., Cristobal, J., Chapa-Gonza, S., Mori-Zabarburú, R. C., & Guadalupe, G. A. (2025). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) for cultivating *Oncorhynchus mykiss* and the potential for IoT integration: A systematic review and bibliometric analysis. *Sustainability*, 17(15), 6729.

Gümüş, H., Dikel, S., & Öz, M. (2026). Mitigating deltamethrin-induced systemic toxicity in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) via dietary artichoke (*Cynara scolymus*) leaf extract: A multi-biomarker approach. *Aquaculture International*, 34(5), 158.

Hidayati, N. V., Syakti, A. D., Asia, L., Lebarillier, S., Khabouchi, I., Widowati, I., Sabdono, A., Piram, A., & Doumenq, P. (2021). Emerging contaminants detected in aquaculture sites in Java, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 773, 145057.

Hopkins, C. R., Roberts, S., Caveen, A. J., Graham, C., & Burns, N. M. (2024). Improved traceability in seafood supply chains is achievable by minimising vulnerable nodes in processing and distribution networks. *Marine Policy*, 159, 105910.

Höök, T. O., Kalejs, N. I., Axenrot, T., Ogonowski, M., & Sandström, A. (2024). Stable isotope and fatty acid variation of a planktivorous fish among and within large lakes. *PLOS ONE*, 19(6), e0304089.

Jardine, T. D., Galloway, A. W., & Kainz, M. J. (2020). Unlocking the power of fatty acids as dietary tracers and metabolic signals in fishes and aquatic invertebrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1804), 20190639.

Kaya Öztürk, D., Öztürk, R., Baki, B., Karayücel, İ., & Karayücel, S. (2020). Monthly variation of growth, biochemical composition, fatty and amino acids patterns of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in offshore cage systems under brackish water conditions in the Black Sea. *Aquaculture Research*, 51(12), 4961–4983.

Keva, O., Taipale, S. J., Hayden, B., Thomas, S. M., Vesterinen, J., Kankaala, P., & Kahilainen, K. K. (2021). Increasing temperature and productivity change biomass, trophic pyramids and community-level omega-3 fatty acid content in subarctic lake food webs. *Global Change Biology*, 27(2), 282–296.

Khalil, H. S., Momoh, T., Al-Kenawy, D., Yossa, R., Badreldin, A. M., Roem, A., Schrama, J., & Verdegem, M. (2021). Nitrogen retention, nutrient digestibility and growth efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary lysine and reared in fertilized ponds. *Aquaculture Nutrition*, 27(6), 2320–2332.

Kralik, B., Weisstein, F., Meyer, J., Neves, K., Anderson, D., & Kershaw, J. (2022). From water to table: A multidisciplinary approach comparing fish from aquaponics with traditional production methods. *Aquaculture*, 552, 737953.

Lazzarotto, V., Corraze, G., Leprevost, A., Quillet, E., Dupont-Nivet, M., & Médale, F. (2015). Three-year breeding cycle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a plant-based diet, totally free of marine resources: Consequences for reproduction, fatty acid composition and progeny survival. *PLOS ONE*, 10(3), e0117609.

Lindholm-Lehto, P., Koskela, J., Leskinen, H., Vielma, J., & Kause, A. (2022). Off-flavors and lipid components in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in RAS: Differences in families of low and high lipid contents. *Aquaculture*, 559, 738418.

Liou, P., Banda, A., Isaacs, R. B., & Hellberg, R. S. (2020). Labeling compliance and species authentication of fish fillets sold at grocery stores in Southern California. *Food Control*, 112, 107137.

Liu, X., Teixeira, J. S., Ner, S., Ma, K. V., Petronella, N., Banerjee, S., & Ronholm, J. (2020a). Exploring the potential of the microbiome as a marker of the geographic origin of fresh seafood. *Frontiers in Microbiology*, 11, 696.

Liu, Z., Yuan, Y., Zhao, Y., Zhang, Y., Nie, J., Shao, S., & Rogers, K. M. (2020b). Differentiating wild, lake-farmed and pond-farmed carp using stable isotope and multi-element analysis of fish scales with chemometrics. *Food Chemistry*, 328, 127115.

López-Mas, L., Claret, A., Reinders, M. J., Banovic, M., Krystallis, A., & Guerrero, L. (2021). Farmed or wild fish? Segmenting European consumers based on their beliefs. *Aquaculture*, 532, 735992.

Ma, F., Wang, L., Huang, J., Chen, Y., Zhang, L., Zhang, M., Yu, M., Jiang, H., & Qiao, Z. (2023). Comparative study on nutritional quality and serum biochemical indices of common carp (*Cyprinus carpio*) aged 11 to 13 months aged cultured in traditional ponds and land-based container aquaculture systems. *Food Research International*, 169, 112869.

Ma, M., & Hu, Q. (2024). Microalgae as feed sources and feed additives for sustainable aquaculture: Prospects and challenges. *Reviews in Aquaculture*, 16(2), 818–835.

Marhuenda-Egea, F. C., & Sanchez-Jerez, P. (2025). Metabolomic insights into wild and farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*): Lipid composition, freshness indicators, and environmental adaptations. *Molecules*, 30(4), 770.

Minoudi, S., Karaiskou, N., Avgeris, M., Gkagkavouzis, K., Tarantili, P., Triantafyllidou, D., Palilis, L., Avramopoulou, V., Tsikliras, A., & Barmperis, K. (2020). Seafood mislabeling in Greek market using DNA barcoding. *Food Control*, 113, 107213.

Monge-Ortiz, R., Tomás-Vidal, A., Rodriguez-Barreto, D., Martínez-Llorens, S., Pérez, J., Jover-Cerdá, M., & Lorenzo, A. (2018). Replacement of fish oil with vegetable oil blends in feeds for greater amberjack (*Seriola dumerili*) juveniles: Effect on growth performance, feed efficiency, tissue fatty acid composition and flesh nutritional value. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 605–615.

Nahon, S., de Brito, G. V., Quental-Ferreira, H., Aubin, J., Jaeger, C., Menniti, C., Kerhervé, P., Larroquet, L., & Cunha, M. E. (2023). Food web in Mediterranean coastal integrated multi-trophic aquaculture ponds: Learnings from fatty acids and stable isotope tracers. *Aquaculture*, 567, 739292.

Nahon, S., Jaeger, C., Menniti, C., Roucaute, M., Kerhervé, P., Mortillaro, J. M., & Aubin, J. (2024). Food preferences of fish in integrated multi-trophic aquaculture freshwater ponds based on fatty acids and stable isotopes. *Aquatic Living Resources*, 37, 17.

Öz, M. (2025). Effects of boric acid on oxidative stress parameters, growth performance and blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biological Trace Element Research*, 203(3), 1647–1655.

Öz, M., Inanan, B. E., Üstüner, E., Karagoz, B., & Dikel, S. (2024b). Effects of dietary garlic (*Allium sativum*) oil on growth performance, haemato-biochemical and histopathology of cypermethrin-intoxicated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Veterinary Medicine and Science*, 10(3), e1449.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026a). Artificial intelligence for blue transformation: A review of predictive modeling and decision support systems in sustainable aquaculture. *Sustainable Development*.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026b). Beyond the omega-3 bottleneck: Microalgal biorefineries as a sustainable paradigm for aquafeeds. *Algal Research*, 96, 104700.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026c). Finfish aquaculture authenticity: Integrating genomic and metabolomic fingerprints for geographic and production method discrimination. *Food Science and Biotechnology*.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026d). Mimicking the ocean: Critical challenges in scaffold design and tissue texturization for cell-cultured seafood. *Journal of Food Science*, 91(1), e71163.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026e). Nanotechnology-based immunostimulants in aquaculture: Mechanisms, advances and practical applications. *Veterinary Medicine and Science*, 12, e71158.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026f). Nutritional detoxification strategies in aquaculture: Bioactive feed additives mitigating oxidative stress and xenobiotic toxicity in fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 52, 104.

Öz, M., & Üstüner, E. (2026g). Omics technologies in aquafeed: Unlocking the black box towards systems biology. *Functional & Integrative Genomics*, 26, 145.

Öz, M., Üstüner, E., & Bölükbaş, F. (2024a). Effects of dietary black cumin (*Nigella sativa* L.) oil on growth performance, hemato-biochemical and histopathology of cypermethrin-intoxicated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 55(1), 273–288.

Öz, M., Üstüner, E., Çifci, S., Budak, F., İleri, E., & Dikel, S. (2025a). Artificial intelligence for fish disease diagnosis and management: Innovations, challenges, and One Health implications. *Aquaculture International*, 33(7), 652.

Öz, M., Üstüner, E., Çifci, S., Dikel, S., İleri, E., & Budak, F. (2026a). Innovative field applications of probiotics, prebiotics, and medicinal plant products for disease control in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, e70227.

Öz, M., Üstüner, E., & Çifci, S. (2026b). Medicinal and aromatic plant oils in aquafeeds: Mechanistic perspectives on growth promotion, immunomodulation, and stress resilience. *Aquaculture Nutrition*, 2026, 8992384.

Öz, M., Üstüner, E., & Dağar, O. (2026c). Sensory and histopathological assessment of the protective effects of thyme (*Thymus vulgaris*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extracts on refrigerated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Journal of Food Quality*, 2026, 3622986.

Öz, M., Üstüner, E., & Dikel, S. (2026d). The protective role of dietary black cumin (*Nigella sativa* L.) oil against waterborne boric acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Hematological, biochemical, oxidative stress, and histopathological responses. *Aquaculture International*, 34(1), 19.

Öz, M., Üstüner, E., Jumayeva, M., & Dikel, S. (2025b). Dietary *Nigella sativa* oil confers protection against diazinon toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): A detoxification-based approach. *Veterinary Research Communications*, 49(5), 305.

Patro, P. K., Jayaraman, R., Salah, K., & Yaqoob, I. (2022). Blockchain-based traceability for the fishery supply chain. *IEEE Access*, 10, 81134–81154.

Pilecky, M., Kämmer, S. K., Mathieu-Resuge, M., Wassenaar, L. I., Taipale, S. J., Martin-Creuzburg, D., & Kainz, M. J. (2022a). Hydrogen isotopes (δ^2H) of polyunsaturated fatty acids track bioconversion by zooplankton. *Functional Ecology*, 36(3), 538–549.

Pilecky, M., Mathieu-Resuge, M., Závorka, L., Fehlinger, L., Winter, K., Martin-Creuzburg, D., & Kainz, M. J. (2022b). Common carp (*Cyprinus carpio*) obtain omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids via

dietary supply and endogenous bioconversion in semi-intensive aquaculture ponds. *Aquaculture*, 561, 738731.

Podduturi, R., da Silva David, G., da Silva, R. J., Hyldig, G., Jørgensen, N. O., & Petersen, M. A. (2023). Characterization and finding the origin of off-flavor compounds in Nile tilapia cultured in net cages in hydroelectric reservoirs, São Paulo State, Brazil. *Food Research International*, 173, 113375.

Rise, M. L., Martyniuk, C. J., & Chen, M. (2019). Aquaculture genomics, transcriptomics, and metabolomics. In *Aquaculture Health Management* (pp. 100603). Elsevier.

Rodrigues, A. C., Gravato, C., Silva, C. J., Pires, S. F., Costa, A. P., Conceição, L. E., Santos, P., Costas, B., Calheiros, J., & Castro-Cunha, M. (2020). Seasonal temperature fluctuations differently affect the immune and biochemical parameters of diploid and triploid *Oncorhynchus mykiss* cage-cultured in temperate latitudes. *Sustainability*, 12(21), 8785.

Seo, J., & Park, J. (2022). Does stocking density affect growth performance and hematological parameters of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* in a recirculating aquaculture system? *Animals*, 13(1), 44.

Shumilina, E., Møller, I. A., & Dikiy, A. (2020). Differentiation of fresh and thawed Atlantic salmon using NMR metabolomics. *Food Chemistry*, 314, 126227.

Södergren, J., Noguera, P. M., Petersen, M. A., Jørgensen, N. O., Podduturi, R., & Nicolaisen, M. H. (2025). Myxobacteria isolated from recirculating aquaculture systems (RAS): Ecology and significance as off-flavor producers. *Applied and Environmental Microbiology*, 91(4), e00757-25.

Stella, R., Mastrorilli, E., Pretto, T., Tata, A., Piro, R., Arcangeli, G., & Biancotto, G. (2022). New strategies for the differentiation of fresh and frozen/thawed fish: Non-targeted metabolomics by LC-HRMS (part B). *Food Control*, 132, 108461.

Suantika, G., Situmorang, M. L., Saputra, F. I., Putri, S. L. E., Putri, S. P., Aditiawati, P., & Fukusaki, E. (2020). Metabolite profiling of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* from super-intensive culture in closed aquaculture systems: A recirculating aquaculture system and a hybrid zero water discharge–recirculating aquaculture system. *Metabolomics*, 16(4), 49.

Suloma, A., El–Husseiny, O. M., Zidan, A. E. N. F., & Mabroke, R. S. (2022). The efficiency of washout strategy on decreasing the deposit linoleic acid of tilapia fillet and viscera. *Aquaculture Reports*, 23, 101094.

Thompson, B. S., & Rust, S. (2025). Sustainable development of seafood supply chains via blockchain technology: Innovation adoption and implementation by businesses and entrepreneurs. *Sustainable Development*, 1–17.

Tok, S., Öz, M., & Dikel, S. (2025). Effects of dietary anise (*Pimpinella anisum* L.) oil on growth performance, blood parameters and muscle nutrient content of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Veterinary Medicine and Science*, 11(4), e70443.

Toyes-Vargas, E. A., Parrish, C. C., Viana, M. T., Carreón-Palau, L., Magallón-Servín, P., & Magallón-Barajas, F. J. (2020). Replacement of fish oil with camelina (*Camelina sativa*) oil in diets for juvenile tilapia (var. GIFT *Oreochromis niloticus*) and its effect on growth, feed utilization and muscle lipid composition. *Aquaculture*, 523, 735177.

Üstüner, E., Öz, M., & Çifci, S. (2026b). Nigella sativa oil ameliorates malathion-induced toxicity in Nile tilapia: A multi-systemic and molecular evaluation. *Fish Physiology and Biochemistry*, 52, 121.

Üstüner, E., Öz, M., & Dikel, S. (2026a). Beyond self-recovery: Dietary artichoke leaf extract accelerates tissue regeneration and redox homeostasis in deltamethrin-intoxicated Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture International*, 34, 236.

Üstüner, E., Öz, M., İleri, E., & Dikel, S. (2026c). The accelerating role of microplastics as vectors for synthetic pyrethroids: A critical review of bioaccumulation and trophic transfer in aquaculture ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 198, 999.

Üstüner, E., & Öz, M. (2026a). From Sequence to Structure: AlphaFold and the AI Revolution in Aquaculture Drug Discovery and Vaccine Design. Biotechnology and Bioengineering, https://doi.org/10.1002/bit.70398.

Üstüner, E., & Öz, M. (2026b). From traditional histopathology to virtual staining: deep learning approaches for assessing tissue lesions in farmed fish. Veterinary Research Communications, 50, 615. https://doi.org/10.1007/s11259-026-11567-9.

Xia, L., Zhou, S., Lian, K., & Chen, S. (2025). Integrated metabolomic and microbial analysis of quality dynamics in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) under refrigerated and frozen storage. *Foods*, 14(7), 1089.

Xia, Z., Liu, Z., Liu, Y., Cui, W., Zheng, D., Tao, M., Zhou, Y., & Peng, X. (2024). Differentiating pond-intensive, paddy-ecologically, and free-range cultured crayfish (*Procambarus clarkii*) using stable isotope and multi-element analysis coupled with chemometrics. *Foods*, 13(18), 2947.

Xiao, M., Qian, K., Wang, Y., & Bao, F. (2020). GC-MS metabolomics reveals metabolic differences of the farmed Mandarin fish *Siniperca chuatsi* in recirculating ponds aquaculture system and pond. *Scientific Reports*, 10(1), 6090.

Zhang, L., Ye, L., Song, Z., Yu, Y., Wu, S., Qin, Q., Ji, W., Li, L., Suo, W., & Zhang, H. (2025). Comparative metabolomics reveals biosignatures in wild vs. farmed *Hypophthalmichthys nobilis*: A UHPLC-MS/MS-based authentication strategy. *Food Chemistry*, 463, 146510.

Zhang, X., Zhang, Y., Zhang, Q., Liu, P., Guo, R., Jin, S., Liu, J., Chen, L., Ma, Z., & Liu, Y. (2020b). Evaluation and analysis of water quality of marine aquaculture area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1446.

Zheng, Y., Li, J., Yona, A., Wang, X., Li, X., Yuan, J., & Xu, G. (2025a). Integrated monitoring of water quality, metal ions, and antibiotic residues, with isolation and optimization of enrofloxacin-degrading bacteria in American shad (*Alosa sapidissima*) aquaculture systems. *Journal of Xenobiotics*, 15(1), 174.

Zheng, Y., Ma, Y., Lin, N., Yang, X., Wu, J., & Guo, Q. (2025b). Comparison of volatile and non-volatile compounds of ice-stored large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) affected by different post-harvest handling methods. *Foods*, 14(3), 431.

KEÇİLERDE ÖNCEKİ VE SONRAKİ KAYITLI DOĞUM TİPLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Öğr. Gör. Dr. Taha GÜRSOY[1]* / Öğr. Gör. Durmuş KAHRAMAN[2]

[1] Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Tarım, Hayvancılık ve Gıda Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Burdur, Türkiye. Çalışma alanı: Veteriner Doğum ve Jinekoloji. E-posta: tgursoy@mehmetakif.edu.tr. ORCID: 0000-0001-8642-2527.

[2] Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Burdur, Türkiye. Çalışma alanı: Dölerme ve Suni Tohumlama. E-posta: dkahraman@mehmetakif.edu.tr. ORCID: 0000-0003-1739-9014.

***Sorumlu yazar: Taha Gürsoy**

ÖZET

Amaç: Keçilerde yavru sayısı, genetik, fizyolojik ve çevresel etkiler nedeniyle doğumlar arasında değişebilen bir üreme özelliğidir. Bu retrospektif çalışmada, aynı analarda önceki tekiz ve çoklu doğum sonrasında kaydedilen çoklu doğum oranları karşılaştırıldı.

Gereç ve Yöntem: 2021, 2023, 2024, 2025 ve 2026 yıllarına ait arşivlenmiş keçi doğum kayıtları incelendi. Anne kimliği, doğum tarihi ve yavru sayısı açık olan kayıtlar standartlaştırılmış resmî kulak küpe numaralarıyla bağlandı. Her anaya ait ulaşılabilir kayıtlar kronolojik olarak sıralandı; ardışık kayıtlar kaydedilmiş geçiş olarak ele alındı ve biyolojik olarak kesintisiz doğum sırasını temsil ettikleri varsayılmadı. Çoklu doğum, ikiz veya üçüz doğum olarak tanımlandı. Önceki tekiz ve çoklu doğum sonrasında kaydedilen çoklu doğum oranları arasındaki farklar, anne düzeyinde kümelenmiş, 50.000 yeniden örneklemeye dayalı yüzdelik bootstrap yöntemiyle hesaplanan %95 güven aralıklarıyla değerlendirildi. Duyarlılık analizinde her ana için yalnızca ilk kaydedilmiş geçiş tutuldu.

Bulgular: Veri seti 161 anaya ait 226 uygun doğum kaydı içerdi. Tekrarlı kaydı bulunan 48 ana, 65 geçiş sağladı. Sonraki çoklu doğum, önceki tekiz doğumdan sonra 19/30 geçişte (%63,3), önceki çoklu doğumdan sonra 25/35 geçişte (%71,4) kaydedildi. Mutlak fark 8,1 yüzde puanıydı (%95 güven aralığı: −12,7 ile 27,9). Analiz her ana için ilk geçişle sınırlandığında fark 11,5 yüzde puanı bulundu (%95 güven aralığı: −16,4 ile 38,6). Önceki çoklu doğum sonrasındaki daha yüksek orana geniş güven aralıkları eşlik etti; bu nedenle gözlenen fark dikkatle yorumlanmalıdır.

Sonuç: Tahmin edilen ilişki belirsizdi ve doğum tipinin tekrarlanmasına ilişkin kararlı bir örüntü ortaya koymadı. Eksik üreme öyküleri, arada kaydedilmemiş doğumların bulunabilmesi ve parite sırasındaki belirsizlik yorumu sınırlandırmaktadır. Önceki yavru sayısının üreme yönetimi veya seleksiyon için güvenilir bir öngörücü olarak kullanılabilmesi öncesinde, parite öyküleri eksiksiz olan daha büyük boylamsal veri setlerine ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: keçi, yavru sayısı, çoklu doğum, oğlaklama, üreme öyküsü

ASSOCIATION BETWEEN PREVIOUS AND SUBSEQUENT RECORDED LITTER TYPES IN GOATS

Lecturer, PhD Taha GÜRSOY[1]* / Lecturer Durmuş KAHRAMAN[2]

[1] Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Agriculture, Livestock and Food Research Application and Research Center, Burdur, Türkiye. Field: Veterinary Obstetrics and Gynecology. E-mail: tgursoy@mehmetakif.edu.tr. ORCID: 0000-0001-8642-2527.

[2] Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Burdur Food, Agriculture and Livestock Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Burdur, Türkiye. Field: Reproduction and Artificial Insemination. E-mail: dkahraman@mehmetakif.edu.tr. ORCID: 0000-0003-1739-9014.

***Corresponding author: Taha Gürsoy**

ABSTRACT

Background: Litter size is a reproductive trait in goats but varies between kiddings because of genetic, physiological, and environmental influences. This retrospective study compared subsequent recorded multiple-birth proportions after previous singleton and multiple births in the same dams.

Materials and Methods: Archived goat birth records from 2021, 2023, 2024, 2025, and 2026 were reviewed. Records with explicit dam identity, birth date, and litter size were linked using standardized official ear-tag numbers. Within each dam, available records were ordered chronologically; adjacent records were treated as recorded transitions and were not assumed to represent biologically consecutive kiddings. Multiple births were defined as twin or triplet births. Differences in subsequent recorded multiple-birth proportions after a previous singleton versus multiple birth were estimated with 95% maternal-cluster percentile bootstrap confidence intervals using 50,000 resamples. Sensitivity analysis retained only the first recorded transition per dam.

Results: The dataset contained 226 eligible birth records from 161 dams. Forty-eight dams with repeated records contributed 65 transitions. A subsequent multiple birth occurred in 19/30 transitions after a singleton (63.3%) and 25/35 after a previous multiple birth (71.4%), an absolute difference of 8.1 percentage points (95% confidence interval, -12.7 to 27.9). Restricting the analysis to the first transition per dam yielded a difference of 11.5 percentage points (95% confidence interval, -16.4 to 38.6). The higher proportion after a previous multiple birth was accompanied by wide confidence intervals, warranting cautious interpretation of the observed difference.

Conclusion: The estimated association was imprecise and did not establish a stable tendency for litter type to recur. Incomplete reproductive histories, potentially unrecorded intervening kiddings, and uncertain parity order limit interpretation. Larger longitudinal datasets with complete parity histories are needed before previous litter size can be used as a reliable predictor for reproductive management or selection.

Keywords: goat, litter size, multiple birth, kidding, reproductive history

HAYVANCILIKTA AKILCI ANTİMİKROBİYAL KULLANIMI VE FARMAKOVİJİLANS HAKKINDA BİLGİ VE UYGULAMALAR: ÇİFTÇİLER VE VETERİNER HEKİMLER ARASINDA KESİTSEL BİR ARAŞTIRMA

Dr. Öğr.Üyesi Pınar PORTAKAL[1]/ Ahmet Emin BAYRAM[2]

[1] Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Çankırı, Türkiye, pinarportakal@karatekin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5994-5872

[2] Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Çankırı, Türkiye, ahmetemin18181818@gmail.com ORCID: 0000-0002-1509-851X

Özet

Antimikrobiyal direnç (AMR), hem insan hem de hayvan sağlığı için küresel ölçekte büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu durum, antibiyotik etkinliğini korumak için rasyonel antibiyotik kullanımı ile etkili izleme ve raporlama sistemlerine (farmakovijilans dahil) duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. İnsan ve veteriner hekimliğinde benzer antibiyotik sınıflarının yaygın kullanımı, dirençli bakterilerin bulaşma riskini yükseltmekte ve Tek Sağlık yaklaşımının önemini vurgulamaktadır. Bu kesitsel anket çalışmasına hayvancılık işletmelerindeki antibiyotik kullanım uygulamalarını değerlendirmek amacıyla 57 katılımcı (29 çiftçi, 28 veteriner hekim) dâhil edilmiştir. Veriler IBM SPSS Statistics sürüm 27.0 kullanılarak analiz edilmiştir. Çiftçiler arasında ilaç kalıntı arınma sürelerine uyum (%89,7) ve veteriner hekim önerilerine bağlılık (%93,1) bildirilmiştir. En sık karşılaşılan hastalıklar mastitis, pnömoni, metrit ve enterit olup, tanılar çoğunlukla klinik muayeneye dayanmaktadır. Bununla birlikte, antibiyogram kullanımı oldukça sınırlı kalmış; tanı kararlarının yalnızca %8,5'ini ve tedavi seçimlerinin %4,1'ini oluşturmuştur. Veteriner hekimlerin %46,4'ü ve çiftçilerin %27,6'sı antibiyotik kullanım kayıtlarını tutmadığını bildirirken, veteriner hekimlerin yalnızca %10,7'si farmakovijilans sistemlerini aktif olarak kullanmıştır. Ayrıca veteriner hekimlerin %60,7'si AMR veya farmakovijilans konusunda resmi eğitim almamıştır. Bu bulgular, AMR farkındalığı mevcut olmakla birlikte bunun rutin uygulamaya yeterince yansıtılmadığını göstermektedir. Antibiyogram rehberli tedavinin artırılması, standartlaştırılmış dijital kayıt sistemlerinin uygulanması ve farmakovijilans tabanlı izleme programlarının güçlendirilmesi, ulusal ve bölgesel AMR kontrol stratejilerini desteklemek için gerekli adımlardır.

Anahtar Kelimeler: Anket, Antibiyotik direnci, Antibiyotik yönetimi, Farmakovijilans, Hayvancılık

KNOWLEDGE AND PRACTICES ON RATIONAL ANTIMICROBIAL USE AND PHARMACOVIGILANCE IN LIVESTOCK FARMING: A CROSS-SECTIONAL SURVEY OF FARMERS AND VETERINARIANS

Asst. Prof. Pınar PORTAKAL[1]/ Ahmet Emin BAYRAM[2]

[1] Çankırı Karatekin University, Vocational School of Food and Agriculture, Çankırı, Türkiye, pinarportakal@karatekin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5994-5872)

[2] Çankırı Karatekin University, Vocational School of Food and Agriculture, Çankırı, Türkiye, ahmetemin18181818@gmail.com ORCID: 0000-0002-1509-851X

Abstract

Antimicrobial resistance (AMR) represents a major global threat to both human and animal health. It highlights the need for rational antibiotic use and monitoring and reporting systems (including pharmacovigilance) to preserve antibiotic efficacy. The widespread use of similar antibiotic classes in human and veterinary medicine increases the risk of resistant bacteria transmission, emphasizing the importance of the One Health approach. This cross-sectional survey included 57 participants (29 farmers and 28 veterinarians) to evaluate antibiotic use practices in livestock farms. Data were analyzed using IBM SPSS Statistics version 27.0. Farmers reported high compliance with withdrawal periods (89.7%) and adherence to veterinary recommendations (93.1%). The most frequently encountered diseases were mastitis, pneumonia, metritis, and enteritis, with diagnoses predominantly based on clinical examination. However, antibiogram use remained notably limited, accounting for only 8.5% of diagnostic decisions and 4.1% of treatment selections. Notably, 46.4% of veterinarians and 27.6% of farmers reported not maintaining records of antibiotic use, while only 10.7% of veterinarians actively utilized pharmacovigilance systems. Additionally, 60.7% of veterinarians had not received formal training on AMR or pharmacovigilance. These findings indicate that although AMR awareness exists, its translation into routine practice remains insufficient. Increasing the use of antibiogram-guided therapy, implementing standardized digital recording systems, and strengthening pharmacovigilance-based monitoring programs are essential steps to support national and regional AMR control strategies.

Keywords: Antibiotic resistance, Antibiotic stewardship, Pharmacovigilance, Livestock, Survey

GİRİŞ

Antimikrobiyal direnç (AMR), hem insan hem de veteriner hekimliği etkileyen ve küresel ölçekte giderek büyüyen önemli bir halk sağlığı sorunudur. Antibiyotiklerin uygunsuz ve aşırı kullanımı, direnç gelişimi ve yayılımının temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Murray ve ark., 2022; Van Boeckel ve ark., 2015). Hayvansal üretim sistemlerinde ve çevrede dirençli bakterilerin saptanması, insan, hayvan ve çevre sağlığını birlikte ele alan Tek Sağlık yaklaşımının önemini ortaya koymaktadır (Aslam ve ark., 2021; Kahn, 2017). Hayvancılıkta antibiyotikler bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, yetersiz antimikrobiyal yönetim tedavi başarısızlığına ve dirençli patojenlerin seçilmesine katkıda bulunabilmektedir (McEwen ve Collignon, 2018; Weese ve ark., 2015). Akılcı antibiyotik kullanımı veteriner antimikrobiyal yönetiminin temel unsurlarından biridir. Uygun olduğu durumlarda antibiyotik seçiminin kültür ve duyarlılık testleriyle desteklenmesi, gereksiz geniş spektrumlu antibiyotik kullanımının azaltılmasına katkı sağlayabilir (Allerton ve Russell, 2023; Lloyd ve Page, 2018). Bunun yanında veteriner farmakovijilans sistemleri, advers ilaç reaksiyonlarının ve ilaçla ilişkili sorunların izlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte, saha düzeyinde farmakovijilans uygulamaları ve bildirimleri birçok yerde sınırlı kalmaktadır (European Medicines Agency, 2019; World Health Organization, 2011).

Bu kesitsel çalışmada, Çankırı ilindeki 29 çiftçi ve 28 veteriner hekim olmak üzere toplam 57 katılımcının antibiyotik kullanım uygulamaları, AMR farkındalığı ve farmakovijilansla ilişkili davranışları değerlendirilmiştir. Çalışmada çiftçi ve veteriner hekimlerin mevcut uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi ve antibiyogram kullanımı, kayıt sistemleri ve farmakovijilans uygulamalarındaki temel eksikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1. YÖNTEM

1.1. Etik Onay ve Çalışma Alanı

Çalışma için Çankırı Karatekin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Etik Kurulundan etik onay alınmıştır (Toplantı No: 22; Karar Tarihi: 14.07.2025). Anket anonim olarak uygulanmış ve kişisel tanımlayıcı bilgiler kaydedilmemiştir. Çalışma, Türkiye'nin Çankırı ilindeki sığır yetiştiricileri ve veteriner hekimler arasında yürütülmüştür. Çankırı'da hayvancılık faaliyetleri ağırlıklı olarak et ve süt üretimine yönelik küçük ve orta ölçekli aile işletmelerinde gerçekleştirilmektedir.

1.2. Katılımcılar ve Örneklem

Çalışmaya toplam 57 katılımcı (29 çiftçi ve 28 veteriner hekim) dâhil edilmiştir. Çalışmanın keşifsel niteliği ve bölgedeki katılımcılara erişimin sınırlı olması nedeniyle kolayda örnekleme yöntemi kullanılmış; çalışma süresince ulaşılabilen ve gönüllü olan katılımcılar örnekleme dâhil edilmiştir. Çalışma öncesinde resmi bir örneklem büyüklüğü veya güç analizi yapılmamıştır. Bu yaklaşım seçim yanlılığına yol açabileceğinden ve bulguların genellenebilirliğini sınırlandırabileceğinden sonuçlar dikkatli yorumlanmalıdır.

1.3. Anket Tasarımı

Çalışmada kesitsel ve yapılandırılmış bir anket tasarımı kullanılmıştır. Anket, antibiyotik kullanımı ve farmakovijilans konusunda daha önce yayımlanmış çalışmalardan yararlanılarak hazırlanmış ve veri toplama öncesinde içerik geçerliliğinin değerlendirilmesi amacıyla veteriner farmakoloji uzmanları tarafından incelenmiştir. Soruların açıklığı, uygunluğu ve anlaşılabilirliğini değerlendirmek amacıyla küçük bir katılımcı grubuyla pilot çalışma yapılmış ve geri bildirimlere göre küçük düzenlemeler gerçekleştirilmiştir.

Çiftçiler ve veteriner hekimler için iki ayrı anket formu kullanılmıştır. Çiftçi anketinde demografik özellikler, işletme yapısı, hastalıkların görülme sıklığı, antibiyotik kullanım sıklığı, kalıntı arınma sürelerine ilişkin farkındalık ve kayıt tutma alışkanlıkları değerlendirilmiştir. Veteriner hekim anketinde ise mesleki deneyim, tanı

ve tedavi yaklaşımları, antibiyogram kullanımı dâhil antibiyotik seçim kriterleri ve farmakovijilans uygulamaları sorgulanmıştır. Anketler dijital bir platform aracılığıyla çevrim içi olarak uygulanmıştır.

1.4. İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS Statistics sürüm 27.0 kullanılarak analiz edilmiştir. Kategorik değişkenler sayı (n) ve yüzde (%), sürekli değişkenler ise ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur. Beklenen hücre sayılarının yeterli olduğu durumlarda Pearson ki-kare testi, beklenen hücre sayısının 5'in altında olduğu durumlarda Fisher Exact testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir. Çalışmanın nispeten küçük örneklem büyüklüğü ve keşifsel tasarımı nedeniyle ileri çok değişkenli analizler uygulanmamış, analizler tanımlayıcı ve iki değişkenli istatistiksel yöntemlerle sınırlandırılmıştır.

2. BULGULAR

2.1. Çiftçilerin Antibiyotik Kullanımına İlişkin Bilgi ve Uygulamaları

Çiftçilerin çoğu antibiyotikleri seyrek kullandığını (%58,6) bildirmiştir. Kalıntı arınma sürelerine ilişkin farkındalık yüksek olup katılımcıların %96,6'sı bu süreler hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Çiftçilerin %89,7'si kalıntı arınma sürelerine her zaman uyduğunu bildirmiştir. Katılımcıların %96,6'sı antibiyotik kullanımı konusunda veteriner hekimlerden düzenli bilgi aldığını, %93,1'i ise veteriner hekim önerilerine uyduğunu ifade etmiştir. Antibiyotik kullanımının kayıt altına alınmasında en sık kullanılan yöntem defter veya işletme kayıtları (%30,9) olmuştur. Çiftçilerin %27,6'sı antibiyotik kullanımını kaydetmediğini bildirirken, %24,1'i bu soruyu yanıtlamamıştır. Katılımcıların %93,1'i hangi hayvanların ne zaman antibiyotik aldığını takip ettiğini belirtmiştir. Veteriner hekimlerle en sık görüşülen konular tedavi süresi (%36,8) ve antibiyotik seçimi (%29,8) olarak belirlenmiştir.

2.2. Veteriner Hekimlerin Antibiyotik Kullanımı ve Farmakovijilans Uygulamaları

Veteriner hekimlerin bildirimlerine göre en sık karşılaşılan hastalık kategorileri ürogenital sistem hastalıkları (%36,2), solunum sistemi hastalıkları (%34,5) ve sindirim sistemi hastalıklarıdır (%20,7). Antibiyotik tedavisine ilişkin kararlarda en sık kullanılan tanı yöntemi klinik muayene (%59,6) olmuş; bunu görüntüleme yöntemleri (%19,1) ve laboratuvar testleri (%12,8) izlemiştir. Tanı kararlarında antibiyogram kullanımının oranı %8,5 olarak belirlenmiştir. Veteriner hekimlerin %92,9'u antibiyotik kullanımında bir protokol veya rehberi takip ettiğini bildirmiştir. Karar verme sürecinde en fazla klinik deneyim (%32,6) etkili olmuş; bunu literatür ve referans kaynakları (%19,6), meslektaş önerileri (%14,3), ulusal veteriner protokolleri (%11,8) ve uluslararası rehberler (%6,5) izlemiştir. Antibiyotik seçiminde en fazla hastalık türü (%28,9), uygulama kolaylığı (%19,6) ve hayvanın yaşı/klinik durumu (%18,6) etkili olmuştur. Firma veya marka %15,5, ilaç fiyatı ise %8,2 oranında bildirilmiştir. Antibiyogram sonuçlarının antibiyotik seçiminde belirleyici olduğunu bildirenlerin oranı %4,1'de kalmıştır. Antibiyogramların %42,9 oranında nadiren, %25,0 oranında yalnızca kritik vakalarda ve %14,3 oranında her vakada kullanıldığı bildirilirken, veteriner hekimlerin %17,9'u antibiyogramı hiç kullanmadığını belirtmiştir. Veteriner hekimlerin %92,9'u AMR konusunda endişe duyduğunu ve %78,6'sı dirençli enfeksiyonlarla karşılaştığını bildirmiştir.

Veteriner hekimlerin %46,4'ü antibiyotik kullanımına ilişkin kayıt tutmadığını belirtirken, %32,1'i kâğıt kayıt, %17,9'u dijital sistem ve %3,6'sı İTS kullandığını bildirmiştir. Farmakovijilans uygulamalarının sınırlı olduğu belirlenmiş; veteriner hekimlerin yalnızca %10,7'si farmakovijilans sistemlerini kullandığını belirtmiştir. AMR veya farmakovijilans konusunda eğitim veya seminere katılan veteriner hekimlerin oranı %39,3'tür. Veteriner hekimlerin %92,9'u çiftçileri uygun antibiyotik kullanımı konusunda bilgilendirdiğini bildirmiştir. Kalıntı arınma sürelerine her zaman dikkat ettiğini belirten veteriner hekimlerin oranı %78,6 iken, %14,3'ü bazen ve %7,1'i nadiren dikkat ettiğini ifade etmiştir. Veteriner hekimler tarafından en sık bildirilen antibiyotik grupları

penisilinler (%17,4), florokinolonlar (%15,1) ve amoksisilin/klavulanik asit (%10,5) olmuştur. Bunları florfenikol ve aminoglikozitler (%7,0), sefalosporinler ve makrolidler (%5,8) ile tetrasiklinler (%4,7) izlemiştir.

3. TARTIŞMA

Bu çalışma, Çankırı ilindeki çiftçi ve veteriner hekimlerin antibiyotik kullanımına ve farmakovijilansa ilişkin bilgi ve uygulamalarını birlikte değerlendirmektedir. Çiftçiler genel olarak veteriner hekim önerilerine ve kalıntı arınma sürelerine yüksek düzeyde uyum bildirmiştir. Buna karşılık, özellikle veteriner hekimlerde antibiyogram rehberli tedavi, farmakovijilans ve yapılandırılmış kayıt sistemlerinin uygulanmasının sınırlı kaldığı görülmüştür. Bulgular, AMR konusundaki farkındalık ile rutin kanıta dayalı antibiyotik kullanım uygulamaları arasında bir boşluk bulunduğuna işaret etmektedir. Bu durum, veteriner hekimlikte akılcı antimikrobiyal kullanımının yalnızca farkındalıkla değil, tanısal destek, kayıt sistemleri ve antimikrobiyal yönetim uygulamalarıyla birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir (De Briyne ve ark., 2013; Weese ve ark., 2015).

Çiftçilerin %96,6'sının kalıntı arınma süreleri konusunda bilgi sahibi olması ve %89,7'sinin bu sürelere her zaman uyduğunu bildirmesi olumlu bir bulgudur. Ayrıca çiftçilerin büyük çoğunluğu veteriner hekimlerden düzenli bilgi aldığını ve veteriner hekim önerilerine uyduğunu belirtmiştir. Bu bulgular, veteriner hekimlerin çiftlik düzeyinde akılcı antibiyotik kullanımının desteklenmesindeki önemli rolünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, kayıt tutma uygulamalarındaki eksiklikler dikkat çekmektedir. Çiftçilerin %27,6'sının antibiyotik kullanım kaydı tutmadığını bildirmesi ve %24,1'inin bu soruyu yanıtlamaması, antibiyotik kullanımının izlenebilirliği açısından önemli bir sınırlılığa işaret etmektedir. Düzenli kayıt tutulması, çiftlik düzeyindeki antimikrobiyal kullanım örüntülerinin izlenmesi ve gerektiğinde müdahale edilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Veteriner hekimlerde klinik muayenenin antibiyotik tedavisine ilişkin kararlarda temel tanı yöntemi olması ve antibiyogram kullanımının sınırlı kalması çalışmanın dikkat çekici bulgularındandır. Antibiyogramın tanı kararlarındaki payının %8,5 ve antibiyotik seçimindeki belirleyiciliğinin %4,1 olması, duyarlılık testlerinin rutin saha uygulamalarında yeterince kullanılmadığını göstermektedir. Veteriner hekimlerin %92,9'unun AMR konusunda endişe duyduğunu ve %78,6'sının dirençli enfeksiyonlarla karşılaştığını bildirmesine rağmen antibiyogram kullanımının düşük kalması, farkındalık ile uygulama arasındaki farklılığı desteklemektedir. Kültür ve antimikrobiyal duyarlılık testlerinin uygun vakalarda kullanılması, gereksiz geniş spektrumlu antibiyotik kullanımının sınırlandırılması ve tedavi kararlarının daha fazla kanıta dayandırılması açısından önemlidir (Allerton ve Russell, 2023; Lloyd ve Page, 2018).

Farmakovijilans uygulamalarında da benzer bir durum görülmüştür. Veteriner hekimlerin büyük bir bölümü farmakovijilans faaliyetlerine katılmadığını bildirmiş ve yarısından azı AMR/farmakovijilans konusunda eğitim veya seminere katılmıştır. Bu sonuçlar, farmakovijilans konusunda farkındalığın uygulamaya aktarılmasında eğitim ve bildirim mekanizmalarının güçlendirilmesine ihtiyaç bulunduğunu düşündürmektedir. Farmakovijilans sistemleri yalnızca advers ilaç reaksiyonlarının belirlenmesi açısından değil, ilaçların güvenli kullanımının izlenmesi ve saha uygulamalarında ortaya çıkan sorunların belirlenmesi açısından da önem taşımaktadır (European Medicines Agency, 2019; World Health Organization, 2011). Veteriner hekimler tarafından en sık bildirilen antibiyotik grupları arasında penisilinler, florokinolonlar ve amoksisilin/klavulanik asit bulunmaktadır. Özellikle florokinolonlar gibi insan hekimliği açısından kritik öneme sahip antimikrobiyallerin veteriner hekimlikte akılcı kullanılması önem taşımaktadır. Bu nedenle antibiyotik seçiminde klinik gerekliliğin değerlendirilmesi, mümkün olduğunda duyarlılık testlerinden yararlanılması ve uygun tedavi rehberlerinin dikkate alınması antimikrobiyal yönetimin güçlendirilmesine katkı sağlayabilir (World Health Organization, 2019). Genel olarak değerlendirildiğinde, çiftçilerde kalıntı arınma sürelerine ilişkin yüksek farkındalık ve veteriner hekim önerilerine uyum olumlu görünmekle birlikte, kayıt sistemleri, antibiyogram kullanımı ve farmakovijilans uygulamalarında geliştirilmesi gereken alanlar bulunmaktadır. Bulgular, akılcı antimikrobiyal kullanımının yalnızca bilgi düzeyinin artırılmasıyla sınırlı tutulmaması; tanısal uygulamalar, kayıt sistemleri ve farmakovijilans mekanizmalarıyla desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Çalışmanın tek bir ilde, sınırlı

örneklem büyüklüğüyle yürütülmesi ve verilerin öz-bildirime dayanması, bulguların genellenebilirliği açısından dikkate alınmalıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, hayvancılıkta akılcı antimikrobiyal kullanımına ilişkin çiftçi ve veteriner hekimlerin bilgi ve uygulamaları değerlendirilmiştir. Çiftçiler genel olarak kalıntı arınma süreleri konusunda yüksek farkındalık ve iyi düzeyde uyum bildirmiştir. Buna karşılık, veteriner hekimlik uygulamalarında özellikle antibiyogram rehberli tedavinin rutin kullanımı ve farmakovijilans bildirimleri açısından geliştirilmesi gereken alanlar belirlenmiştir. Bulgular, yalnızca farkındalığın antimikrobiyal yönetim ilkelerinin sahada tutarlı biçimde uygulanmasını sağlamak için yeterli olmayabileceğini göstermektedir. Pratik antimikrobiyal yönetim stratejilerinin güçlendirilmesi, duyarlılık testlerine dayalı tedavinin teşvik edilmesi ve farmakovijilans uygulamalarının geliştirilmesi, hayvancılıkta daha sorumlu antimikrobiyal kullanımına katkı sağlayabilir.

FİNANSAL DESTEK

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Allerton, F., & Russell, J. (2023). Antimicrobial stewardship in veterinary medicine: A review of online resources. *JAC-Antimicrobial Resistance, 5*(3), Article dlad058. doi:10.1093/jacamr/dlad058

Aslam, B., Khurshid, M., Arshad, M. I., Muzammil, S., Rasool, M., Yasmeen, N., Shah, T., Chaudhry, T. H., Rasool, M. H., Shahid, A., Xueshan, X., & Baloch, Z. (2021). Antibiotic resistance: One Health One World outlook. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 11*, Article 771510. doi:10.3389/fcimb.2021.771510

De Briyne, N., Atkinson, J., Pokludová, L., Borriello, S. P., & Price, S. (2013). Factors influencing antibiotic prescribing habits and use of sensitivity testing amongst veterinarians in Europe. *Veterinary Record, 173*(19), 475. doi:10.1136/vr.101454

European Medicines Agency. (2019). *Veterinary pharmacovigilance 2018: Annual bulletin*.

Kahn, L. H. (2017). Antimicrobial resistance: A One Health perspective. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 111*(6), 255–260. doi:10.1093/trstmh/trx050

Lloyd, D. H., & Page, S. W. (2018). Antimicrobial stewardship in veterinary medicine. In S. Schwarz, L. M. Cavaco, & J. Shen (Eds.), *Antimicrobial resistance in bacteria from livestock and companion animals* (pp. 675–697). ASM Press. doi:10.1128/microbiolspec.ARBA-0023-2017

McEwen, S. A., & Collignon, P. J. (2018). Antimicrobial resistance: A One Health perspective. In S. Schwarz, L. M. Cavaco, & J. Shen (Eds.), *Antimicrobial resistance in bacteria from livestock and companion animals* (pp. 521–547). ASM Press. doi:10.1128/microbiolspec.ARBA-0009-2017

Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., et al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet, 399*(10325), 629–655. doi:10.1016/S0140-6736(21)02724-0

Van Boeckel, T. P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B. T., Levin, S. A., Robinson, T. P., Teillant, A., & Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(18), 5649–5654. doi:10.1073/pnas.1503141112

Weese, J. S., Giguère, S., Guardabassi, L., Morley, P. S., Papich, M., Ricciuto, D. R., & Sykes, J. E. (2015). ACVIM consensus statement on therapeutic antimicrobial use in animals and antimicrobial resistance. *Journal of Veterinary Internal Medicine, 29*(2), 487–498. doi:10.1111/jvim.12562

World Health Organization. (2011). *Tackling antibiotic resistance from a food safety perspective in Europe*. World Health Organization.

World Health Organization. (2019). *Critically important antimicrobials for human medicine* (6th rev.). World Health Organization.

SU ORTAMINDAKİ ÇEVRESEL KİRLETİCİLERİN SEÇİCİ GİDERİMİNDE MOLEKÜLER BASKILANMIŞ POLİMERLER

Prof. Dr. Rukiye AYRANCI 1, Prof. Dr. Metin AK2

1Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, rukiye.ayranci@dpu.edu.tr, 0000-0001-8444-2743

2Pamukkale Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, metinak@pau.edu.tr, 0000-0002-0000-4613

Özet

Su kaynaklarında bulunan farmasötik kalıntılar, endokrin bozucu bileşikler ve kalıcı organik kirleticiler, geleneksel su arıtma süreçleriyle tamamen giderilemeyebilmeleri nedeniyle önemli çevresel sorunlar oluşturmaktadır. Moleküler baskılanmış polimerler (MBP), hedef molekülün varlığında oluşturulan seçici bağlanma bölgeleri sayesinde bu kirleticilerin su ortamından uzaklaştırılması için geliştirilen işlevsel adsorbanlar arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, çevresel kirleticilerin seçici gideriminde MBP kullanımına ilişkin üç özgün araştırma karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar; farmasötik bir kirletici olan karbamazepinin giderimi, endokrin bozucu bisfenol A'nın uzaklaştırılması ve perflorooktansülfonatın (PFOS) seçici adsorpsiyonunu kapsamaktadır. Karbamazepin için hazırlanan MBP'de 28,40 mg/g adsorpsiyon kapasitesi ve 2,72 baskılama faktörü bildirilmiştir. Bisfenol A için geliştirilen MIL-100(Fe) destekli yüzey MBP'si 15,45 mg/g maksimum adsorpsiyon kapasitesine ulaşmış ve denge kapasitesinin yaklaşık %95'ine 10 dakika içinde erişmiştir. PFOS için hazırlanan ve biyokömür üzerine sabitlenen MBP kompoziti ise benzer perfloroalkil asitler karşısında seçici bağlanma davranışı göstermiştir. Bulgular, MBP sistemlerinin yalnızca adsorpsiyon kapasitesi üzerinden değerlendirilmesinin yeterli olmadığını; seçicilik, adsorpsiyon kinetiği, gerçek örneklerde performans ve yeniden kullanılabilirliğin birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak MBP'ler, çevresel kirleticilerin seçici giderimi açısından umut verici malzemeler olmakla birlikte gerçek su matrislerinde doğrulama ve uzun dönemli kullanım performansı bakımından daha fazla araştırmaya ihtiyaç duymaktadır.

Anahtar Kelimeler: moleküler baskılanmış polimer, çevresel kirleticiler, seçici adsorpsiyon, karbamazepin, bisfenol A, PFOS.

MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR THE SELECTIVE REMOVAL OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS IN AQUATIC ENVIRONMENTS

Prof. Dr. Rukiye AYRANCI1, Prof. Dr. Metin AK2

1Kütahya Dumlupınar University, Simav Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, rukiye.ayranci@dpu.edu.tr, 0000-0001-8444-27432

2Pamukkale University, Faculty of Science, Department of Chemistry, metinak@pau.edu.tr, 0000-0002-0000-4613

Abstract

Pharmaceutical residues, endocrine-disrupting compounds, and persistent organic pollutants present in water resources pose significant environmental challenges, as they may not be completely removed by conventional water treatment processes. Molecularly imprinted polymers (MIPs)—functional adsorbents developed for the removal of such pollutants from aqueous environments—utilize selective binding sites created in the presence of a target molecule. This study provides a comparative evaluation of three original research works concerning the use of MIPs for the selective removal of environmental pollutants. The studies examined cover the removal of carbamazepine (a pharmaceutical pollutant), bisphenol A (an endocrine-disrupting compound), and the selective adsorption of perfluorooctanesulfonate (PFOS). For the MIP prepared for carbamazepine, an adsorption capacity of 28.40 mg/g and an imprinting factor of 2.72 were reported. The MIL-100(Fe)-supported surface-imprinted polymer developed for bisphenol A achieved a maximum adsorption capacity of 15.45 mg/g, reaching approximately 95% of its equilibrium capacity within 10 minutes. Meanwhile, an MIP composite prepared for PFOS and immobilized on biochar demonstrated selective binding behavior in the presence of similar perfluoroalkyl acids. The findings indicate that evaluating MIP systems solely based on adsorption capacity is insufficient; factors such as selectivity, adsorption kinetics, performance in real-world samples, and reusability must also be considered. In conclusion, while molecularly imprinted polymers (MIPs) are promising materials for the selective removal of environmental pollutants, they require further research regarding their validation in real water matrices and their performance during long-term use.

Keywords: molecularly imprinted polymers, environmental pollutants, selective adsorption, carbamazepine, bisphenol A, PFOS.

GİRİŞ

Su kaynaklarının farmasötik kalıntılar, endokrin bozucu bileşikler ve kalıcı organik kirleticilerle kirlenmesi, çevre kimyası ve su arıtma teknolojileri açısından önemli bir araştırma alanıdır. Bu bileşiklerin düşük konsantrasyonlarda bulunmaları, kimyasal kararlılıkları ve su ortamında farklı maddelerle birlikte yer almaları, giderim süreçlerini güçleştirebilmektedir. Aktif karbon gibi geleneksel adsorbanlar çeşitli organik kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılmakla birlikte, hedef dışı bileşiklerin birlikte adsorplanması ve karmaşık su matrislerinin adsorpsiyon davranışını değiştirmesi seçici giderim bakımından sınırlılıklar oluşturabilmektedir.

Moleküler baskılanmış polimerler (MBP), belirli bir hedef molekülün varlığında fonksiyonel monomerlerin düzenlenmesi ve polimer ağının oluşturulması esasına dayanır. Polimerizasyon sonrasında şablon molekülün uzaklaştırılmasıyla, hedef bileşiğin boyutuna, şekline ve kimyasal etkileşimlerine uygun bağlanma bölgeleri meydana gelir. Bu bölgeler, hedef molekülün benzer yapıdaki diğer bileşiklerden ayrılmasına katkı sağlayabilir. MBP'lerin seçici tanıma özellikleri, çevresel kirleticilerin yalnızca tayin edilmesi değil, aynı zamanda su ortamından seçici biçimde uzaklaştırılması açısından da önemlidir.

MBP'lerin çevresel uygulamalardaki performansı, hedef kirletici ile fonksiyonel monomer arasındaki etkileşimlerin yanı sıra polimerin gözenek yapısı, yüzey özellikleri ve kütle aktarım koşullarına bağlıdır. Karbamazepin için yapılan bir çalışmada moleküler simülasyonla fonksiyonel monomer seçiminin yönlendirilmesi, adsorpsiyon kapasitesinin ve baskılama faktörünün artırılmasına yönelik bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir (He ve ark., 2020). Bisfenol A için geliştirilen yüzey baskılı kompozitlerde ise hızlı adsorpsiyon ve yeniden kullanım özellikleri öne çıkmaktadır (Liu ve ark., 2024). PFOS üzerine yapılan araştırmada MBP'nin biyokömür üzerine sabitlenmesi, seçici tanıma özelliklerinin uygulamaya daha elverişli bir destek malzemesiyle birleştirilmesini amaçlamıştır (Steigerwald ve ark., 2023).

Bu çalışmalar, MBP performansının yalnızca hedef molekülün tutulmasıyla sınırlı olmadığını; seçicilik, adsorpsiyon hızı, kompozit tasarımı ve yeniden kullanım gibi parametrelerin de değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, su ortamındaki farklı çevresel kirleticilerin giderimi için geliştirilen MBP sistemlerine ait üç özgün araştırmayı karşılaştırmalı olarak incelemek ve bu malzemelerin performansını belirleyen temel faktörleri ortaya koymaktır. Bu kapsamda karbamazepin, bisfenol A ve PFOS örnekleri üzerinden adsorpsiyon kapasitesi, baskılama veya seçicilik göstergeleri, adsorpsiyon kinetiği ve yeniden kullanılabilirlik değerlendirilmiştir.

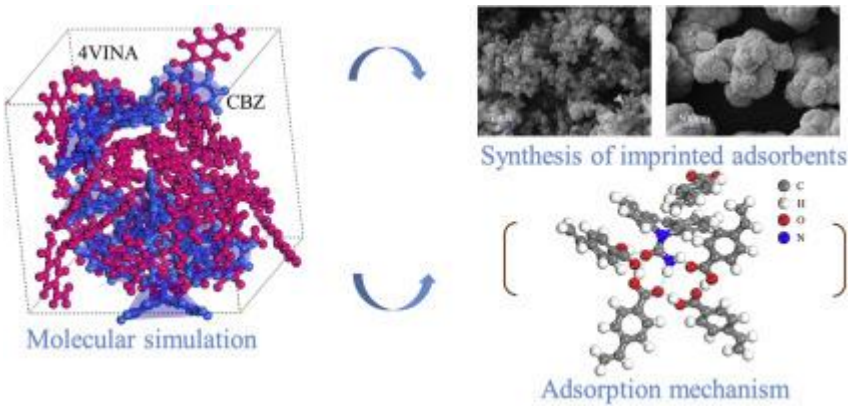
3. BULGULAR

3.1. Karbamazepinin moleküler baskılanmış adsorbanlarla giderimi

He ve arkadaşları (2020), su ortamında bulunabilen farmasötik bir kalıntı olan karbamazepinin moleküler baskılanmış adsorbanlarla giderimini incelemiştir. Çalışmada, hedef molekül ile farklı fonksiyonel monomerler arasındaki etkileşimler moleküler simülasyon yoluyla değerlendirilmiş ve uygun monomer seçimi deneysel çalışmalarla ilişkilendirilmiştir. Araştırmada on farklı fonksiyonel monomerin karbamazepinle etkileşimi incelenmiş; 4-vinilbenzoik asit, itakonik asit ve metakrilik asit sıralaması hesaplanan bağlanma ilgisi bakımından öne çıkmıştır. 4-vinilbenzoik asit kullanılarak hazırlanan MBP'nin adsorpsiyon kapasitesi 28,40 mg/g, baskılama faktörü ise 2,72 olarak raporlanmıştır (He ve ark., 2020).

Bu sonuçlar, fonksiyonel monomer seçiminin MBP performansında belirleyici olabileceğini göstermektedir. Hedef molekül ile monomer arasında oluşan hidrojen bağları, elektrostatik etkileşimler ve π–π etkileşimleri, seçici bağlanma davranışına katkıda bulunabilmektedir. Moleküler simülasyonun deneysel adsorpsiyon sonuçlarıyla birlikte kullanılması, farklı monomerlerin sistematik biçimde değerlendirilmesine ve deneysel optimizasyon

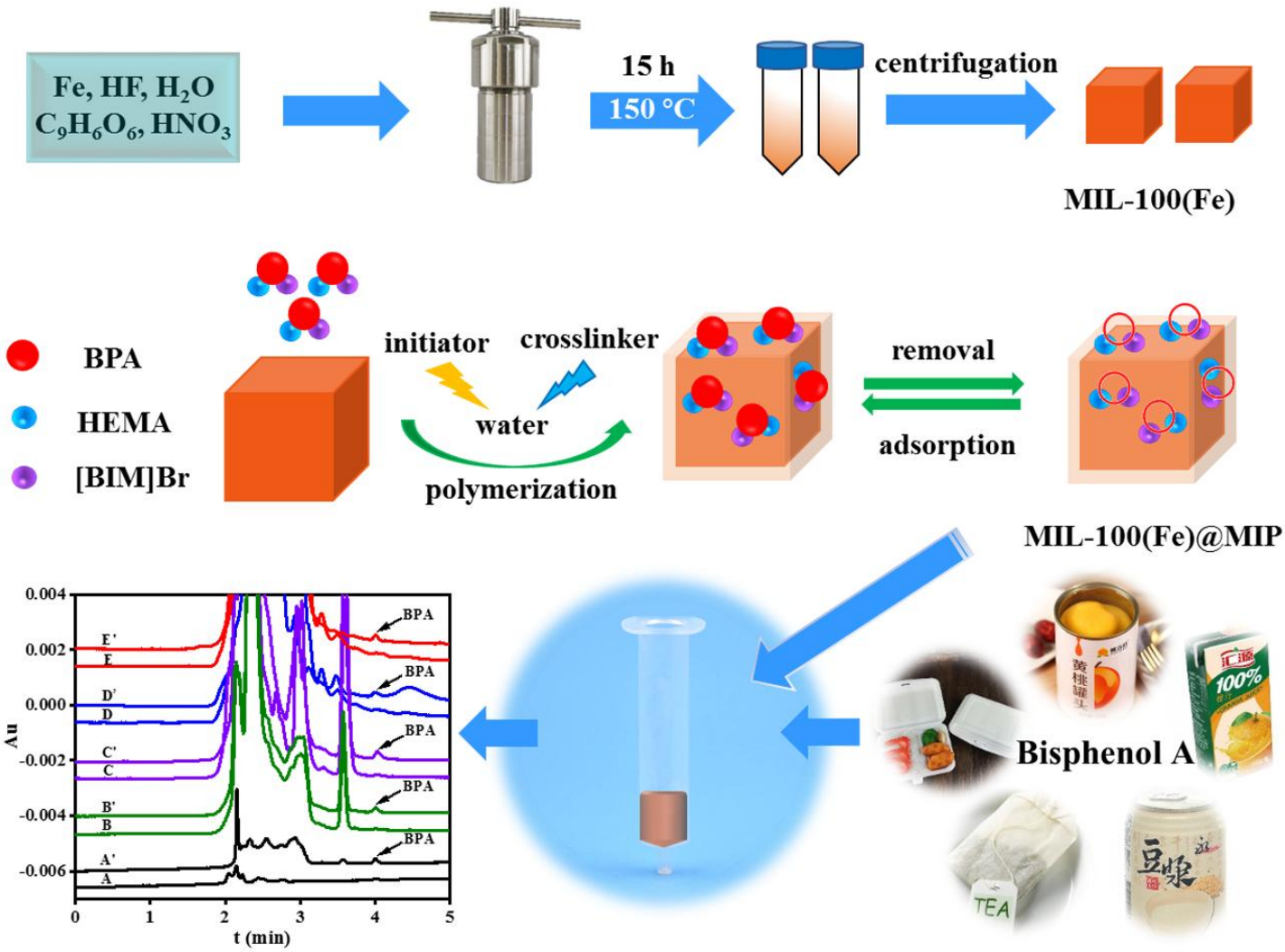
sürecinin yönlendirilmesine olanak sağlayabilir. Bununla birlikte 28,40 mg/g değeri tek başına adsorbanın çevresel uygulamalarda üstün olduğunu göstermemektedir. Kapasite değerinin yorumlanabilmesi için başlangıç kirletici konsantrasyonu, pH, sıcaklık, temas süresi ve adsorban dozu gibi deney koşullarının da dikkate alınması gerekir. Ayrıca baskılama faktörünün 2,72 olması, seçici bağlanma avantajına işaret etmekle birlikte bu avantajın gerçek su matrislerinde korunup korunmadığı ayrıca değerlendirilmelidir. Çalışma ile ilgili grafiksel özet Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1: Farmasötik bir kalıntı olan karbamazepinin moleküler baskılanmış adsorbanlarla giderimini gösteren grafiksel özet (He ve ark., 2020).

3.2. Bisfenol A'nın yüzey moleküler baskılanmış kompozitle giderimi

Liu ve arkadaşları (2024), endokrin bozucu özellik gösteren bisfenol A'nın uzaklaştırılması için MIL-100(Fe) destekli yüzey moleküler baskılanmış bir kompozit geliştirmiştir (Şekil 2). Malzeme, su bazlı ve çevresel açıdan daha uygun bir sentez yaklaşımıyla hazırlanmış ve katı faz adsorbanı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada MIL-100(Fe)@MIP kompozitinin maksimum bisfenol A adsorpsiyon kapasitesi 15,45 mg/g olarak belirlenmiştir. Adsorpsiyon dengesi kapasitesinin yaklaşık %95'ine 10 dakika içinde ulaşılması, sistemin hızlı adsorpsiyon davranışını ortaya koymaktadır. Ayrıca kompozit; tek kullanımlık gıda kapları, konserve şeftali, portakal suyu, soya sütü ve çay poşetleri gibi beş farklı gerçek örnekte incelenmiş ve geri kazanım değerleri %80,67–100,58 aralığında raporlanmıştır. Malzemenin 20 kullanım döngüsüne kadar yeniden kullanılabilirliği de değerlendirilmiştir (Liu ve ark., 2024). Yüzey baskılama yaklaşımı, hedef molekülün polimerin erişilebilir bölgelerinde tutulmasını sağlayarak kütle aktarımı açısından avantaj oluşturabilir. Bu durum, adsorpsiyon dengesine kısa sürede ulaşılmasıyla ilişkili olabilir. Bisfenol A çalışmasının önemli bir yönü, adsorbanın yalnızca sentetik çözeltilerdeki performansının değil, karmaşık gerçek örneklerdeki geri kazanım ve yeniden kullanım özelliklerinin de incelenmesidir. Bununla birlikte kullanılan örnekler çevresel su örneklerinden ziyade gıda ile ilişkili matrislerdir. Dolayısıyla bu sonuçlar, kompozitin gerçek su ortamlarında doğrudan doğrulandığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Çevresel su örneklerine yönelik uygulama potansiyelinin ayrıca araştırılması gerekir.

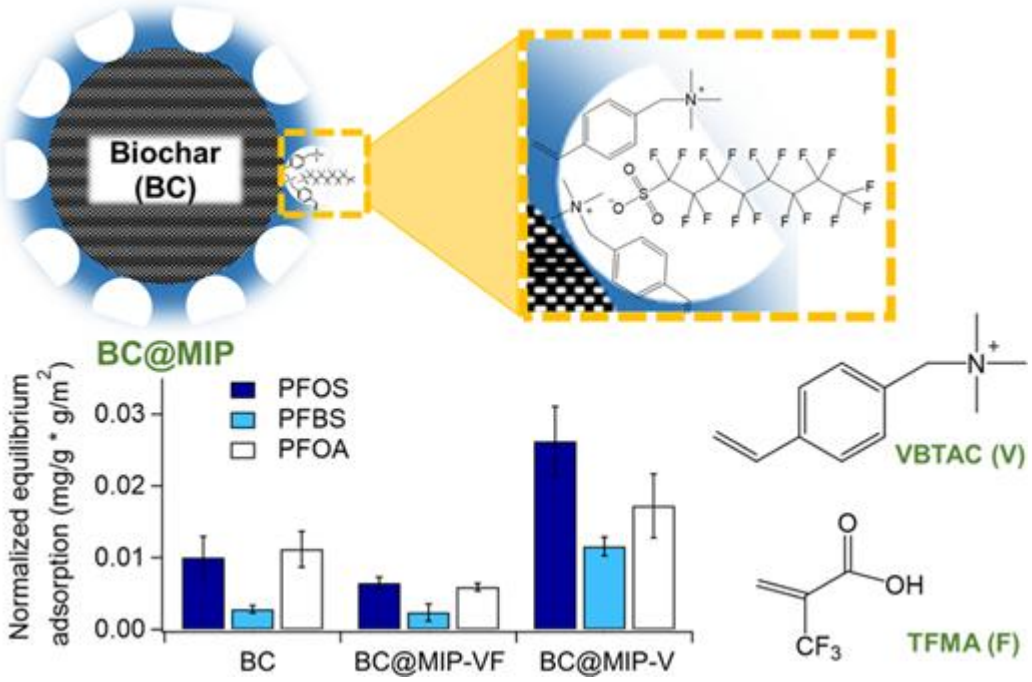


Şekil 2: Bisfenol A'nın uzaklaştırılması için MIL-100(Fe) destekli yüzey moleküler baskılanmış bir kompozitin geliştirilmesi (Liu ve ark., 2024).

3.3. PFOS'un biyokömür destekli moleküler baskılanmış polimerlerle seçici giderimi

Steigerwald ve arkadaşları (2023), perflorooktansülfonatın (PFOS) seçici giderimi için moleküler baskılanmış polimeri kullanılmış kahve telvesinden elde edilen biyokömür üzerine sabitlemiştir. Bu yaklaşımın temel amacı, MBP'nin seçici moleküler tanıma özelliklerini gözenekli ve daha kolay uygulanabilir bir destek malzemesiyle birleştirmektir. Çalışmada PFOS şablon molekül olarak kullanılmış ve farklı fonksiyonel monomerlerle hazırlanan baskılı yapılar değerlendirilmiştir. Melaminle modifiye edilmiş biyokömüre sabitlenen ve vinilbenzil trimetilamonyum klorür temelli fonksiyonel monomer içeren sistem, perflorobütansülfonik asit ve perflorooktanoik aside karşı sırasıyla 4,52 ve 3,76 seçicilik katsayıları göstermiştir (Steigerwald ve ark., 2023). Bu sonuçlar, moleküler baskılama yaklaşımının benzer kimyasal sınıfa ait kirleticiler arasında ayırt edici davranış oluşturabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte çalışma, seçiciliğin her zaman toplam adsorpsiyon kapasitesinde büyük bir artışla sonuçlanmayabileceğini de ortaya koymaktadır. Yüksek seçicilik gösteren kompozitin ultrapür su ortamındaki perfloroalkil asit adsorpsiyonu, baskılanmamış biyokömürle karşılaştırılabilir

düzeyde bulunmuştur. Sentetik atık su ortamında adsorpsiyon davranışının değişmesi ise su matrisinin ve polimerin şişme davranışının önemini göstermektedir. Bu bulgu, MBP değerlendirmesinde kritik bir ayrımı ortaya koymaktadır: Hedef molekülü diğer bileşiklerden daha seçici biçimde tanımak ile toplam kirletici giderim miktarını artırmak aynı performans ölçütü değildir. Bir malzeme yüksek seçicilik gösterebilir ancak toplam adsorpsiyon miktarı bakımından baskılanmamış bir adsorbanı belirgin biçimde aşmayabilir. Çalışma ile ilgili grafiksel özet Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3: Perflorooktansülfonatın (PFOS) seçici giderimi için kullanılmış kahve telvesinden elde edilen moleküler baskılanmış polimer örneğinin grafiksel özeti (Steigerwald ve ark., 2023).

Burada değerlendirmesi yapılan 3 çalışma incelendiğinde, MBP tasarımında üç temel yaklaşımın öne çıktığını göstermektedir. İlk olarak, hedef molekül ile fonksiyonel monomer arasındaki etkileşimlerin uygun seçilmesi adsorpsiyon performansını etkileyebilmektedir. İkinci olarak, yüzey baskılama ve gözenekli destek malzemelerinin kullanılması, bağlanma bölgelerinin erişilebilirliğini ve malzemenin uygulanabilirliğini geliştirebilir. Üçüncü olarak, seçicilik ile toplam adsorpsiyon kapasitesi farklı ölçütlerdir ve malzeme tasarımında birlikte değerlendirilmelidir.

Tablo 1. Çevresel kirleticilerin gideriminde moleküler baskılanmış polimerlerle gerçekleştirilen üç araştırmanın karşılaştırılması

Değerlendirme ölçütü	Karbamazepin (He ve ark., 2020)	Bisfenol A (Liu ve ark., 2024)	PFOS (Steigerwald ve ark., 2023)
Hedef kirletici	Farmasötik kalıntı	Endokrin bozucu bileşik	Kalıcı perflorlanmış kirletici
Malzeme yaklaşımı	Fonksiyonel monomer seçimiyle geliştirilen MBP	MIL-100(Fe) destekli yüzey MBP'si	Biyokömüre sabitlenmiş PFOS baskılı polimer
Bildirilen temel nicel sonuç	28,40 mg/g kapasite; 2,72 baskılama faktörü	15,45 mg/g kapasite; 10 dakikada yaklaşık %95 denge kapasitesi	Seçicilik katsayıları: PFBS için 4,52; PFOA için 3,76
Öne çıkan özellik	Moleküler simülasyonla monomer seçimi	Hızlı adsorpsiyon ve 20 döngüye kadar yeniden kullanım değerlendirmesi	Benzer perfloroalkil asitler arasında seçicilik

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada karbamazepin, bisfenol A ve PFOS'un giderimi için geliştirilen üç moleküler baskılanmış polimer sistemi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, MBP'lerin farklı kimyasal sınıflardaki çevresel kirleticilerin seçici tutulması için uyarlanabilir malzemeler olduğunu göstermektedir. Karbamazepin çalışması, moleküler simülasyonla yönlendirilen fonksiyonel monomer seçiminin adsorpsiyon kapasitesi ve baskılama performansıyla ilişkisini ortaya koymaktadır. Bisfenol A çalışması, yüzey baskılama ve destek malzemesi kullanımının hızlı adsorpsiyon ve yeniden kullanılabilirlik açısından önemini göstermektedir. PFOS çalışması ise MBP'nin biyokömür üzerine sabitlenmesiyle benzer kirleticiler arasında seçicilik sağlanabileceğini, ancak seçiciliğin toplam adsorpsiyon kapasitesinde mutlaka belirgin bir artış anlamına gelmediğini ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar doğrultusunda, MBP'lerin çevresel uygulamalarda değerlendirilmesinde adsorpsiyon kapasitesi, baskılama faktörü, seçicilik, adsorpsiyon kinetiği, gerçek örnek performansı ve yeniden kullanılabilirlik birlikte ele alınmalıdır. Gelecek araştırmalarda farklı su matrislerinin etkisinin incelenmesi, baskılanmış ve baskılanmamış polimerlerin aynı deney koşullarında karşılaştırılması ve uzun dönemli rejenerasyon çalışmalarının yapılması önem taşımaktadır. Sonuç olarak moleküler baskılanmış polimerler, çevresel kirleticilerin seçici gideriminde umut verici bir malzeme yaklaşımıdır. Ancak bu potansiyelin sürdürülebilir su arıtma uygulamalarına dönüştürülebilmesi, seçicilik avantajının gerçek su koşullarında doğrulanmasına ve adsorbanların uzun süreli kullanım performansının ortaya konmasına bağlıdır.

KAYNAKLAR

He, Q., Liang, J.-J., Chen, L.-X., Chen, S.-L., Zheng, H.-L., Liu, H.-X., & Zhang, H.-J. (2020). Removal of the environmental pollutant carbamazepine using molecular imprinted adsorbents: Molecular simulation, adsorption properties, and mechanisms. Water Research, 168, Article 115164. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115164

Liu, Y., Li, W., Liu, L., Chen, R., Wang, L., Li, B., Duan, R., & Zhu, G. (2024). Highly effective and fast removal of bisphenol A from environmental samples using an eco-friendly surface molecularly imprinted polymer based on MIL-100(Fe). New Journal of Chemistry, 48, 13058–13066. https://doi.org/10.1039/D4NJ01848F

Steigerwald, J. M., Peng, S., & Ray, J. R. (2023). Novel perfluorooctanesulfonate-imprinted polymer immobilized on spent coffee grounds biochar for selective removal of perfluoroalkyl acids in synthetic wastewater. ACS ES&T Engineering, 3(4), 520–532. https://doi.org/10.1021/acsestengg.2c00336

GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA BULANIK KÜME NİTEL KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ (FSQCA): BİBLİYOMETRİK BİR GÖRÜNÜM

Arş. Gör. İbrahim YILMAZ[1] / Arş. Gör. Yunus Emre SAĞIR[2]

[1]Karabük Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, ibrahimyilmaz@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3498-1439

[2]Karabük Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, yunussagir@karabuk.edu.tr, ORCID: 0009-0009-2791-2660

Özet

Çalışmanın amacı, gastronomi ve ilişkili yiyecek-içecek çalışmalarında bulanık küme nitel karşılaştırmalı analiz (fsQCA) yöntemi ile yapılan yayınların bilimsel gelişimini, yayın örüntülerini ve öne çıkan araştırma konularını bibliyometrik analizle ortaya koymaktır. Veriler, 25 Ekim 2026 tarihinde Web of Science Core Collection veri tabanının Topic alanında, fsQCA yönteminin farklı adlandırmaları ile gastronomi, restoran, mutfak, yiyecek-içecek hizmetleri ve yemek deneyimlerine ilişkin terimler taranarak elde edilmiştir. Yayın yılı sınırlaması yapılmamış olup SSCI, ESCI ve SCI-EXPANDED indekslerinde taranan İngilizce makaleler sıralanmış ve toplamda 55 adet makale tespit edilmiştir. Oluşan veri seti R programında bibliometrix paketinin Biblioshiny arayüzüyle analiz edilmiştir. Analizlerde yayın üretimi, kaynaklar, sorumlu yazar ülkeleri, ortak yazarlık, terim sıklıkları ve ortak atıf ağı incelenmiştir. Bulgular, yayınların 38 farklı kaynakta yayımlandığını ve 183 yazarın katkısını içerdiğini göstermektedir. Makale başına ortalama yazar sayısı 3,53, uluslararası ortak yazarlık oranı %43,64 ve makale başına ortalama atıf sayısı 14,64'tür. Sorumlu yazarın ülkesine göre Çin 15, İspanya 7 ve Amerika Birleşik Devletleri 5 makaleyle öne çıkmaktadır. International Journal of Hospitality Management, altı makaleyle en fazla yayının yer aldığı dergidir. Terim sıklıkları; niyet, müşteri memnuniyeti, deneyim, algılar, sadakat ve kalite konularının belirgin olduğunu göstermektedir. Ortak atıf ağında Pappas ve Woodside (2021), Fiss (2011) ve Fornell ve Larcker (1981) kayıtları yüksek değerleriyle öne çıkmaktadır. Bulgular, bu literatürde tüketici değerlendirmeleri ve davranışlarına ilişkin konuların ağırlık taşıdığına işaret etmektedir. Çalışma, alanın bibliyometrik görünümünü sunmakta; daha az sıklıkta görülen sürdürülebilirlik ve gıda israfı konularının gelecekteki araştırmalarda daha ayrıntılı incelenmesini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gastronomi, fsQCA, Bibliyometrik analiz, Biblioshiny, Yiyecek-içecek araştırmaları

A BIBLIOMETRIC OVERVIEW OF FUZZY-SET QUALITATIVE COMPARATIVE ANALYSIS (FSQCA) IN GASTRONOMY RESEARCH

Res. Asst. İbrahim YILMAZ[1] / Res. Asst. Yunus Emre SAĞIR[2]

[1]Karabük University, Department of Gastronomy and Culinary Arts, ibrahimyilmaz@karabuk.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3498-1439

[2]Karabük University, Department of Gastronomy and Culinary Arts, yunussagir@karabuk.edu.tr, ORCID: 0009-0009-2791-2660

Abstract

The aim of this study is to reveal the scientific development, publication patterns, and prominent research topics of publications using fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA) in gastronomy and related food and beverage studies through bibliometric analysis. The data were obtained on 25 October 2026 by searching the Topic field of the Web of Science Core Collection database using different designations of the fsQCA method and terms related to gastronomy, restaurants, cuisine, food and beverage services, and dining experiences. No publication year restriction was applied, and English-language articles indexed in SSCI, ESCI, and SCI-EXPANDED were listed, identifying a total of 55 articles. The resulting dataset was analysed using the Biblioshiny interface of the bibliometrix package in R. The analyses examined publication output, sources, corresponding authors' countries, co-authorship, term frequencies, and the co-citation network. The findings show that the publications appeared in 38 different sources and included contributions from 183 authors. The average number of authors per article was 3.53, the international co-authorship rate was 43.64%, and the average number of citations per article was 14.64. Based on the corresponding author's country, China stood out with 15 articles, followed by Spain with 7 and the United States with 5. The International Journal of Hospitality Management was the journal with the highest number of publications, with six articles. Term frequencies indicate that intention, customer satisfaction, experience, perceptions, loyalty, and quality were prominent topics. In the co-citation network, the records of Pappas and Woodside (2021), Fiss (2011), and Fornell and Larcker (1981) stood out with high values. The findings suggest that topics related to consumer evaluations and behaviours predominate in this literature. The study presents a bibliometric overview of the field and recommends that the less frequently occurring topics of sustainability and food waste be examined in greater detail in future research.

Keywords: Gastronomy, fsQCA, Bibliometric analysis, Biblioshiny, Foodservice research

GİRİŞ

Gastronomi ve yiyecek-içecek araştırmaları; yemek deneyimi, müşteri memnuniyeti, sadakat, davranışsal niyet ve destinasyon imajı gibi çok boyutlu olguları incelemektedir. Yemeğin tadı ve kalitesi, servis, atmosfer, fiyat, yerel kimlik ve dijital itibar gibi unsurlar bu olgularda tek tek değil, birbirleriyle etkileşim hâlinde rol oynamaktadır.

Gastronominin turistlerin bir destinasyonu deneyimleme biçimini şekillendirdiği (Kivela ve Crotts, 2006) ve yemek turizminin çok disiplinli bir araştırma alanına dönüştüğü (Ellis vd., 2018) dikkate alındığında, bu alandaki olguların karmaşık nedensel yapılara sahip olduğu açıktır.

Alanda yaygın olarak kullanılan regresyon ve yapısal eşitlik modellemesi (YEM) gibi değişken odaklı yöntemler, değişkenler arasındaki ilişkilerin simetrik ve doğrusal olduğunu varsayarak her bir değişkenin "net etkisini" tahmin etmektedir. Woodside (2013), bu yaklaşımın gerçek dünyadaki vakaların önemli bir bölümünü açıklamakta yetersiz kalabileceğini ileri sürerek simetrik düşünceden asimetrik düşünceye geçilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bu çağrıyla birlikte konfigürasyonel bir yöntem olan bulanık küme nitel karşılaştırmalı analiz (fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis, fsQCA) pazarlama, konaklama ve turizm alanlarında giderek daha sık kullanılmaya başlanmıştır (Pappas ve Woodside, 2021; Rasoolimanesh vd., 2021). fsQCA, belirli bir sonuca (örneğin yüksek memnuniyet veya tekrar ziyaret niyeti) götüren koşul bileşimlerini ortaya koyarak aynı sonuca farklı yollardan ulaşılabildiğini göstermesi bakımından gastronomi araştırmaları için güçlü bir analitik çerçeve sunmaktadır.

fsQCA'nın gastronomi ve yiyecek-içecek çalışmalarındaki kullanımı artmakla birlikte, yazarların bilgisi dahilinde bu literatürün gelişimini, yayın örüntülerini ve entelektüel yapısını bütüncül biçimde ortaya koyan bir bibliyometrik çalışma bulunmamaktadır. Bu boşluktan hareketle çalışmanın amacı, gastronomi ve ilişkili yiyecek-içecek çalışmalarında fsQCA yöntemiyle yapılan yayınların bilimsel gelişimini, yayın örüntülerini ve öne çıkan araştırma konularını bibliyometrik analizle ortaya koymaktır. Bu doğrultuda şu sorulara yanıt aranmaktadır: (1) Yayın üretimi zaman içinde nasıl bir gelişim göstermiştir? (2) Hangi kaynaklar ve ülkeler öne çıkmakta, işbirliği örüntüleri nasıldır? (3) Literatürde hangi konular yoğunlaşmakta ve hangi kaynaklar alanın entelektüel temelini oluşturmaktadır? Çalışmanın, fsQCA'yı kullanmayı planlayan gastronomi araştırmacılarına alanın mevcut durumunu ve araştırma boşluklarını gösteren bir başvuru çerçevesi sunması beklenmektedir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Bulanık Küme Nitel Karşılaştırmalı Analiz (fsQCA)

Nitel karşılaştırmalı analiz (QCA), Ragin (2014) tarafından nitel ve nicel araştırma stratejileri arasında köprü kurmak amacıyla geliştirilmiş, küme teorisi ve Boole cebirine dayanan bir yöntemdir. Yöntemin ilk biçimi olan klasik (crisp-set) QCA, vakaları bir kümeye ya tam üye (1) ya da tam dışarıda (0) olarak sınıflandırmaktadır. Ragin (2000, 2008), bu ikili yapıyı bulanık küme mantığıyla genişleterek vakaların bir kümeye 0 ile 1 arasında kademeli üyelik derecesiyle atanabildiği fsQCA'yı geliştirmiştir. Bu sayede Likert tipi ölçekler gibi sürekli veya sıralı veriler, nitel derinlik ile nicel titizliği birleştiren bir analiz mantığı içinde değerlendirilebilmektedir.

fsQCA üç temel varsayıma dayanmaktadır (Fiss, 2011; Schneider ve Wagemann, 2012). İlki eşbütünsel nedensellik olup sonucun tek bir değişkenden değil, koşulların bir arada bulunmasından doğduğunu ifade eder. İkincisi eşsonluluk (equifinality) olup aynı sonuca birbirinden farklı birden fazla koşul bileşimiyle ulaşılabileceğini ifade eder. Üçüncüsü ise nedensel asimetri olup yüksek bir sonucu açıklayan koşul bileşiminin, düşük sonucu açıklayan bileşimin tersi olmak zorunda olmadığını belirtir. Ordanini vd. (2014), bu mantığı "tarifin malzemelerden daha önemli olması" biçiminde ifade etmiştir; bu benzetme, yöntemin gastronomi araştırmalarıyla kavramsal uyumunu da yansıtmaktadır.

Yöntem dört temel adımda uygulanmaktadır. İlk adım olan kalibrasyonda ham veriler; tam üyelik, geçiş noktası ve tam dışlanma eşikleri kullanılarak bulanık üyelik skorlarına dönüştürülür (Ragin, 2008). İkinci adımda gereklilik analizi yapılır ve her koşulun sonuç için tek başına gerekli olup olmadığı test edilir; bu aşamada tutarlılık değerinin 0,90 ve üzerinde olması beklenir (Schneider ve Wagemann, 2012). Gereklilik analizini tamamlayıcı bir yaklaşım olarak zorunlu koşul analizi (NCA) da kullanılabilmektedir (Dul, 2016). Üçüncü adımda olası tüm koşul bileşimlerini listeleyen doğruluk tablosu oluşturulur ve frekans ile tutarlılık eşikleri kullanılarak sonuca götüren satırlar belirlenir. Son adımda karmaşık, ara ve sade çözümler üretilir; Fiss (2011) tarafından önerilen yaklaşımla her çözümdeki çekirdek ve çevresel koşullar ayrıştırılır. Çözümlerin değerlendirilmesinde tutarlılık (consistency) ve kapsayıcılık (coverage) ölçütleri kullanılmaktadır (Greckhamer vd., 2018; Pappas ve Woodside, 2021).

1.2. Gastronomi Araştırmalarında fsQCA

Gastronomi araştırmalarında incelenen olguların karmaşık yapısı, fsQCA'yı bu alan için uygun bir yöntem hâline getirmektedir. Karmaşıklık teorisi, bir sonucun birden fazla koşul bileşimiyle ortaya çıkabileceğini ve aynı koşulun farklı bileşimlerde farklı roller üstlenebileceğini öne sürmektedir (Woodside, 2014). Örneğin bir restoranda yüksek müşteri memnuniyetine bazı müşteriler için nitelikli yemek ile uygun fiyatın birlikteliği, bazıları için ise atmosfer ile özenli servisin birlikteliği yoluyla ulaşılabilir. Değişken odaklı yöntemler bu farklı yolları ortalama bir etkide birleştirirken fsQCA, her birini ayrı bir konfigürasyon olarak görünür kılmaktadır.

Yöntemin gastronomi araştırmalarına bir diğer katkısı, küçük ve orta büyüklükteki örneklemlerle de çalışabilmesidir. Belirli bir bölgedeki restoranlar veya işletmeler gibi sınırlı sayıda vakanın incelendiği çalışmalarda istatistiksel yöntemlerin örneklem gereksinimleri karşılanamayabilirken fsQCA, vaka odaklı yapısı sayesinde anlamlı sonuçlar üretebilmektedir (Rihoux ve Ragin, 2009). Bunun yanında konaklama ve turizm alanında fsQCA'nın kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modellemesi (PLS-YEM) ile birlikte kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Rasoolimanesh vd. (2021), bu iki yöntemin birlikte kullanımına yönelik yönergeler sunarak PLS-YEM'den elde edilen yapı skorlarının fsQCA için girdi olarak kullanılabileceğini ve simetrik ile asimetrik bakışın birbirini tamamladığını göstermiştir. Bu tasarımlarda ölçeklerin geçerlik ve güvenilirliği çoğunlukla Fornell ve Larcker (1981) ile Henseler vd. (2015) tarafından önerilen ölçütlerle değerlendirilmekte, ortak yöntem yanlılığı ise Podsakoff vd. (2003) çerçevesinde ele alınmaktadır.

1.3. Bibliyometrik Analiz

Bibliyometrik analiz, belirli bir alandaki bilimsel yayınların nicel yöntemlerle incelenerek alanın gelişiminin, yapısının ve eğilimlerinin ortaya konulmasını sağlamaktadır (Zupic ve Čater, 2015). Donthu vd. (2021), bibliyometrik analizi yayın ve atıf sayıları gibi göstergelerin incelendiği performans analizi ile kavramsal, entelektüel ve sosyal yapının haritalandığı bilim haritalaması olmak üzere iki temel bileşen altında ele almaktadır. Bilim haritalamasının temel tekniklerinden biri olan ortak atıf analizi, iki kaynağın üçüncü yayınlar tarafından birlikte atıf alma sıklığını temel alır ve birlikte atıf alan kaynakların benzer bir entelektüel temeli paylaştığını varsayar. Bu çalışmada performans analizi ve bilim haritalaması, R programındaki bibliometrix paketi ve bu paketin Biblioshiny arayüzü (Aria ve Cuccurullo, 2017) kullanılarak birlikte uygulanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Bu araştırma, gastronomi alanında bulanık küme nitel karşılaştırmalı analiz (fsQCA) yönteminin kullanıldığı bilimsel yayınların gelişimini ve bibliyometrik özelliklerini incelemek amacıyla bibliyometrik analiz yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Bibliyometrik analiz, belirli bir alandaki yayınların nicel göstergeler aracılığıyla incelenmesine ve alanın entelektüel ve kavramsal yapısının nesnel ve tekrarlanabilir biçimde haritalandırılmasına olanak tanımaktadır (Zupic ve Čater, 2015). Çalışmada Donthu vd. (2021) tarafından önerilen çerçeve

doğrultusunda yayın üretimi, kaynaklar ve ülkeler gibi göstergelerin incelendiği performans analizi ile terimler ve atıf yapılan kaynaklar arasındaki ilişkilerin haritalandığı bilim haritalaması birlikte kullanılmıştır.

2.2. Veri Toplama Süreci

Araştırmanın verileri, 25 Ekim 2026 tarihinde Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanında gerçekleştirilen tarama yoluyla elde edilmiştir. Tarama; yayınların başlık, özet, yazar anahtar kelimeleri ve Keywords Plus bilgilerini kapsayan "Topic" alanında yürütülmüştür. Arama dizisi iki terim grubundan oluşturulmuştur. Birinci grupta fsQCA yönteminin literatürde kullanılan dört farklı adlandırması, ikinci grupta ise gastronomi, mutfak, restoran, yiyecek-içecek hizmetleri, yemek turizmi ve yemek deneyimlerine ilişkin 19 terim yer almaktadır. Grup içindeki terimler "OR", iki grup ise "AND" Boolean operatörüyle birleştirilmiştir. Böylece yalnızca hem fsQCA yöntemine hem de gastronomi ve yiyecek-içecek bağlamına değinen yayınlara ulaşılması amaçlanmıştır. Terimlerin tekil, çoğul ve türev biçimlerini kapsamak amacıyla kesme işareti (*) kullanılmış (örneğin gastronom* ifadesi gastronomy, gastronomic ve gastronomical sözcüklerini kapsamaktadır), birden fazla sözcükten oluşan ifadeler ise tam ifade olarak aranması için tırnak içinde yazılmıştır. Tarama işleminde aşağıdaki arama dizisi kullanılmıştır:

("fsQCA" OR "fs-QCA" OR "fuzzy-set qualitative comparative analysis" OR "fuzzy set qualitative comparative analysis") AND (gastronom* OR culinar* OR restaurant* OR cuisine* OR "food tourism" OR "food tourist*" OR "food service*" OR foodservice* OR "food and beverage" OR "dining experience*" OR "dining service*" OR "fine dining" OR "local food*" OR "traditional food*" OR "street food*" OR "food experience*" OR "food festival*" OR "culinary heritage" OR "food heritage")

Araştırmanın kapsamı, Social Sciences Citation Index (SSCI), Emerging Sources Citation Index (ESCI) ve Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) indekslerinde yer alan yayınlarla sınırlandırılmıştır. Belge türü "Article", yayın dili ise "English" olarak seçilmiştir. Hakem değerlendirmesinden geçmiş bilimsel makalelere odaklanılması ve uluslararası literatürde ortak bilim dili olan İngilizce ile sınırlandırılması, veri setinin karşılaştırılabilirliğini ve bibliyografik kayıtların tutarlılığını sağlamak amacıyla tercih edilmiştir. Yayın yılına ilişkin herhangi bir sınırlama uygulanmamış ve tarama tarihi itibarıyla belirtilen ölçütleri karşılayan tüm yıllardaki yayınlar kapsama alınmıştır. Arama ve filtreleme işlemleri sonucunda erken erişim makaleleri de dahil olmak üzere 55 makaleden oluşan veri seti elde edilmiştir. Veri toplama sürecine ilişkin bilgiler Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Veri toplama sürecine ilişkin bilgiler

Ölçüt	Uygulama
Veri tabanı	Web of Science Core Collection
Tarama tarihi	25 Ekim 2026
Arama alanı	Topic (başlık, özet, yazar anahtar kelimeleri, Keywords Plus)
Arama terimleri	fsQCA'ya ilişkin 4 terim AND gastronomi ve yiyecek-içecek bağlamına ilişkin 19 terim
İndeksler	SSCI, ESCI, SCI-EXPANDED
Belge türü	Article
Yayın dili	English
Yayın yılı	Sınırlama uygulanmamıştır
Veri seti	55 makale
Analiz aracı	R – bibliometrix paketi, Biblioshiny arayüzü

Kaynak: Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

2.3. Verilerin Analizi

Veri setindeki makalelerin bibliyografik kayıtları, ortak atıf analizine olanak tanıması için atıf yapılan kaynaklarla birlikte WoS'tan dışa aktarılmıştır. Kayıtlar, R ortamında çalışan bibliometrix paketinin web tabanlı kullanıcı arayüzü olan Biblioshiny (Aria ve Cuccurullo, 2017) kullanılarak analiz edilmiştir.

Analizler iki aşamada yürütülmüştür. Performans analizi kapsamında veri setinin temel göstergeleri (kaynak, makale, yazar ve atıf sayıları), yıllık yayın üretimi, en fazla makale yayımlanan kaynaklar, sorumlu yazar ülkeleri, tek ülkeli (SCP) ve çok ülkeli (MCP) yayınlar ile ülkeler arası işbirliği incelenmiştir. Bilim haritalaması kapsamında ise başlık terimleri, kaynaklar ve anahtar kelimeler arasındaki ilişkiyi gösteren üç alan grafiği, anahtar kelimelere dayalı terim sıklıkları ve kelime bulutu ile atıf yapılan kaynaklara dayalı ortak atıf ağı analiz edilmiştir. Analiz sonuçları tablolar ve şekiller aracılığıyla sunulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Veri Setinin Genel Görünümü

Veri setine ilişkin temel göstergeler Tablo 2'de sunulmuştur. İncelenen 55 makale 2015–2027 yılları arasında 38 farklı kaynakta yayımlanmıştır. Makalelerin 48'i standart makale, 7'si ise erken erişim makalesidir. Belgelerin ortalama yaşının 2,31 yıl olması, literatürün oldukça yeni olduğunu göstermektedir. Makale başına ortalama atıf sayısı 14,64'tür ve makalelerin kaynakçalarında toplam 3.814 kaynak yer almaktadır.

Tablo 2. Veri setine ilişkin temel bilgiler

Gösterge	Değer
Zaman aralığı	2015–2027
Kaynak (dergi) sayısı	38
Makale sayısı	55
Makale / erken erişim makalesi	48 / 7
Ortalama belge yaşı (yıl)	2,31
Makale başına ortalama atıf	14,64
Kaynakçadaki toplam kaynak	3.814
Keywords Plus (ID) sayısı	219
Yazar anahtar kelimesi (DE) sayısı	289
Yazar sayısı	183
Tek yazarlı makale sayısı	5
Makale başına ortalama yazar	3,53
Uluslararası ortak yazarlık oranı (%)	43,64

Kaynak: Biblioshiny çıktısından yazarlar tarafından düzenlenmiştir.

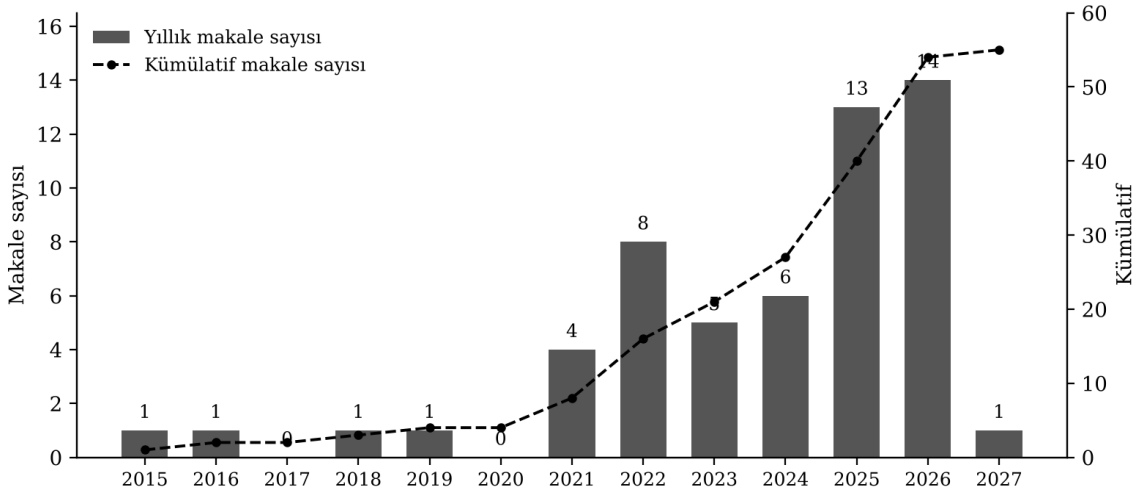
Yazarlık göstergeleri, alanın büyük ölçüde ekip çalışmasına dayandığını ortaya koymaktadır. Toplam 183 yazarın katkıda bulunduğu veri setinde yalnızca 5 makale tek yazarlıdır. Makale başına ortalama yazar sayısı 3,53 ve uluslararası ortak yazarlık oranı %43,64'tür. Bu bulgu, makalelerin yaklaşık her ikisinden birinin farklı ülkelerden araştırmacıların işbirliğiyle üretildiğini göstermektedir.

3.2. Yıllık Yayın Üretimi

Makalelerin yıllara göre dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Alandaki ilk makale 2015 yılında yayımlanmıştır. 2015–2020 döneminde yılda en fazla bir makale yayımlanmış, 2017 ve 2020 yıllarında ise hiç makale yayımlanmamıştır. Bu dönemde yayımlanan 4 makale veri setinin yalnızca %7,3'ünü oluşturmaktadır. 2021 yılından itibaren belirgin bir artış gözlenmekte ve 2021–2024 döneminde 23 makale (%41,8) yayımlandığı

görülmektedir. 2025 yılında 13, 2026 yılında ise 14 makale yayımlanmış olup bu iki yıl birlikte veri setinin yaklaşık yarısını (27 makale, %49,1) oluşturmaktadır. Tarama Ekim 2026'da yapıldığından 2026 yılına ait veriler yılın tamamını yansıtmamaktadır; buna karşın 2026 yılı en fazla makalenin yayımlandığı yıldır. 2027 yılına ait bir kayıt ise ileri tarihli bir sayıya atanmış makaleyi temsil etmektedir.

Şekil 1. Yıllara göre yayın sayısı



Kaynak: Biblioshiny yıllık yayın üretimi verisinden yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

3.3. Kaynak Dergiler

En fazla makalenin yayımlandığı kaynaklar Tablo 3'te sunulmuştur. *International Journal of Hospitality Management* 6 makaleyle ilk sırada yer almaktadır. Bu dergiyi 4'er makaleyle *British Food Journal* ve *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 3 makaleyle *Journal of Retailing and Consumer Services* izlemektedir. İlk yedi kaynak toplam 23 makaleye (%41,8) ev sahipliği yapmaktadır. Kalan 32 makale ise 31 farklı kaynağa dağılmıştır. Bu durum, fsQCA kullanan gastronomi çalışmalarının henüz belirli dergilerde yoğunlaşmadığını ve dağınık bir yayın yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. En fazla makale yayımlanan kaynaklar

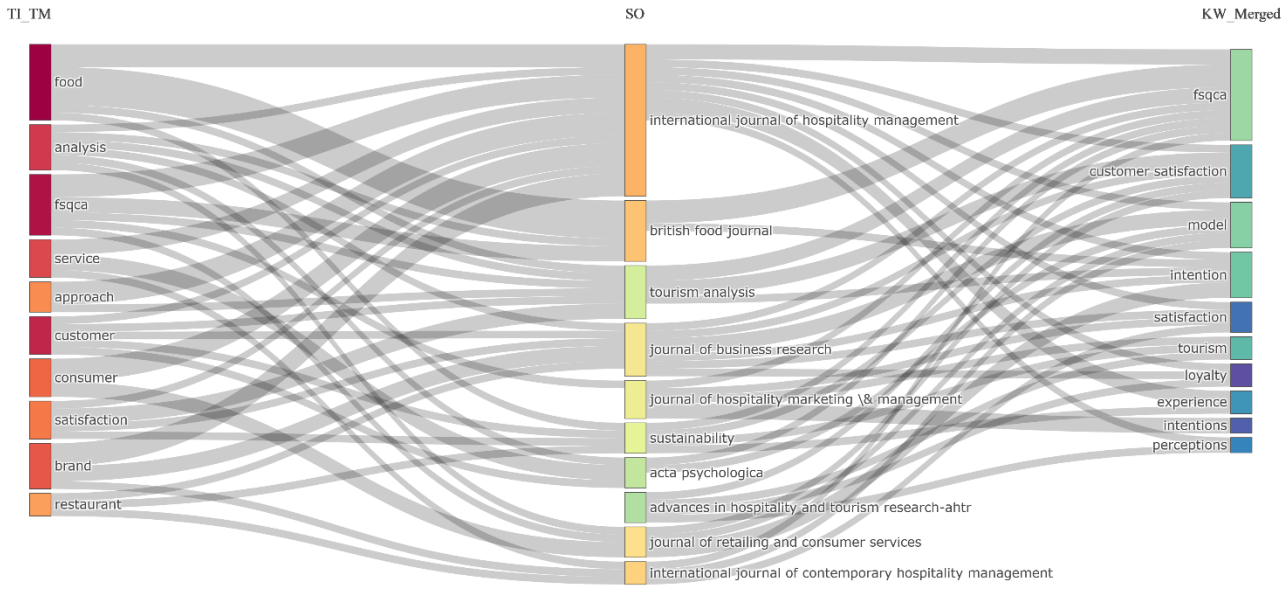
Kaynak	Makale sayısı	İlk yayın yılı
International Journal of Hospitality Management	6	2021
British Food Journal	4	2022
International Journal of Contemporary Hospitality Management	4	2015
Journal of Retailing and Consumer Services	3	2021
Journal of Business Research	2	2016
Journal of Hospitality Marketing & Management	2	2023
Sustainability	2	2022

Kaynak: Biblioshiny kaynak üretimi verisinden yazarlar tarafından düzenlenmiştir. İlk yayın yılı, kaynağın veri setindeki ilk makalesinin yılını göstermektedir.

Kaynakların konu alanları incelendiğinde iki ana yayın kanalı dikkat çekmektedir. Birincisi konaklama ve turizm işletmeciliği dergileridir; *International Journal of Contemporary Hospitality Management* 2015 yılındaki ilk yayınla alanın başlangıcını temsil ederken *International Journal of Hospitality Management* 2021 sonrasında hızla öne çıkmıştır. İkincisi ise *British Food Journal* ve *Journal of Retailing and Consumer Services* gibi gıda ve

tüketici araştırmalarına odaklanan dergilerdir. Başlık terimleri, kaynaklar ve anahtar kelimeler arasındaki ilişkiyi gösteren üç alan grafiği (Şekil 2), "food", "fsqca", "service", "customer" ve "satisfaction" gibi başlık terimlerinin özellikle *International Journal of Hospitality Management* ve *British Food Journal* üzerinden "fsqca", "customer satisfaction", "model" ve "intention" anahtar kelimelerine bağlandığını göstermektedir.

Şekil 2. Başlık terimleri, kaynaklar ve anahtar kelimelere ilişkin üç alan grafiği



Not: Sol sütun başlık terimlerini (TI), orta sütun kaynakları (SO), sağ sütun anahtar kelimeleri göstermektedir. Kaynak: Biblioshiny.

3.4. Ülkeler ve Uluslararası İşbirliği

Sorumlu yazarın ülkesine göre makale dağılımı Tablo 4'te sunulmuştur. Veri setinde sorumlu yazarlar 20 farklı ülkeden gelmektedir. Çin, 15 makaleyle (%27,3) ilk sırada yer almakta ve tek başına üretimin yaklaşık dörtte birini üstlenmektedir. Çin'i 7 makaleyle İspanya (%12,7), 5 makaleyle Amerika Birleşik Devletleri (%9,1) ve 4 makaleyle Hindistan (%7,3) izlemektedir. Türkiye ise 2 makaleyle (%3,6) ilk on ülke arasında yer almaktadır.

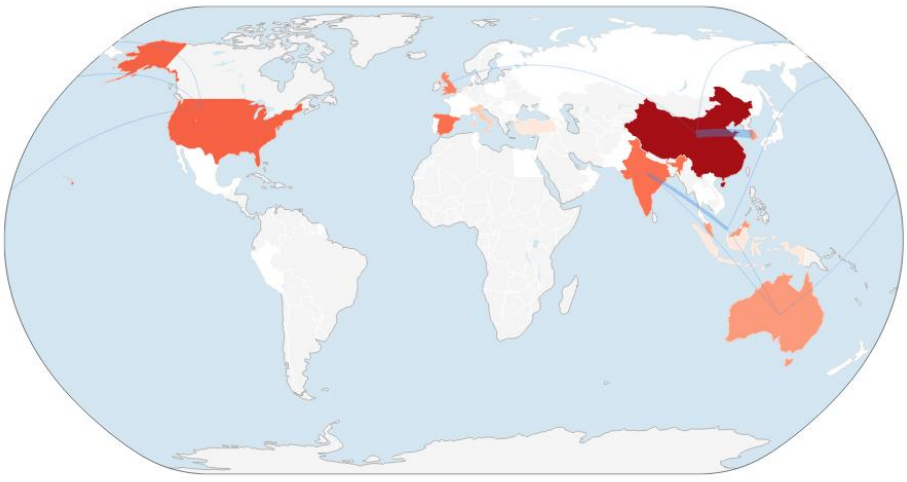
Tablo 4. Sorumlu yazar ülkelerine göre makale dağılımı (ilk 10 ülke)

Ülke	Makale	%	SCP	MCP	MCP %
Çin	15	27,3	12	3	20,0
İspanya	7	12,7	6	1	14,3
Amerika Birleşik Devletleri	5	9,1	4	1	20,0
Hindistan	4	7,3	3	1	25,0
Avustralya	3	5,5	0	3	100,0
Güney Kore	3	5,5	0	3	100,0
Malezya	2	3,6	0	2	100,0
Hollanda	2	3,6	0	2	100,0
Türkiye	2	3,6	1	1	50,0
Birleşik Krallık	2	3,6	0	2	100,0

Not: SCP: Tek ülkeli yayın; MCP: Çok ülkeli (uluslararası ortaklı) yayın. Kaynak: Biblioshiny çıktısından yazarlar tarafından düzenlenmiştir.

SCP ve MCP değerleri ülkelerin işbirliği eğilimleri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Veri setindeki 55 makalenin 24'ü çok ülkeli yayındır. Çin'in makalelerinin büyük bölümü (12 makale) tek ülkeli olarak üretilmiş olup ülkenin yayınlarında MCP oranı %20'de kalmaktadır. Buna karşın Avustralya, Güney Kore, Malezya, Hollanda ve Birleşik Krallık'ın sorumlu yazar olduğu makalelerin tamamı uluslararası işbirliğiyle üretilmiştir. Ülkeler arası işbirliği ağı (Şekil 3) incelendiğinde en güçlü bağın 5 ortak yayınla Çin ile Güney Kore arasında olduğu görülmektedir. Bunu 3 ortak yayınla Hindistan–Malezya bağı ve 2'şer ortak yayınla Çin–Birleşik Krallık, Çin–ABD, Hindistan–Avustralya, Malezya–Avustralya, ABD–Avustralya ve ABD–Malezya bağları izlemektedir. Türkiye'nin ise Hindistan ve Malezya ile birer ortak yayını bulunmaktadır.

Şekil 3. Ülkelerin yayın üretimi ve uluslararası işbirliği haritası



Not: Koyu renkler daha yüksek yayın üretimini, çizgiler ülkeler arası ortak yayınları göstermektedir. Kaynak: Biblioshiny.

3.5. Terim Sıklıkları ve Öne Çıkan Konular

Anahtar kelimelere dayalı terim sıklıkları Tablo 5'te, kelime bulutu ise Şekil 4'te sunulmuştur. En sık geçen terim, yöntemin kendisini ifade eden "fsqca"dır (23). Bu terimi "model" (10), "intention" (niyet, 9), "tourism" (turizm, 9), "customer satisfaction" (müşteri memnuniyeti, 8), "experience" (deneyim, 8), "perceptions" (algılar, 8) ve "satisfaction" (memnuniyet, 8) izlemektedir. "Intentions", "loyalty" (sadakat) ve "quality" (kalite) terimleri 7'şer kez geçmektedir.

Tablo 5. En sık geçen terimler

Sıra	Terim	Sıklık	Sıra	Terim	Sıklık
1	fsqca	23	11	quality	7
2	model	10	12	hospitality	6
3	intention	9	13	image	6
4	tourism	9	14	consumption	5
5	customer satisfaction	8	15	covid-19	5
6	experience	8	16	experiences	5
7	perceptions	8	17	impact	5
8	satisfaction	8	18	local food	5
9	intentions	7	19	service quality	5
10	loyalty	7	20	sustainability	4

Kaynak: Biblioshiny kelime bulutu verisinden yazarlar tarafından düzenlenmiştir. Terimler veri setindeki özgün (İngilizce) biçimleriyle verilmiştir.

Terimler bir arada değerlendirildiğinde literatürün belirgin biçimde tüketici değerlendirmeleri ve davranışları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Niyet, memnuniyet, deneyim, algılar, sadakat, kalite, algılanan değer ve güven terimleri bu eksende yer almaktadır. İkinci bir tematik eksen turizm ve destinasyon bağlamıdır; "tourism", "image", "destination image" ve "local food" terimleri, fsQCA'nın gastronomi turizmi ve yerel yemek tüketimi çalışmalarında kullanıldığını göstermektedir. Üçüncü eksen ise "hospitality", "restaurants", "service quality", "performance", "management" ve "entrepreneurship" gibi terimlerle temsil edilen işletme ve hizmet boyutudur. "Covid-19" (5) ve "social media" (4) terimleri güncel bağlamı yansıtırken "configurations" ve "complexity theory" terimleri çalışmaların kuramsal dayanağına işaret etmektedir. Buna karşın "sustainability" (4) ve "food waste" (3) terimlerinin görece seyrek görülmesi, sürdürülebilirlik ve gıda israfının bu literatürde henüz sınırlı ölçüde ele alındığını göstermektedir.

Şekil 4. Anahtar kelimelere ilişkin kelime bulutu

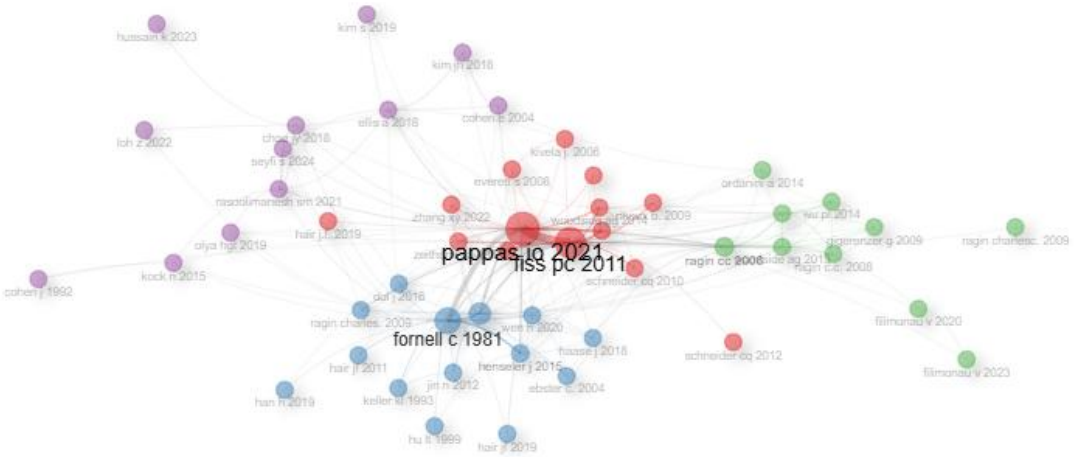


Kaynak: Biblioshiny.

3.6. Ortak Atıf Ağı ve Entelektüel Yapı

Atıf yapılan kaynaklara dayalı ortak atıf ağı Şekil 5'te, her kümede öne çıkan düğümler ise Tablo 6'da sunulmuştur. Ağ, dört kümeden oluşmaktadır. Arasındalık değerleri incelendiğinde Pappas ve Woodside (2021) kaydının 609,05 ile ağın en güçlü köprü düğümü olduğu görülmektedir. Bu kaydı Fornell ve Larcker (1981; 306,16), Fiss (2011; 253,65) ve Podsakoff vd. (2003; 171,48) izlemektedir. PageRank değerlerine göre de aynı kayıtlar ağın en etkili düğümleri arasında yer almaktadır (Pappas ve Woodside, 2021: 0,084; Fiss, 2011: 0,078; Fornell ve Larcker, 1981: 0,071). Ağdaki düğümlerin büyük bölümünün arasındalık değerinin 0 ile 3 arasında olması, bu birkaç kaynağın alanın farklı bilgi kümelerini birbirine bağlayan merkezi bir konumda olduğunu göstermektedir.

Şekil 5. Ortak atıf ağı



Not: Renkler kümeleri, düğüm büyüklükleri ise ortak atıf yoğunluğunu göstermektedir. Kaynak: Biblioshiny.

Tablo 6. Ortak atıf ağındaki kümeler ve öne çıkan düğümler

Küme	Düğüm	Arasındalık	PageRank
1. Konfigürasyonel yöntem ve hizmet değeri	Pappas ve Woodside (2021)	609,05	0,084
	Fiss (2011)	253,65	0,078
	Zeithaml (1988)	48,75	0,019
	Woodside (2014)	25,31	0,024
2. Ölçme modeli ve tüketici davranışı	Fornell ve Larcker (1981)	306,16	0,071
	Podsakoff vd. (2003)	171,48	0,041
	Henseler vd. (2015)	47,45	0,033
	Dul (2016)	2,27	0,017
3. QCA'nın kurucu metinleri, asimetrik düşünce ve gıda israfı	Ragin (2006)	99,14	0,030
	Woodside (2013)	72,28	0,033
	Ragin (2000)	26,81	0,029
	Ordanini vd. (2014)	2,58	0,012
4. Yemek turizmi ve PLS-YEM–fsQCA uygulamaları	Ellis vd. (2018)	52,54	0,031
	Choe ve Kim (2018)	48,00	0,029
	Rasoolimanesh vd. (2021)	13,73	0,030

Not: Tabloda her kümeden arasındalık değeri en yüksek kaynaklar verilmiş olup tam künyeleri Kaynaklar bölümünde yer almaktadır. Küme adları yazarlar tarafından, kümedeki kaynakların içeriğine göre belirlenmiştir.

Birinci küme, fsQCA yönteminin uygulama rehberleri ve konfigürasyon kuramına ilişkin kaynaklardan oluşmaktadır. Pappas ve Woodside (2021), Fiss (2011), Ragin (2008), Woodside (2014), Rihoux ve Ragin (2009), Schneider ve Wagemann (2012) ile Greckhamer vd. (2018) bu kümede yer almaktadır. Kümede Zeithaml (1988) ve Parasuraman vd. (1988) gibi hizmet kalitesi ve algılanan değer kaynakları ile Kivela ve Crotts (2006) ve Everett ve Aitchison (2008) gibi gastronomi turizmi çalışmalarının bulunması, yöntem kaynaklarının hizmet ve gastronomi bağlamıyla birlikte okunduğunu göstermektedir.

İkinci küme, ölçme modeli ve yapısal eşitlik modellemesine ilişkin kaynaklardan oluşmaktadır. Fornell ve Larcker (1981), Podsakoff vd. (2003), Henseler vd. (2015) bu kümenin temel kaynaklarıdır; YEM'e ilişkin diğer yöntem kaynakları da bu kümede yer almaktadır. Kümede Dul (2016) tarafından geliştirilen zorunlu koşul analizinin de bulunması, gereklilik analizine yönelik yöntemsel tartışmaların bu çalışmalara yansıdığını göstermektedir. Bu kümenin varlığı, incelenen çalışmaların önemli bir bölümünün anket verilerine dayandığını ve fsQCA'dan önce ölçeklerin geçerlik ve güvenilirliğinin YEM araçlarıyla test edildiğini göstermektedir.

Üçüncü küme, QCA'nın kurucu metinleri ile simetrik düşünceden asimetrik düşünceye geçişi savunan çalışmaları kapsamaktadır. Ragin'in (2000, 2006, 2008) çalışmaları, Woodside (2013) ve Ordanini vd. (2014) bu kümede yer almaktadır. Kümede gıda israfına odaklanan iki çalışmanın da düğüm olarak yer alması, fsQCA'nın gıda israfı araştırmalarında kullanılmaya başlandığını ancak bu çizginin henüz sınırlı kaldığını göstermektedir.

Dördüncü küme ise yemek turizmi ve PLS-YEM ile fsQCA'nın birlikte kullanımına ilişkin uygulamalardan oluşmaktadır. Ellis vd. (2018), Choe ve Kim (2018) ve Rasoolimanesh vd. (2021) bu kümenin öne çıkan kaynaklarıdır. Bu küme, fsQCA'nın gastronomi alanındaki doğrudan uygulama zeminini temsil etmekte ve yerel

yemek tüketimi, yemek destinasyonu imajı ve davranışsal niyet konularının yöntemle buluştuğunu göstermektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, gastronomi ve ilişkili yiyecek-içecek çalışmalarında fsQCA yöntemiyle yapılan 55 makale bibliyometrik analizle incelenmiştir. Bulgular, alanın 2015 yılında başlayan, 2021 sonrasında belirgin biçimde ivme kazanan ve makalelerinin yaklaşık yarısı son iki yılda yayımlanan genç bir literatür olduğunu göstermektedir. Ortalama belge yaşının 2,31 yıl olması ve 2026 yılının eksik verisine rağmen en yüksek yayın sayısına ulaşması, fsQCA'ya yönelik ilginin gastronomi alanında artmaya devam ettiğine işaret etmektedir. Bu eğilim, konaklama ve turizm alanında fsQCA kullanımının yaygınlaştığına ilişkin değerlendirmelerle (Rasoolimanesh vd., 2021) uyumludur.

Yayınların 38 farklı kaynağa dağılması, alanın henüz belirli dergilerde yoğunlaşmadığını göstermektedir. Bununla birlikte konaklama ve turizm işletmeciliği dergileri ile gıda ve tüketici araştırmaları dergileri iki ana yayın kanalı olarak öne çıkmaktadır. Ülke düzeyinde Çin'in belirgin bir üstünlüğü bulunmakta, ancak Çin'in yayınlarının büyük bölümü tek ülkeli olarak üretilmektedir. Buna karşın Avustralya, Güney Kore ve Malezya gibi ülkelerin yayınlarının tamamının uluslararası işbirliğiyle üretilmesi ve genel uluslararası ortak yazarlık oranının %43,64 olması, alanın işbirliğine açık bir yapıda geliştiğini göstermektedir. Türkiye'nin 2 makaleyle temsil edilmesi ise Türk gastronomi araştırmacıları için önemli bir fırsat alanına işaret etmektedir.

Terim sıklıkları ve ortak atıf ağı birlikte değerlendirildiğinde literatürün tüketici değerlendirmeleri ve davranışları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ortak atıf ağında ölçme modeli kaynaklarının ayrı bir küme oluşturması, fsQCA'nın bu alanda çoğunlukla anket verileriyle ve YEM'i tamamlayan bir yöntem olarak kullanıldığını göstermektedir. Bu kullanım biçimi simetrik ve asimetrik bulguların birlikte raporlanmasına olanak tanımakla birlikte, fsQCA'nın vaka odaklı ve kuram geliştirmeye yönelik potansiyelinin gastronomi araştırmalarında henüz tam olarak kullanılmadığını da düşündürmektedir.

Bulgulardan hareketle gelecek araştırmalar için şu öneriler sunulmaktadır: (1) Literatürde seyrek görülen sürdürülebilirlik ve gıda israfı konularının, restoranlarda ve hane halkında israfı azaltan koşul bileşimlerini belirlemeye yönelik konfigürasyonel tasarımlarla daha ayrıntılı incelenmesi önerilmektedir. (2) Türkiye'nin zengin mutfak kültürü ve gastronomi turizmi potansiyeli dikkate alındığında, Türkiye bağlamında fsQCA kullanan çalışmaların artırılması ve uluslararası işbirliklerinin güçlendirilmesi alana önemli katkılar sağlayabilir. (3) Anket temelli tüketici çalışmalarının yanı sıra, restoran ve işletme düzeyinde küçük ve orta ölçekli vaka tasarımlarıyla işletme performansı, menü tasarımı ve hizmet süreçleri gibi konuların incelenmesi önerilmektedir.

Çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Veriler yalnızca Web of Science Core Collection veri tabanından elde edilmiş ve İngilizce makalelerle sınırlandırılmıştır; Scopus gibi diğer veri tabanları, farklı dillerdeki yayınlar, bildiriler ve kitap bölümleri kapsam dışında kalmıştır. Arama terimlerinin seçimi, veri setinin kapsamını etkilemiş olabilir. Tarama Ekim 2026'da yapıldığından 2026 yılına ait yayınlar yılın tamamını yansıtmamaktadır. Gelecek bibliyometrik çalışmalarda birden fazla veri tabanının birleştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics, 11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Choe, J. Y., & Kim, S. (2018). Effects of tourists' local food consumption value on attitude, food destination image, and behavioral intention. *International Journal of Hospitality Management, 71*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2017.11.007

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research, 133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Dul, J. (2016). Necessary condition analysis (NCA): Logic and methodology of "necessary but not sufficient" causality. *Organizational Research Methods, 19*(1), 10–52. https://doi.org/10.1177/1094428115584005

Ellis, A., Park, E., Kim, S., & Yeoman, I. (2018). What is food tourism? *Tourism Management, 68*, 250–263. https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.03.025

Everett, S., & Aitchison, C. (2008). The role of food tourism in sustaining regional identity: A case study of Cornwall, South West England. *Journal of Sustainable Tourism, 16*(2), 150–167. https://doi.org/10.2167/jost696.0

Fiss, P. C. (2011). Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research. *Academy of Management Journal, 54*(2), 393–420. https://doi.org/10.5465/amj.2011.60263120

Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research, 18*(1), 39–50. https://doi.org/10.1177/002224378101800104

Greckhamer, T., Furnari, S., Fiss, P. C., & Aguilera, R. V. (2018). Studying configurations with qualitative comparative analysis: Best practices in strategy and organization research. *Strategic Organization, 16*(4), 482–495. https://doi.org/10.1177/1476127018786487

Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science, 43*(1), 115–135. https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8

Kivela, J., & Crotts, J. C. (2006). Tourism and gastronomy: Gastronomy's influence on how tourists experience a destination. *Journal of Hospitality & Tourism Research, 30*(3), 354–377. https://doi.org/10.1177/1096348006286797

Ordanini, A., Parasuraman, A., & Rubera, G. (2014). When the recipe is more important than the ingredients: A qualitative comparative analysis (QCA) of service innovation configurations. *Journal of Service Research, 17*(2), 134–149. https://doi.org/10.1177/1094670513513337

Pappas, I. O., & Woodside, A. G. (2021). Fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA): Guidelines for research practice in information systems and marketing. *International Journal of Information Management, 58*, 102310. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102310

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing, 64*(1), 12–40.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology, 88*(5), 879–903. https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879

Ragin, C. C. (2014). *The comparative method: Moving beyond qualitative and quantitative strategies*. University of California Press.

Ragin, C. C. (2000). *Fuzzy-set social science*. University of Chicago Press.

Ragin, C. C. (2006). Set relations in social research: Evaluating their consistency and coverage. *Political Analysis, 14*(3), 291–310. https://doi.org/10.1093/pan/mpj019

Ragin, C. C. (2008). *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*. University of Chicago Press.

Rasoolimanesh, S. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Olya, H. (2021). The combined use of symmetric and asymmetric approaches: Partial least squares-structural equation modeling and fuzzy-set qualitative comparative analysis. *International Journal of Contemporary Hospitality Management, 33*(5), 1571–1592. https://doi.org/10.1108/IJCHM-10-2020-1164

Rihoux, B., & Ragin, C. C. (Eds.). (2009). *Configurational comparative methods: Qualitative comparative analysis (QCA) and related techniques*. Sage.

Schneider, C. Q., & Wagemann, C. (2012). *Set-theoretic methods for the social sciences: A guide to qualitative comparative analysis*. Cambridge University Press.

Woodside, A. G. (2013). Moving beyond multiple regression analysis to algorithms: Calling for adoption of a paradigm shift from symmetric to asymmetric thinking in data analysis and crafting theory. *Journal of Business Research, 66*(4), 463–472. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2012.12.021

Woodside, A. G. (2014). Embrace•perform•model: Complexity theory, contrarian case analysis, and multiple realities. *Journal of Business Research, 67*(12), 2495–2503. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2014.07.006

Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing, 52*(3), 2–22. https://doi.org/10.1177/002224298805200302

Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods, 18*(3), 429–472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629

GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA GÖZ İZLEME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Araştırma Görevlisi, Yunus Emre SAĞIR[1]/ Araştırma Görevlisi, İbrahim YILMAZ[2]

[1]Karabük Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, yunussagir@karabuk.edu.tr, 0009-0009-2791-2660

[2]Karabük Üniversitesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, ibrahimyilmaz@karabuk.edu.tr, 0000-0002-3498-1439

Özet

Gastronomik deneyimin oluşumunda duyusal uyaranlar önemli rol oynamaktadır. Bu duyusal bileşenler arasında görsel uyaranlar, yiyecek ve içeceklerin algılanması, değerlendirilmesi ve tercih edilmesi süreçlerinde etkili olmaktadır. Görsel dikkatin nesnel göstergeler üzerinden incelenmesine olanak sağlayan göz izleme (eye-tracking) teknolojisi, son yıllarda gastronomi araştırmalarında yararlanılan ölçüm yöntemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, göz izleme teknolojisinin gastronomi araştırmalarındaki kullanım alanlarını, sağladığı ölçüm verilerini ve yöntemsel sınırlılıklarını mevcut literatür doğrultusunda değerlendirmektir. Bu kapsamda, konuya ilişkin bilimsel araştırmalar yapılandırılmış bir literatür incelemesiyle ele alınmış ve farklı uygulama alanları bakımından karşılaştırılmıştır. İncelemede, göz izleme teknolojisinin yiyecek sunumları, restoran menüleri ve gıda ürünlerinin görsel değerlendirilmesindeki kullanımına odaklanılmıştır. Araştırmalarda kullanılan sabitleme süresi, sabitleme sayısı ve görsel dikkat dağılımı gibi göstergeler üzerinden elde edilen verilerin hangi amaçlarla kullanıldığı ve nasıl yorumlandığı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, görsel dikkat ile tüketici beğenisi, ürün tercihi ve satın alma niyeti arasındaki ilişkilerin açıklanmasında göz izleme verilerinin sunduğu olanaklar ve sınırlılıklar tartışılmıştır. Çalışmanın, göz izleme teknolojisinin gastronomi araştırmalarındaki mevcut kullanımına ilişkin genel bir değerlendirme sunarak yöntemin gelecekteki deneysel araştırmalarda kullanılmasına yönelik bir çerçeve oluşturması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gastronomi, Göz İzleme Teknolojisi, Duyusal Değerlendirme, Tüketici Davranışları.

THE USE OF EYE-TRACKING TECHNOLOGY IN GASTRONOMY RESEARCH

Research Assistant, Yunus Emre SAĞIR[1] / Research Assistant, İbrahim YILMAZ[2]

[1]Karabuk University, Gastronomy and Culinary Arts, yunussagir@karabuk.edu.tr, 0009-0009-2791-2660

[2]Karabuk University, Gastronomy and Culinary Arts, ibrahimyilmaz@karabuk.edu.tr, 0000-0002-3498-1439

Abstract

Visual, auditory, olfactory, gustatory and tactile stimuli play an important role in shaping the gastronomic experience. Among these sensory components, visual stimuli can be influential in the perception, evaluation and choice of food and beverages. Eye-tracking technology, which enables visual attention to be examined through objective measures, has recently emerged as one of the measurement methods used in gastronomy research. The aim of this study is to evaluate the areas of use of eye-tracking technology in gastronomy research, the measurement data it provides and its methodological limitations in light of the existing literature. In this context, scientific studies on the subject were examined through a structured literature review and compared in terms of different application areas. The review focused on the use of eye-tracking technology in food presentation, restaurant menus and the visual evaluation of food products. The purposes for which data obtained through measures such as fixation duration, fixation count and the distribution of visual attention were used, and how these data were interpreted, were evaluated. In addition, the possibilities and limitations of eye-tracking data in explaining the relationships between visual attention and consumer liking, product choice and purchase intention were discussed. The study is expected to provide a general evaluation of the current use of eye-tracking technology in gastronomy research and to offer a framework for the use of the method in future experimental research.

Keywords: Gastronomy, Eye-Tracking Technology, Sensory Evaluation, Consumer Behaviour.

GİRİŞ

Gastronomik deneyim, yalnızca tat ile sınırlı olmayıp tüm duyusal uyaranların birlikte etkili olduğu çok boyutlu bir süreçtir. Bu uyaranlar arasında görme, yiyeceğin tüketiminden önce çoğu zaman ilk devreye giren duyu olması bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Nitekim bir yemeğin rengi, biçimi, tabaktaki düzeni veya menüdeki sunuluşu, tüketicinin tat ve kaliteye ilişkin beklentilerini daha ilk bakışta şekillendirebilmektedir (Spence vd., 2016).

Gastronomi araştırmalarında tüketici değerlendirmeleri çoğunlukla anket ve beğeni ölçekleri gibi öz bildirime dayalı yöntemlerle ölçülmektedir. Bu yöntemler tüketicinin ne düşündüğünü ortaya koymakla birlikte, hangi unsura baktığını, ne kadar süre baktığını ve dikkatini hangi sırayla yönlendirdiğini göstermemektedir. Göz izleme teknolojisi ise görsel dikkati nesnel göstergeler üzerinden ölçerek bu yöntemleri tamamlayan bir olanak sunmaktadır (Motoki vd., 2021).

Göz izleme, kişinin nereye baktığının ve göz hareketlerinin özel cihazlar aracılığıyla kaydedilmesine dayanan bir ölçüm yöntemidir. Yaygın kullanılan sistemlerde göz kızılötesi ışıkla aydınlatılmakta ve bir kamera aracılığıyla gözbebeği ile kornea yansıması izlenerek bakış yönü hesaplanmaktadır (Holmqvist vd., 2011). Bilgisayar veya tablet ekranına yerleştirilen cihazlar dijital menü ve yemek görsellerinin kontrollü ortamda incelenmesine imkân tanırken, gözlük biçimindeki cihazlar restoran ve market gibi gerçek ortamlarda ölçüm yapılmasına olanak sağlamaktadır. Yöntem, kişinin baktığı bilginin o anda zihinsel olarak işlediği bilgiyle büyük ölçüde örtüştüğü varsayımına dayanmaktadır (Just ve Carpenter, 1980). Ancak dikkat, bakış yönü değişmeden de kayabildiğinden göz izleme verileri görsel dikkatin dolaylı göstergeleri olarak değerlendirilmektedir (Holmqvist vd., 2011).

Bir göz izleme çalışmasında öncelikle menü, tabak veya ambalaj gibi uyaranlar hazırlanmakta ve bu uyaranlar üzerinde incelenecek bölgeler (ilgi alanları) belirlenmektedir. Örneğin bir menüde yemek adı, fiyat ve fotoğraf ayrı bölgeler olarak tanımlanabilmektedir. Ardından cihaz her katılımcı için ayarlanmakta (kalibrasyon) ve katılımcının uyaranı incelemesi sırasında bakışları kaydedilmektedir. Bu kayıtlardan elde edilen temel göstergelerden sabitleme süresi bir bölgeye ne kadar süre bakıldığını, sabitleme sayısı o bölgeye kaç kez bakıldığını, ilk sabitlemeye kadar geçen süre ise bir unsurun ne kadar hızlı fark edildiğini göstermektedir. Isı haritaları dikkatin yoğunlaştığı bölgeleri, tarama yolları ise bakışların hangi sırayla ilerlediğini görselleştirmektedir (Holmqvist vd., 2011).

Bu çalışmanın amacı, göz izleme teknolojisinin gastronomi araştırmalarındaki kullanım alanlarını, sağladığı ölçüm verilerini ve yöntemsel sınırlılıklarını mevcut literatür doğrultusunda değerlendirmektir.

1. YÖNTEM

Bu çalışmada, göz izleme teknolojisinin gastronomi araştırmalarındaki kullanım alanlarının incelenmesi amacıyla betimleyici literatür incelemesi yöntemi kullanılmıştır. Bu doğrultuda, göz izleme teknolojisinin restoran menüleri, yiyecek seçimi, tabak sunumu, gıda ambalajları ve etiketlerinin değerlendirilmesinde kullanıldığı bilimsel araştırmalar ele alınmıştır. İncelenen çalışmaların belirlenmesinde gastronomi alanıyla ilişkili olması, göz izleme teknolojisinin kullanımına ilişkin yöntemsel bilgiler içermesi ve araştırma bulgularının değerlendirilmesine olanak sağlaması dikkate alınmıştır. Bununla birlikte, yöntemin çalışma prensibinin ve uygulama alanlarının açıklanmasında ilgili derleme çalışmalarından da yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında ele alınan araştırmalar, göz izleme teknolojisinin kullanıldığı alanlar, elde edilen ölçüm verileri ve temel bulgular bakımından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada özellikle görsel dikkat ile tüketici beğenisi, yiyecek tercihi ve satın alma niyeti arasındaki ilişkiler üzerinde durulmuştur. Böylece göz izleme teknolojisinin gastronomi araştırmalarına sağladığı katkıların ve yöntemin sınırlılıklarının mevcut literatür doğrultusunda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. BULGULAR

Göz izleme teknolojisinin gastronomide en sık kullanıldığı alanlardan biri restoran menüleridir. Bu alandaki çalışmalar, menünün nasıl okunduğunu ve görsel dikkatin sipariş edilen yemekle ilişkisini incelemektedir. Yang (2012), menü tasarımında sıklıkla başvurulan ve müşterinin en sık ya da en son baktığı bir "tatlı nokta" (sweet spot) bulunduğunu öne süren sektörel görüşü sınamış; tüketicilerin menüyü ilk incelemede bir kitap okur gibi sol sayfanın üstünden başlayarak taradığını ve en sık ya da en son bakılan belirgin bir tatlı noktanın bulunmadığını belirlemiştir. Özaydın ve Güzeller (2021), ürün konumu ve görsel kullanımı bakımından farklılaştırılan menüleri karşılaştırdıkları çalışmada, katılımcıların en çok sağ sayfanın orta bölümüne odaklandığını ve siparişlerin de büyük ölçüde bu bölümden verildiğini; buna karşın ilk bakılan alan ile en çok sipariş verilen alanın örtüşmediğini belirlemiştir. Mora vd. (2023) ise yalnızca yemek adı ve fiyatın ya da yemek açıklamalarının yer aldığı menülerde bir yemeğe daha uzun süre bakılmasının o yemeğin seçilme olasılığını artırdığını; ancak menüye beslenme bilgilerini içeren bir infografik eklendiğinde bu ilişkinin gözlenmediğini göstermiştir. Serçeoğlu ve Erkem (2026) tarafından fine dining restoran menüsü üzerinden laboratuvar ortamında yürütülen çalışmada da en çok bakılan yemeğin her zaman seçilmediği; katılımcıların daha önce denemedikleri yemeklere daha fazla baktığı, ancak çoğunlukla aşina oldukları yemeği tercih ettiği tespit edilmiştir.

Yiyecek seçimi ve sunumuna yönelik çalışmalarda da görsel dikkat ile tercih arasındaki ilişki ele alınmıştır. Krajbich vd. (2010), iki yiyecek arasında seçim yapan katılımcıların, ürünleri benzer düzeyde beğenseler dahi daha uzun süre ve en son baktıkları ürünü seçme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Danner vd. (2016) ise farklı ürün gruplarında birden fazla seçenek arasında yapılan seçimlerde tercih edilen ürüne daha sık ve daha uzun süre bakıldığını ve kararın çoğunlukla en son bakılan ürün lehine verildiğini; buna karşın ilk bakılan ürünün daha sık seçilmediğini belirlemiştir. Tabak sunumuna ilişkin araştırmaları değerlendiren Spence (2019) ise dikkatin genellikle tabaktaki tek unsura ya da enerji yoğunluğu yüksek yiyeceğe yöneldiğini, tabakta birden fazla unsur bulunduğunda ise soldan sağa okuyan bireylerde soldan sağa bir bakış eğiliminin ortaya çıkabileceğini belirtmiş; ancak bu konudaki kanıtların henüz sınırlı olduğunu vurgulamıştır.

Gıda ürünlerinin görsel değerlendirilmesine ilişkin çalışmalarda ambalaj ve etiketler öne çıkmaktadır. Ma vd. (2020), ambalajdaki şeffaf pencerenin ürün görseli bulunan pencereye göre belirgin bir üstünlük sağlamadığını; şeffaf pencerenin dikkat ve satın alma niyeti üzerindeki etkisinin ise ürün grubuna göre farklılaştığını göstermiştir. Ares vd. (2013), tüketicilerin daha önce görmedikleri etiketleri değerlendirirken ürün türünden ve etiket tasarımından bağımsız olarak dikkatlerini büyük ölçüde marka, içindekiler, besin değeri bilgisi ve ürün görseline yönelttiklerini tespit etmiştir. Gerçek market ortamında yapılan bir çalışmada Gidlöf vd. (2017), bir ürüne daha uzun ve daha sık bakılmasının o ürünün satın alınma olasılığını artırdığını belirlemiştir. Peng-Li vd. (2020) ise tatlı ya da tuzlu tat çağrışımı taşıyan müziklerin tüketicinin hangi yiyeceğe daha uzun bakacağını ve hangi yiyeceği seçeceğini etkileyebildiğini göstererek görsel dikkatin diğer duyusal uyaranlardan bağımsız olmadığını ortaya koymuştur.

İncelenen çalışmalarda sabitleme süresi ve sabitleme sayısı, bir unsurun ne kadar incelendiğini ve bunun seçimle ilişkisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. İlk sabitlemeye kadar geçen süre bir unsurun ne kadar hızlı fark edildiğini göstermekle birlikte, ilk bakılan unsur her zaman seçilmemiştir. Menü çalışmalarında ise tarama yolları ve ısı haritaları, menünün nasıl okunduğunu ve dikkatin hangi bölümde yoğunlaştığını belirlemek için tercih edilmiştir. Bu yönüyle göz izleme teknolojisi, menü ve ambalaj tasarımlarının karşılaştırılmasına ve tüketicinin hangi bilgiye daha fazla dikkat ettiğinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmaların özeti Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. İncelenen çalışmaların özeti

Çalışma	Uygulama alanı	Temel bulgu
Yang (2012)	Restoran menüsü	Menü kitap okur gibi tarandı; en sık ya da en son bakılan bir "tatlı nokta" bulunmadı
Özaydın ve Güzeller (2021)	Restoran menüsü	En çok bakılan bölümden sipariş verildi; ilk bakılan alan ile en çok sipariş verilen alan örtüşmedi
Mora vd. (2023)	Restoran menüsü	Uzun bakış seçimle ilişkili; beslenme infografiği eklenince ilişki gözlenmedi
Serçeoğlu ve Erkem (2026)	Restoran menüsü	En çok bakılan yemek her zaman seçilmedi; çoğunlukla aşina olunan yemek tercih edildi
Krajbich vd. (2010)	Yiyecek seçimi	Daha uzun ve en son bakılan ürün daha sık seçildi
Danner vd. (2016)	Yiyecek seçimi	Seçilen ürüne daha sık ve uzun bakıldı; ilk bakış seçimle ilişkisiz
Spence (2019)	Tabak sunumu	Dikkat tek unsura veya enerji yoğun yiyeceğe yöneliyor; soldan sağa bakış eğilimi olabilir
Ma vd. (2020)	Ambalaj	Şeffaf pencere, görselli pencereye üstünlük sağlamadı; etkisi ürün grubuna göre değişti
Ares vd. (2013)	Etiket	Dikkat marka, içindekiler, besin bilgisi ve ürün görseline yöneldi
Gidlöf vd. (2017)	Market rafı	Daha uzun ve sık bakılan ürünün satın alınma olasılığı arttı
Peng-Li vd. (2020)	Çoklu duyusal etkileşim	Tat çağrışımlı müzik, bakış süresini ve yiyecek seçimini etkiledi

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İncelenen çalışmalar, göz izleme teknolojisinin tüketicinin menüyü, yiyeceği ve ürünü nasıl incelediğini ortaya koyabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte görsel dikkat ile tercih arasındaki ilişki her durumda aynı biçimde ortaya çıkmamaktadır. Basit yiyecek seçimlerinde ve market alışverişinde daha uzun ve daha sık bakılan ürünün seçilme olasılığı artarken, menüden yemek seçiminde bu ilişki menünün içerdiği bilgiye ve tüketicinin yemeğe aşinalığına göre farklılaşmaktadır. Ayrıca çalışmaların ortak bulgularından biri, ilk bakılan unsurun her zaman tercih edilmemesidir. Bu nedenle uzun süre bakılan bir yiyeceğin beğenildiği veya satın alınacağı sonucuna doğrudan ulaşılmaması gerektiği ifade edilebilir.

Sonuç olarak göz izleme teknolojisi, gastronomi araştırmalarında tüketici beyanlarını tamamlayan ve görsel dikkatin nesnel olarak incelenmesini sağlayan bir yöntemdir. Ancak göz izleme verileri tek başına beğeniyi, tercihi veya satın alma niyetini açıklamak için yeterli değildir. Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmalarda göz izleme verilerinin beğeni ölçekleri, duyusal analiz ve gerçek seçim verileriyle birlikte değerlendirilmesi ve laboratuvar ortamında elde edilen bulguların gerçek restoran ortamlarında sınanması önerilmektedir. Ayrıca kanıtların henüz sınırlı olduğu tabak sunumu başta olmak üzere, yöresel ürünlerin görsel sunumu ve gastronomi eğitimi gibi konuların göz izleme teknolojisi ile yürütülecek deneysel çalışmalar için önemli araştırma alanları olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ares, G., Giménez, A., Bruzzone, F., Vidal, L., Antúnez, L. ve Maiche, A. (2013). Consumer visual processing of food labels: Results from an eye-tracking study. *Journal of Sensory Studies, 28*(2), 138–153. https://doi.org/10.1111/joss.12031

Danner, L., de Antoni, N., Gere, A., Sipos, L., Kovács, S. ve Dürrschmid, K. (2016). Make a choice! Visual attention and choice behaviour in multialternative food choice situations. *Acta Alimentaria, 45*(4), 515–524. https://doi.org/10.1556/066.2016.1111

Gidlöf, K., Anikin, A., Lingonblad, M. ve Wallin, A. (2017). Looking is buying. How visual attention and choice are affected by consumer preferences and properties of the supermarket shelf. *Appetite, 116*, 29–38. https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.04.020

Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. ve van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford University Press.

Just, M. A. ve Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review, 87*(4), 329–354. https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329

Krajbich, I., Armel, C. ve Rangel, A. (2010). Visual fixations and the computation and comparison of value in simple choice. *Nature Neuroscience, 13*(10), 1292–1298. https://doi.org/10.1038/nn.2635

Ma, X., Zhuang, X. ve Ma, G. (2020). Transparent windows on food packaging do not always capture attention and increase purchase intention. *Frontiers in Psychology, 11*, 593690. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.593690

Mora, M., Romeo-Arroyo, E., Chaya, C., Gayoso, L., Larrañaga-Ayastuy, E. ve Vázquez-Araújo, L. (2023). Eating with the eyes? Tracking food choice in restaurant's menu. *Food Quality and Preference, 110*, 104956. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104956

Motoki, K., Saito, T. ve Onuma, T. (2021). Eye-tracking research on sensory and consumer science: A review, pitfalls and future directions. *Food Research International, 145*, 110389. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110389

Özaydın, C. ve Güzeller, C. O. (2021). Examining the selections in restaurant menus with eye-tracking technique. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 9*(3), 1460–1481. https://doi.org/10.21325/jotags.2021.849

Peng-Li, D., Byrne, D. V., Chan, R. C. K. ve Wang, Q. J. (2020). The influence of taste-congruent soundtracks on visual attention and food choice: A cross-cultural eye-tracking study in Chinese and Danish consumers. *Food Quality and Preference, 85*, 103962. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103962

Serçeoğlu, N. ve Erkem, M. N. (2026). Eyes don't lie! Visual preferences: Eye-tracking study on unplanned food selections in fine dining restaurants. *Advances in Hospitality and Tourism Research, 14*(3), 403–428. https://doi.org/10.30519/ahtr.1673497

Spence, C. (2019). Reading the plate. *International Journal of Gastronomy and Food Science, 16*, 100156. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100156

Spence, C., Okajima, K., Cheok, A. D., Petit, O. ve Michel, C. (2016). Eating with our eyes: From visual hunger to digital satiation. *Brain and Cognition, 110*, 53–63. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.08.006

Yang, S. S. (2012). Eye movements on restaurant menus: A revisitation on gaze motion and consumer scanpaths. *International Journal of Hospitality Management, 31*, 1021–1029. https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2011.12.008

GLUTENSİZ FIRINCILIK ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: YENİ BİLEŞENLER VE MODERN İŞLEME TEKNOLOJİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL[1]

[1]Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye, yavuzyuksel@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7960-578X

Özet

Gluten, fırıncılık teknolojisinde hamurun yapısal bütünlüğünü ve reolojik özelliklerini sağlayan temel bir proteindir. Çölyak hastalığı ve gluten intoleransının dünya genelinde yaygınlaşmasıyla, glutensiz fırıncılık ürünlerine olan talep hızla artmaktadır. Ancak, gluten ağının yokluğu nedeniyle, bu ürünlerde istenilen hacim, doku ve raf ömrünü sağlamak büyük bir teknolojik zorluktur. Bu derleme çalışmasında, glutensiz ekmek ve fırıncılık ürünlerinin formülasyonunda kullanılan temel bileşenler ile bu alandaki teknolojik yenilikler incelenmiştir. Pirinç, mısır, karabuğday gibi glutensiz unlara ek olarak hidrokolloidlerin, bitkisel ve hayvansal proteinlerin, enzimlerin ve ekşi mayanın ürün kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, hamur yapısını, mikrobiyal stabiliteyi ve raf ömrünü iyileştirmek amacıyla uygulanan yüksek basınçlı işleme (HPP), ekstrüzyon, vakum soğutma ve ultrasonik işleme gibi modern teknolojiler analiz edilmiştir. Son olarak, kişiselleştirilmiş beslenme kapsamında 3D gıda baskısı teknolojisinin glutensiz ürün formülasyonlarına entegrasyonu ele alınmıştır. Sonuç olarak, fonksiyonel bileşenlerin ve ileri işleme teknolojilerinin bir araya getirilmesinin, besin değeri yüksek, duyusal özellikleri geliştirilmiş ve raf ömrü uzun glutensiz fırıncılık ürünlerinin üretimi için kritik bir strateji olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Glutensiz Gıdalar, Fırıncılık Teknolojisi, Çölyak Hastalığı, Hidrokolloidler, Yeni İşleme Yöntemleri

DEVELOPMENT OF GLUTEN-FREE BAKERY PRODUCTS: NOVEL INGREDIENTS AND MODERN PROCESSING TECHNOLOGIES

Asst. Prof. Yavuz YÜKSEL[1]

[1]Balıkesir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Balıkesir, Türkiye, yavuzyuksel@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7960-578X

Abstract

Gluten is a fundamental protein that provides the structural integrity and rheological properties of dough in baking technology. With the increasing global prevalence of celiac disease and gluten intolerance, the demand for gluten-free bakery products is rapidly growing. However, ensuring the desired volume, texture, and shelf life in these products represents a major technological challenge due to the absence of a gluten network. In this review, the primary ingredients used in the formulation of gluten-free bread and bakery products, along with technological innovations in this field, are examined. The effects of hydrocolloids, plant and animal proteins, enzymes, and sourdough on product quality were evaluated in addition to gluten-free flours such as rice, corn, and buckwheat. Furthermore, modern technologies like high-pressure processing (HPP), extrusion, vacuum cooling, and ultrasonic processing applied to improve dough structure, microbial stability, and shelf life were analyzed. Finally, the integration of 3D food printing technology into gluten-free product formulations within the scope of personalized nutrition was discussed. In conclusion, it was emphasized that combining functional ingredients and advanced processing technologies is a critical strategy for the production of gluten-free bakery products with high nutritional value, enhanced sensory characteristics, and an extended shelf life.

Keywords: Gluten-Free Foods, Baking Technology, Celiac Disease, Hydrocolloids, Novel Processing Methods

GİRİŞ

Glutensiz bir diyet, gluten intoleransı olan bireyler için tek tedavi yöntemidir. Gluten tüketimi, çölyak hastalığı, dermatitis herpetiformis, gluten ataksisi ve çölyak dışı gluten duyarlılığı gibi çeşitli glutenle ilişkili rahatsızlıklara yol açar (Al-Toma ve ark., 2019; Ciclitira ve ark., 2005). Çölyak hastalığı, bağırsaklara zarar veren ve en yaygın besin intoleranslarından biri olarak kabul edilen rahatsızlıktır (Di Cagno ve ark., 2004). Genetik yatkınlığı bulunan bireylerde, genellikle prolamin sınıfına giren tahıl proteinlerinin tüketilmesi, bağışıklık sisteminde anormal tepkilere yol açarak enteropatiye sebep olmaktadır (De Angelis ve ark., 2006). Bu hastalık, dünya genelinde nüfusun yaklaşık %1-2'sini etkilemektedir (Milman ve ark., 2026; Cabrera-Chávez ve ark., 2010; Elsurer ve ark., 2005).

Gıda teknolojisinde en büyük zorluklardan biri, ekmek, fırıncılık ürünleri, pastane mamulleri ve makarna gibi ürünlerin gluten içermeyen alternatiflerini üretmektir. Glutenin yokluğu, bu ürünlerin dokusunu, hacmini, iç yapısını, raf ömrünü ve duyusal kalitesini korumak için farklı maddelerin kullanımını gerektirir. Bu amaçla hidrokolloidler, ekşi maya ve enzim preparatları gibi bileşenler kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinin kullanımı, tariflerin ve üretim teknolojilerinin yeniden şekillendirilmesini sağlamaktadır (Toth ve ark., 2020).

1. GLUTENSİZ EKMEK VE UNLU MAMULLER İÇİN HAMMADDELER

Glutensiz ekmek ve unlu mamullerin başarılı bir şekilde üretilebilmesi için, geleneksel fırıncılık ürünlerinin yapısal özelliklerini taklit edebilecek spesifik teknolojik yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya genelinde birçok ülkede pirinç, mısır, sorgum ve diğer glutensiz tahıllar temel besin kaynaklarıdır. Glutensiz hammaddelerden ekmek ve unlu mamuller hazırlanırken hamurun hacmini ve bütünlüğünü sağlamak büyük önem taşımaktadır. Ancak bu tür ürünlerin hızlı bayatlaması önemli bir sorun teşkil etmektedir (O'Neill, 2010; İşleroğlu ve ark., 2009).

1.1. Glutensiz Unlar ve İlave Bileşenler

Glutensiz unlar ve nişastalar gibi temel glutensiz bileşenlere ek olarak, yeterli ekmek hacmi, yumuşak iç yapı ve raf ömrü sağlamak amacıyla tahıl veya tahıl dışı kökenli hidrokolloidler (Culetu ve ark., 2021), meyve veya sebze lifleri (Djeghim ve ark., 2021; Kırbaş ve ark., 2019), keten ve chia tohumları (Krishna Kumar ve ark., 2019; Steffolani ve ark., 2014), *Psyllium* (Fratelli ve ark., 2021), modifiye nişastalar (Genevois ve de Escalada Pla, 2021) ve çeşitli kaynaklardan elde edilen proteinler gibi teknolojik ve besinsel açıdan işlevsel bileşenlerin eklenmesi gerekmektedir. Lif ilavesi, su tutma kapasitesi aracılığıyla ekmeğin kalitesini etkilemektedir. Çözünür lif, hamur özelliklerini iyileştirirken, kaba lif gaz tutma kapasitesini azaltmaktadır. Karabuğday, pirinç, mısır ve nohut gibi unlar fonksiyonel özellikleri ile bu ürünlerde sıklıkla tercih edilmektedir.

1.2. Hidrokolloidler ve Enzimler

Ksantan gam (Capriles ve Arêas, 2014), guar gam (Sahin ve Sumnu, 2006), *Psyllium* gibi maddeler su tutma kapasitesini artırarak ekmek yapısını iyileştirmektedir (Krishna Kumar ve ark., 2019). Hidrokolloidler, glutensiz hamurların elastikiyetini artırarak daha iyi kabarmalarını ve pişirme sırasında stabil kalmalarını sağlamaktadır (Parsamajd ve ark., 2025). Synergistic Effects of Hydrocolloid Combinations on Gluten-Free Batter and Bread Characteristics. *Food Science & Nutrition*, *13*(10), e71107.. Transglutaminaz (Mohammadi ve ark., 2015) ve amilaz gibi enzimler ise, protein ağı oluşumunu destekleyerek ürün stabilitesini artırmaktadır. Enzim preparatlarının kullanımı, ekmek iç yapısının rengini iyileştirmekte, aroma oluşumunu desteklemekte, özgül hacmi artırmakta ve nişasta retrogradasyonunu önlemektedir (Krishna Kumar ve ark., 2019). Tekstür profil analizi (TPA) bulgularına göre, doğru oranda kullanılan guar gam, fırınlama sonrası ekmek içinin sertlik (*hardness*) değerini düşürürken, kohezyon (*cohesiveness*) ve elastikiyet (*springiness*) parametrelerini artırmaktadır (Sahin ve Sumnu, 2006). Ayrıca transglutaminaz ilavesiyle oluşturulan kovalent çapraz bağlar, protein ağını güçlendirerek nişasta retrogradasyonunu sınırlandırmakta ve depolama süresince ekmek içinin sertleşme hızını

yavaşlatmaktadır (Mohammadi ve ark., 2015). Glutensiz formülasyonlarda kullanılan alternatif bileşenler ve teknolojik işlevleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Glutensiz formülasyonlarda kullanılan alternatif bileşenler ve teknolojik işlevleri

Bileşen Sınıfı	Örnekler ve Kaynaklar	Teknolojik İşlevi ve Etkisi
Glutensiz Unlar	Pirinç, mısır, karabuğday, nohut (Culetu ve ark., 2021)	Ürünün temel yapısını oluşturur; fonksiyonel özellikler katar.
Hidrokolloidler	Ksantan gamı (Capriles ve Arêas, 2014), guar gamı (Sahin ve Sumnu, 2006), *Psyllium* (Krishna Kumar ve ark., 2019)	Su tutma kapasitesini artırır; sertliği düşürüp, kohezyon ve elastikiyeti iyileştirir.
Lifler ve Tohumlar	Meyve/sebze lifleri (Djeghim ve ark., 2021), keten/chia tohumu (Krishna Kumar ve ark., 2019)	Su tutma kapasitesini ve kaliteyi etkiler; çözünür lifler yapıyı iyileştirir.
Enzimler	Transglutaminaz (Mohammadi ve ark., 2015), amilaz	Protein ağını kovalent bağlarla güçlendirir; retrogradasyonu önler.

2. TEKNOLOJİK GELİŞMELER VE YENİ İŞLEME YÖNTEMLERİ

Glutensiz ekmeklerin üretiminde teknolojik yenilikler, bu ürünlerin kalitesini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Geleneksel fırıncılıkta glutenin sağladığı yapı ve esneklik özellikleri, glutensiz ürünlerde alternatif teknolojiler ile desteklenmektedir.

2.1. Yüksek Basınçlı İşleme (HPP) ve Ekstrüzyon

Yüksek Basınçlı İşleme (HPP), mikrobiyal güvenliği sağlayarak glutensiz ekmeklerin raf ömrünü uzatmaktadır. Yüksek basınç, glutensiz hamurun bağ yapma kapasitesini artırarak daha iyi bir yapı oluşmasını sağlar (Özuğur ve Hayta, 2011). Ekstrüzyon teknolojisi ise, glutensiz unların fizikokimyasal olarak modifiye edilerek su tutma kapasitesinin artırılması ve reolojik özelliklerin iyileştirilmesini sağlar. Ekstrüzyon, hamurun iç yapısındaki gaz baloncuklarını kontrol ederek daha hafif ve kabarık ürünlerin elde edilmesine yardımcı olur.

2.2. Vakum Soğutma ve Ultrasonik İşleme

Vakum soğutma, pişirme işlemi sonrasında ürünün hızla vakum altında soğutularak nem kaybının minimize edilmesini ve tekstürel kalitenin korunmasını sağlar. Özellikle glutensiz ekmeklerde bayatlamayı geciktirerek daha uzun süre taze kalmalarını mümkün kılmaktadır. Pişirme sonrası normal soğutma sürecine göre daha hızlı gerçekleşen bu işlem, ekmeğin iç yapısındaki suyu hapseder ve nemin kaybolmasını engeller. Sonuç olarak, ekmeklerin dokusu daha yumuşak ve taze olur. (Bozkurt ve ark., 2023).

Ultrasonik işleme, yüksek frekanslı ses dalgalarının yarattığı kavitasyon etkisiyle glutensiz hamurun makromoleküler yapısını modifiye eden yenilikçi bir yaklaşımdır. Reometrik ölçümler, ultrason uygulamasının nişasta granüllerinin yapısını kısmen bozarak hamurun kompleks viskozitesini optimize ettiğini ortaya koymaktadır (Krishna Kumar ve ark., 2019). Bu spesifik viskozite modifikasyonu, maya fermantasyonu sonucu oluşan CO_2 gaz kabarcıklarının hamur matrisi içinde daha homojen dağılmasını ve fırınlama sıçraması sırasında spesifik hacmin artmasını sağlamaktadır. Yapısal olarak, ultrasonik işleme görmüş hamurlardan elde edilen ekmeklerin kesit analizlerinde gözenek çaplarının daha homojen olduğu ve tekstürel sertlik değerlerinin kontrol gruplarına kıyasla azaldığı rapor edilmektedir (Krishna Kumar ve ark., 2019).

2.3. Fermentasyon Teknolojileri ve 3D Gıda Baskısı

Ekşi maya ve probiyotik bakteriler, glutensiz hamurun lezzetini, dokusunu ve raf ömrünü iyileştirmek için kullanılmaktadır. Fermantasyon, glutensiz ürünlerin sindirilebilirliğini ve besin değerini artırmaktadır (Plessas ve ark., 2026; Dan ve ark., 2025). 3D gıda baskısı ise, son yıllarda dikkat çeken yenilikçi bir teknoloji olup kişiselleştirilmiş fırın ürünlerinin üretimine olanak tanır. Farklı bileşenlerin kontrollü bir şekilde katman katman eklenmesi, tüketicinin özel besin ihtiyaçlarına uygun ürünlerin tasarlanmasını sağlar (Molina-Montero ve ark., 2025; Matas ve ark., 2022). Uygulanan modern işleme teknolojilerinin etki mekanizmaları ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri Tablo 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 2. Yeni nesil işleme teknolojilerinin glutensiz ürün kalitesi üzerindeki etkileri

İşleme Teknolojisi	Etki Mekanizması ve Uygulama	Hedeflenen Kalite Parametresi ve Etkisi
Yüksek Basınçlı İşleme (HPP)	Yüksek hidrostatik basınç uygulaması ile protein/nişasta bağ yapma kapasitesinin artırılması	Mikrobiyal güvenliği sağlarken raf ömrünü uzatır; hamur matrisinin yapısal direncini geliştirir (Özuğur ve Hayta, 2011).
Ekstrüzyon Teknolojisi	Hammaddelerin ısı, basınç ve kesme kuvveti altında fizikokimyasal olarak modifiye edilmesi	Su tutma kapasitesini artırır; gaz baloncuklarını kontrol ederek daha hafif ve hacimli ürünler elde edilmesini sağlar (Alibekova ve ark., 2026; Różańska ve ark., 2023).
Vakum Soğutma	Fırından çıkan ürünün düşük basınç altında hızla soğutulması	Nem kaybını minimize eder; ekmek içi hücre yapısını korur ve bayatlama sürecini yavaşlatır (Bozkurt ve ark., 2023).
Ultrasonik İşleme	Yüksek frekanslı ses dalgalarının yarattığı kavitasyon etkisi	Nişasta granüllerini kısmen bozarak kompleks viskoziteyi optimize eder; CO_2 gazının homojen dağılımını sağlayarak özgül hacmi ve gözenek homojenliğini artırır (Krishna Kumar ve ark., 2019).
Fermentasyon ve Ekşi Maya	Seçilmiş laktik asit bakterileri ve probiyotik mikroorganizmaların kullanımı	Sindirilebilirliği ve besin değerini artırır; organik asit üretimiyle aroma profilini, tekstürü ve raf ömrünü iyileştirir (Dan ve ark., 2025).
3D Gıda Baskısı	Dijital modeller doğrultusunda katmanlı üretim yaklaşımıyla bileşenlerin eklenmesi	Tüketicinin özel besin/diyet ihtiyaçlarına tam uyumlu, kişiselleştirilmiş fırın ürünlerinin tasarımına olanak tanır (Matas ve ark., 2022).

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Glutensiz fırıncılık ürünlerinin geliştirilmesi hem teknolojik hem de besinsel açıdan önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Glutenin yapı oluşturucu özelliklerinden yoksun olan bu ürünlerde, istenilen doku, hacim, tat ve raf ömrünü sağlamak amacıyla çok çeşitli bileşenler ve işleme teknolojileri kullanılmaktadır. Hidrokolloidler, protein kaynakları, lifler ve enzimler gibi fonksiyonel katkı maddeleri; ürün kalitesini artırmak ve besinsel içeriği zenginleştirmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, yüksek basınçlı işleme, ekstrüzyon, vakum soğutma, ultrasonik işleme ve fermentasyon gibi yenilikçi teknolojiler sayesinde glutensiz ürünlerin reolojik ve duyusal özelliklerinde anlamlı iyileşmeler sağlanmaktadır. Sonuç olarak, bu alanda geliştirilen yeni teknolojiler ve bileşenlerle, çölyak hastaları ve gluten intoleransı olan bireyler için daha sağlıklı, lezzetli ve raf ömrü uzun ürünlerin üretilmesi mümkün hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

Alibekova, Z., Bayisbayeva, M., Shamsudin, R., Bakhtybekova, A., Alibekov, R., & Aimenov, Z. (2026). Problems and Approaches in the Improvement of Gluten-Free Bread Texture: A Comprehensive Review. *International Journal of Food Science*, *2026*(1), 5214023. https://doi.org/10.1155/ijfo/5214023

Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C., Mulder, C. J., & Lundin, K. (2019). European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United European Gastroenterology Journal*, *7*, 583–613. https://doi.org/10.1177/2050640619844125

Bozkurt, S., Görgüç, A., Gençdağ, E., Elmas, F., Koc, M., & Yılmaz, F. M. (2023). Principles and recent applications of vacuum technology in the processing of dough-based cereal products: A comprehensive review. *Food chemistry*, *403*, 134443. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134443

Cabrera-Chávez, F., & Calderón de la Barca, A. M. (2010). Trends in wheat technology and modification of gluten proteins for dietary treatment of coeliac disease patients. *Journal of Cereal Science*, *52*, 1–5.

https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.06.020

Capriles, V. D., & Arêas, J. A. G. (2014). Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition, and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*(5), 871–890. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091

Ciclitira, P. J., Ellis, H. J., & Lundin, K. E. A. (2005). Gluten free diet-what is toxic? *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, *19*, 359–371. https://doi.org/10.1016/j.bpg.2005.01.003

Culetu, A., Susman, I. E., Duta, D. E., & Belc, N. (2021). Nutritional and functional properties of gluten-free flours. *Applied Sciences*, *11*, 6283. https://doi.org/10.3390/app11146283

Dan, H., Li, H., Li, C., Fang, Z., Hu, B., Chen, H., ... & Liu, Y. (2025). Application of sourdough in gluten-free bakery products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *65*(15), 3048-3068. https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2356256

De Angelis, M., Coda, R., Silano, M., Minervini, F., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., Vicentini, O., De Vincenzi, M., & Gobbetti, M. (2006). Fermentation by selected sourdough lactic acid bacteria to decrease celiac intolerance to rye flour. *Journal of Cereal Science*, *43*, 301–331. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.12.008

Di Cagno, R., De Angelis, M., Auricchio, S., Greco, L., Clarke, C., De Vincenzi, M., Giovannini, C., D'Archivio, M., Landolfo, F., Parrilli, G., Minervini, F., Arendt, E., & Gobbetti, M. (2004). Sourdough bread made from wheat and nontoxic flours and started with selected lactobacilli is tolerated in celiac sprue patients. *Applied and Environmental Microbiology*, *70*, 1088–1096. https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.1088-1096.2004

Djeghim, F., Bourekoua, H., Różyło, R., Bieńczak, A., Tanaś, W., & Zidoune, M. N. (2021). Effect of by-products from selected fruits and vegetables on gluten-free dough rheology and bread properties. *Applied Sciences*, *11*, 4605. https://doi.org/10.3390/app11104605

Elsurer, R., Tatar, G., Simsek, H., Balaban, Y. H., Aydinli, M., & Sokmensuer, C. (2005). Celiac disease in the Turkish population. *Digestive Diseases and Sciences*, *50*, 136–142. https://doi.org/10.1007/s10620-005-1291-z

Fratelli, C., Santos, F. G., Muniz, D. G., Habu, S., Braga, A. R. C., & Capriles, V. D. (2021). Psyllium improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *Foods*, *10*(5), 954. https://doi.org/10.3390/foods10050954

Genevois, C. E., & de Escalada Pla, M. F. (2021). Soybean by-products and modified cassava starch for improving alveolar structure and quality characteristics of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, *247*(6), 1477-1488. https://doi.org/10.1007/s00217-021-03725-x

İşleroğlu, H., Dirim, S. N., & Ertekin, F. K. (2009). Gluten içermeyen, hububat esaslı alternatif ürün formülasyonları ve üretim teknolojileri. *GIDA*, *34*, 29–36.

Kırbaş, Z., Kumcuoğlu, S., & Tavman, S. (2019). Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. *Journal of Food Science and Technology*, *56*, 914–926. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3554-z

Krishna Kumar, R., Bejkar, M., Du, S., & Serventi, L. (2019). Flax and wattle seed powders enhance volume and softness of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, *25*(1), 66–75. https://doi.org/10.1177/1082013218795808

Matas, A., Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2022). Application of 3D printing in the design of functional gluten-free dough. *Foods*, *11*(11), 1555. https://doi.org/10.3390/foods11111555

Milman, M., Patel, M., Modi, A., Alessi, K., Chauhan, N., & Parmar, M. S. (2026). Celiac disease: beyond gluten–economic burdens and psychosocial impacts. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, *8*(1), 11. https://doi.org/10.1007/s42399-025-02209-3

Mohammadi, M., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., Hosseini, H., & Mortazavian, A. M. (2015). Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *21*, 1398-1402. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.013

Molina-Montero, C., Matas, A., Igual, M., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2025). Influence of internal printing pattern and infill on morphological and dimensional properties of gluten-free bread manufactured by 3D printing. *Future Foods*, *12*, 100715. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100715

O'Neill, J. (2010). Gluten-free foods: Trends, challenges, and solutions. *Cereal Foods World*, *55*, 220–223.

Özuğur, G., & Hayta, M. (2011). Tahıl esaslı glutensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi. *GIDA*, *36*(5), 287–294.

Parsamajd, M., Fazaeli, M., Majdinasab, M., & Golmakani, M. T. (2025). Synergistic Effects of Hydrocolloid Combinations on Gluten-Free Batter and Bread Characteristics. *Food Science & Nutrition*, *13*(10), e71107. https://doi.org/10.1002/fsn3.71107

Plessas, S., Mantzourani, I., & Bekatorou, A. (2026). Evaluation of Sourdough Prepared with Immobilized Lacticaseibacillus paracasei SP5 as a Natural Strategy in the Production of Gluten-Free Sourdough Bread. *Fermentation*, *12*(3), 129. https://doi.org/10.3390/fermentation12030129

Różańska, M. B., Kokolus, P., Królak, J., Jankowska, P., Osoś, A., Romanowska, M., ... & Mildner-Szkudlarz, S. (2023). Insight into the gluten-free dough and bread properties obtained from extruded rice flour: physicochemical, mechanical, and molecular studies. *Applied Sciences*, *13*(6), 4033. https://doi.org/10.3390/app13064033

Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. Springer Science & Business Media. https://hdl.handle.net/11511/70305

Steffolani, E., de la Hera, E., Pérez, G., & Gómez, M. (2014). Effect of Chia on Gluten-Free Bread Quality. Journal of Food Quality, 37(5), 309–317. https://doi.org/10.1111/jfq.12098

Toth, M., Vatai, G., & Koris, A. (2020). Consumers' acceptance, satisfaction in consuming gluten-free bread: A market survey approach. *International Journal of Celiac Disease*, *8*(2), 44-49. https://doi.org/10.12691/ijcd-8-2-1

FONKSİYONEL GIDA BİLEŞENLERİ İÇİN YENİLİKÇİ TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR VE GÜNCEL UYGULAMALAR

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL[1]

[1]Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye, yavuzyuksel@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7960-578X

Özet

Fonksiyonel gıdalar, içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde temel beslenmenin ötesinde sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayan ürünlerdir. Son yıllarda, probiyotikler, prebiyotikler, biyoaktif peptitler ve bitkisel ekstraktlar gibi fonksiyonel bileşenlerin elde edilmesi, stabilitelerinin korunması ve hedef bölgelere ulaştırılması amacıyla yenilikçi teknolojiler geliştirilmiştir. Geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşmak için süperkritik akışkan ve ultrason destekli ileri ekstraksiyon teknikleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, mikro ve nanoenkapsülasyon ile kontrollü salım sistemleri, biyoaktif maddelerin çevresel faktörlere karşı korunmasını ve gastrointestinal sistemde yüksek biyoyararlılık göstermesini sağlamaktadır. Fermentasyon ve diğer modern biyoteknolojik uygulamalar ise yeni nesil probiyotikler, postbiyotikler ve spesifik sağlık faydaları sunan peptitlerin geliştirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Bu derleme çalışmasında, fonksiyonel gıda bileşenlerine yönelik güncel teknolojik gelişmeler incelenmiş; ileri ekstraksiyon, enkapsülasyon ve biyoteknolojik üretim yöntemlerinin gıda formülasyonlarındaki uygulamaları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu multidisipliner teknolojik ilerlemelerin, tüketici beklentilerine uygun, güvenilir ve yüksek katma değerli fonksiyonel gıdaların üretimine olanak tanıdığı vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel Gıdalar, Biyoaktif Bileşenler, İleri Ekstraksiyon, Mikroenkapsülasyon, Probiyotikler

INNOVATIVE TECHNOLOGICAL APPROACHES AND CURRENT APPLICATIONS FOR FUNCTIONAL FOOD INGREDIENTS

Asst. Prof. Yavuz YÜKSEL[1]

[1]Balıkesir University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Balıkesir, Türkiye, yavuzyuksel@balikesir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7960-578X

Abstract

Functional foods are products that provide positive health effects beyond basic nutrition due to their bioactive compounds. In recent years, innovative technologies have been developed to obtain, stabilize, and deliver functional ingredients such as probiotics, prebiotics, bioactive peptides, and plant extracts. Advanced extraction techniques, including supercritical fluid and ultrasound-assisted methods, have emerged to overcome the limitations of traditional approaches. Furthermore, micro- and nanoencapsulation, along with controlled release systems, ensure the protection of bioactive substances against environmental factors and enhance their bioavailability in the gastrointestinal tract. Fermentation and other modern biotechnological applications play a critical role in developing next-generation probiotics, postbiotics, and peptides that offer specific health benefits. In this review, current technological advancements for functional food ingredients are examined, and the applications of advanced extraction, encapsulation, and biotechnological production methods in food formulations are evaluated. Consequently, it is emphasized that this multidisciplinary technological progress enables the production of reliable, high value-added functional foods that meet consumer expectations.

Keywords: Functional Foods, Bioactive Compounds, Advanced Extraction, Microencapsulation, Probiotics

GİRİŞ

Fonksiyonel gıdalar, standart besin değerlerinin haricinde insan sağlığına ekstra katkılar sunan ürünler şeklinde ifade edilmektedir. Bireylerin ideal sağlık seviyelerine ulaşmasını destekleyen ve hastalıklara yakalanma riskini düşüren bu gıdalar; prebiyotikler, probiyotikler, bitkisel özütler ve peptitler gibi biyoaktif maddeleri bünyesinde barındırır (Peng ve ark., 2020). Son dönemlerde bu spesifik bileşenlere duyulan alaka ve alandaki teknolojik yenilikler ciddi bir ivme kazanmıştır. Bu doğrultuda hem bilim dünyası hem de gıda sektörü, ilgili biyoaktif maddelerin verimli biçimde ayrıştırılması, stabilitesinin korunması ve vücuda en uygun formatta sunulabilmesi adına yenilikçi stratejiler tasarlamaktadır.

1. YENİLİKÇİ TEKNOLOJİK STRATEJİLER VE UYGULAMALAR

Biyoaktif bileşenlerin fonksiyonelliği; bunların saflaştırılma, kararlılıklarının sağlanma ve spesifik vücut bölgelerine iletilme mekanizmalarıyla doğrudan ilişkilidir. Klasik üretim metotlarının biyoaktif maddelerde yol açtığı yapısal hasarlar ve düşük verim sorunları, araştırmacıları modern teknolojik çözümler üretmeye yöneltmiştir.

1.1. Modern Ekstraksiyon Yöntemleri

Doğal materyallerden sağlığa faydalı bileşiklerin yüksek verimle izole edilebilmesi amacıyla mikrodalga, ultrason, enzim aracılı, basınçlı su ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi güncel teknolojiler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikler; solvent tüketimini azaltmaları, ekstraksiyon süresini kısaltmaları ve doğa dostu olmaları sebebiyle önemli avantajlar yaratmaktadır (Zheng ve ark., 2025). Özellikle ultrason destekli ekstraksiyonun (UAE), doğal derin ötektik çözücüler (NADES) ile kombine edildiği yenilikçi hibrid sistemler; tahıl kepeği, baklagil kabuğu veya meyve posası gibi kompleks hücre duvarı yapısına sahip matrislerde hücresel matrikse bağlı halde bulunan fenoliklerin yüksek verimle serbest bırakılmasında son yıllarda büyük umut vaat etmektedir (Travis ve ark., 2026). Örneğin, tarımsal atıklardan lipit ve fenolik madde gibi kıymetli bileşenlerin hiçbir kimyasal çözücü kalıntısı olmaksızın geri kazanılmasında süperkritik CO_2 uygulaması oldukça başarılı bir örnektir (Kainat ve ark., 2022). Buna ek olarak, subkritik su ekstraksiyonunda suyun dielektrik sabitinin sıcaklık ve basınçla manipüle edilmesi, toksik solventlere gerek duyulmadan farklı polaritedeki biyoaktiflerin hedeflenmesini mümkün kılmaktadır (Somat ve ark., 2026). Yeşil teknolojiler vasıtasıyla izole edilen bitkisel özütler ve liyofilize tozlar, günümüzde temiz etiketli (clean-label) fonksiyonel bileşenler olarak glutensiz formülasyonların ve fırıncılık ürünlerinin zenginleştirilmesinde kilit bir rol oynamaktadır.

1.2. Enkapsülasyon Teknolojileri ve Hedefli Salım Sistemleri

Biyoaktif maddelerin çevresel faktörlerden korunması amacıyla, bu bileşenlerin protein veya polisakkarit bazlı koruyucu bir duvar materyali ile kaplandığı nano ve mikroenkapsülasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle bitkisel kaynaklı protein izolatlarının (ör. baklagil proteinleri) polisakkaritlerle oluşturduğu kompleks koaservasyon teknikleri, biyo-uyumlu ve sürdürülebilir yeni nesil taşıyıcı sistemler olarak öne çıkmaktadır (Alrosan ve ark., 2025). Bu sayede probiyotikler, vitaminler ve antioksidanlar gibi hassas bileşiklerin stabilitesi artırılmaktadır. Son yıllarda, elektrik alan yöntemiyle üretilen polimerik nanolifler, ısıl işlem gerektirmeyen proses yapıları sayesinde, bilhassa sıcaklığa duyarlı bileşenlerin ekmek ve fırıncılık uygulamaları gibi yüksek ısıl stres barındıran süreçlerde yapısal bütünlüğünü korumasına yönelik yenilikçi çözümler sunmaktadır (Ali ve ark., 2025). Ayrıca geliştirilen hedefli salım mekanizmaları sayesinde, bu yararlı bileşenlerin mide asidi ve sindirim enzimlerinden zarar görmeden geçiş yapması sağlanmaktadır. Böylece, yapısal bütünlüğü ve canlılığı korunan bileşenler doğrudan ince bağırsak ve kolona ulaşarak maksimum biyoyararlanım sunabilmektedir (Katouzian ve Jafari, 2016; Vivek ve ark., 2023). Günümüzde, probiyotik ve prebiyotik gibi birbirini destekleyen bileşenlerin tek bir taşıyıcı matris içerisine hapsedildiği ko-enkapsülasyon stratejileri de giderek önem kazanmaktadır. Bu sinbiyotik ko-enkapsülasyon yaklaşımları, yalnızca in vivo hayatta kalma oranlarını maksimize etmekle

kalmayıp; aynı zamanda fonksiyonel glutensiz unlu mamuller ve tahıl bazlı ürün formülasyonlarında hamurun reolojik özelliklerini stabilize ederek teknolojik ve besinsel kaliteyi eşzamanlı iyileştiren gıda tasarımlarına olanak tanımaktadır.

1.3. Biyoteknolojik Prosesler ve Fermentasyon Uygulamaları

Özgün probiyotik suşların geliştirilmesi ve biyoaktif peptitlerin biyosentezi gibi hedeflere ulaşmak amacıyla, spesifik koşullarda yürütülen fermentasyon prosesleri kritik bir araç olarak kullanılmaktadır (El-Sohaimy ve Hussain, 2023; Najafian, 2023). Özellikle laktik asit bakterileri (LAB) aracılığıyla yürütülen hammadde fermentasyonu, gıdanın besinsel profilini zenginleştirerek yararlı vitaminlerin ve peptitlerin açığa çıkmasını sağlamaktadır (Najafian, 2023; Sabahi ve ark., 2023). Bilhassa tahıl ve baklagil bazlı matrislerde gerçekleştirilen ekşi hamur fermentasyonları; fitik asit gibi anti-besin faktörlerini parçalayarak mineral biyoyararlılığını artırmakta, aynı zamanda in situ olarak üretilen ekzopolisakkaritler (EPS) vasıtasıyla glutensiz fırıncılık ürünlerinde hamurun viskoelastik yapısını ve tekstürel kalitesini doğal yollarla iyileştirmektedir (Reffai ve Fechtali, 2025). Ek olarak, metabolomik ve metagenomik eksenli modern "-omik" teknolojilerindeki gelişmeler, yeni biyoaktif ajanların keşfedilmesine ve bu maddelerin vücuttaki çalışma mekanizmalarının aydınlatılmasına zemin hazırlamaktadır (Chakraborty ve Bhowal, 2025; Peng ve ark., 2020). Bu çoklu-omik yaklaşımlarla entegre edilen hassas fermentasyon yöntemleri, starter kültürlerin spesifik gıda matrislerine adaptasyonunu genetik düzeyde analiz ederek hedeflenen biyoaktiflerin ve antimikrobiyal postbiyotiklerin üretimini maksimize etmektedir (Sheng ve ark., 2026). Biyoaktif bileşenlerin doğal kaynaklardan saflaştırılmasından başlayarak gastrointestinal sistemdeki nihai salımına dek uzanan bu kapsamlı teknolojik işleyiş, Şekil 1'de görselleştirilmiştir.

Şekil 1. Fonksiyonel gıda bileşenlerinin elde edilmesinden gastrointestinal hedefli salımına kadar olan yenilikçi teknolojik işlem akışı



2. SPESİFİK BİLEŞENLER BAZINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

2.1. Probiyotik ve Prebiyotik Sistemler

Güncel endüstriyel uygulamalarda probiyotik ilaveli gıdaların portföyü önemli ölçüde çeşitlilik kazanmış olup, süt ürünü olmayan ve fermente nitelik taşımayan alternatif gıda formülasyonlarına yönelik belirgin bir yönelim ortaya çıkmıştır (El-Sohaimy ve Hussain, 2023). Özellikle bitki bazlı ve glutensiz matrikslerin probiyotik taşıyıcı olarak kullanımı, inovatif gıda tasarımında odak noktası haline gelmiştir. Bu mikroorganizmaların gastrointestinal sisteme ulaşana dek canlı formda kalabilmesi hayati bir parametre olduğundan, probiyotiklerin stabilitesini maksimize etmek amacıyla mikroenkapsülasyon teknolojilerine sıklıkla başvurulmaktadır (Vivek ve ark., 2023). Son araştırmalar, probiyotiklerin prebiyotiklerle birlikte ko-enkapsüle edildiği sinbiyotik mikro-taşıyıcıların ve protein-polisakkarit koaservatlarının mide asiditesine karşı korumada üstün performans gösterdiğine işaret etmektedir. İnovatif prebiyotik kaynakları incelendiğinde ise ksilooligosakkaritler (XOS), deniz yosunu kökenli polisakkaritler ve dirençli nişasta gibi yapıların "prebiyotik nitelikli" ajanlar olarak dikkat çektiği görülmektedir (Rastall ve Gibson, 2015; Baptista ve ark., 2024). Ayrıca, meyve-sebze endüstrisi yan ürünlerinden ekstrakte edilen pektik oligosakkaritlerin (POS) kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla beraber, bünyesinde canlı hücre barındırmaması sebebiyle yüksek depolama kararlılığı sunan postbiyotikler de, fonksiyonel gıda sektöründe yeni nesil bir bileşen grubu şeklinde değerlendirilmektedir (Sabahi ve ark., 2022). Hücresiz süpernatantlar ve hücre dışı vezikülleri (EVs) barındıran bu postbiyotik formlar; özellikle ekmek, bisküvi ve ekstrüde atıştırmalıklar gibi yüksek ısıl işlem gerektiren tahıl teknolojisi uygulamalarında canlılık kaybı problemini ortadan kaldırarak büyük bir teknolojik fayda sağlamaktadır (Zhu ve ark., 2026).

2.2. Biyoaktif Peptit Uygulamaları

Gıda proteinlerinin enzimatik sindirimi ya da spesifik hidroliz işlemleri neticesinde izole edilen biyoaktif peptitler; antimikrobiyal, antioksidan ve kan basıncını düşürücü (antihipertansif) potansiyeller sergilemektedir (Najafian, 2023). Biyoinformatik yaklaşımlar ve kütle spektrometrisi analizleri, bu biyoaktif dizilimlerin sentezlenme ve karakterize edilme aşamalarına büyük bir ivme kazandırmaktadır. Son yıllarda bu biyoinformatik yöntemlere entegre edilen makine öğrenmesi algoritmaları, hedef biyoaktiviteye sahip spesifik peptitlerin keşif sürecini in silico olarak çok daha hassas bir şekilde optimize etmektedir. Ayrıca, peptit eldesinde sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar ön plana çıkmış; baklagil proteinleri ile gıda endüstrisi yan ürünlerinin değerlendirilmesi ve hidroliz verimini artırmak için ultrasonikasyon gibi termal olmayan ön işlemlerin kullanımı güncel literatürde geniş yer bulmuştur. Öte yandan, hidroliz sonucu oluşabilen istenmeyen tat profillerinin (acı tat) maskelenmesi, peptit yapısının korunması ve gastrointestinal sistemde (in vivo) biyoyararlılığın artırılması maksadıyla yine enkapsülasyon sistemlerinden faydalanılmaktadır (Akbarbaglu ve ark., 2024). Bu amaçla lipozomal taşıyıcılar, katı lipit nanopartiküller ve elektrik alan ile elde edilen kontrollü salınım sistemleri, fonksiyonel gıda uygulamalarında yoğun bir şekilde araştırılmaktadır.

2.3. Bitkisel Ekstraktlar ve Diğer Biyoaktif Maddeler

Bitkisel materyallerden elde edilen karotenoidler, flavonoidler ve polifenoller gibi biyoaktif bileşiklerin düşük stabilite sorunu; doğal derin ötektik çözücüler (NADES) ve süperkritik akışkanlar gibi yeni nesil doğa dostu (yeşil) ekstraksiyon stratejileri ve nano boyutlu taşıyıcı sistemlerin kullanımıyla minimize edilmektedir (Singh ve Sharma, 2026; Makarova ve ark., 2025; Redha ve ark., 2024). Oksidatif bozulmalara karşı son derece hassas olan fitosteroller ve Omega-3 yağ asitleri gibi lipit bazlı bileşenler ise, mikroenkapsülasyon teknolojileri aracılığıyla çeşitli gıda matrislerine başarılı bir biçimde dahil edilebilmektedir (Szpicer ve ark., 2025; Antonio-Gómez ve ark., 2023; Feng ve ark., 2021; Guo ve ark., 2022). Bilhassa, bu hassas lipitlerin bitkisel kökenli antioksidanlarla ko-enkapsüle edilmesi, oksidatif stabiliteyi sinerjik bir etkiyle artırarak raf ömrünü uzatmaktadır. Yakın dönem çalışmaları, fitosterollerin geleneksel olarak kullanıldığı margarin dışındaki; meyve suyu, peynir ve yoğurt gibi farklı gıda sistemlerine de zenginleştirici olarak katılabilmesi amacıyla, katı lipit nanopartikülleri (SLN)

formunda tasarlanan yenilikçi taşıyıcı mekanizmalara odaklanmaktadır (Hosseini ve ark., 2021). Buna ek olarak, lipit yükleme kapasitesini maksimize eden nanoyapılı lipit taşıyıcılar (NLC) ve Pickering emülsiyon sistemleri; yalnızca sıvı veya yarı-katı gıdalarda değil, aynı zamanda yüksek termal stabilite gerektiren ekmek, bisküvi ve glutensiz formülasyonlar gibi kompleks tahıl matrislerinde de hedeflenen biyoaktiflerin kayıpsız bir şekilde taşınmasını mümkün kılmaktadır (Parkavi ve ark., 2026). Bahsi geçen çeşitli fonksiyonel bileşen gruplarına entegre edilen ileri teknolojiler ve bu teknolojilerin sunduğu spesifik işlevsel kazanımlar Tablo 1'de detaylandırılmıştır.

Tablo 1. Fonksiyonel gıda bileşenleri, uygulanan yenilikçi teknolojiler ve sağlanan işlevsel avantajlar

Bileşen Grubu	Uygulanan Teknoloji	İşlevsel Avantaj	Kaynaklar
Probiyotikler ve Postbiyotikler	Mikroenkapsülasyon (Kalsiyum aljinat, protein-polisakkarit kılıfları), Süpernatan, Hücresiz fermentasyon	Mide asidine direnç, gastrointestinal sistemde canlılık koruma, yüksek raf ömrü ve biyoyararlılık	Zhu ve ark., 2026; Vivek ve ark., 2023; El-Sohaimy ve Hussain, 2023; Sabahi ve ark., 2023
Prebiyotikler	Enzimatik ekstraksiyon / Lignoselülozik dönüşüm (XOS, Dirençli nişasta)	Seçici kolonik fermantasyon, bağırsak mikrobiyotası zenginleştirme, laktozsuz/süt dışı ürün entegrasyonu	Chakraborty ve Bhowal, 2025; Baptistave ark., 2024; Rastall ve Gibson, 2015
Biyoaktif Peptitler	Enzimatik hidroliz, Kütle spektrometrisi ve Hesaplamalı biyoloji, Enkapsülasyon, Elektrik alan, Ultrasonikasyon	Antihipertansif (ACE inhibisyonu), antioksidan ve antimikrobiyal etki; acı tat maskeleme	Akbarbaglu ve ark., 2024; Najafian, 2023
Bitki Ekstraktları ve Polifenoller	Süperkritik CO_2 ve Ultrason destekli ekstraksiyon, NADES, Nanoemülsiyonlar/Lipozomlar	Yeşil ekstraksiyon (çözücü kalıntısız), biyoyararlılık artışı, duyursal ve kimyasal stabilite	Sing ve Sharma 2026; Zheng ve ark., 2025; Redha ve ark., 2024; Kainat ve ark., 2022
Omega-3 ve Fitosteroller	SLN, NLC, Sprey kurutma ile mikroenkapsülasyon	Oksidatif degradasyona karşı koruma, sulu gıda matrislerinde homojen dağılım, kolesterol düşürücü etki	Parkavi, ve ark., 2026; Szpicer ve ark., 2025; Antonio-Gómez ve ark., 2023; Guo ve ark., 2022; Hosseini ve ark., 2021; Feng ve ark., 2021

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Fonksiyonel gıda bileşenleri alanında ivme kazanan teknolojik yenilikler; stabilitesi iyileştirilmiş, biyo-etkinliği yüksek ve spesifik hedeflere göre uyarlanabilen yeni nesil ürün formülasyonlarının tasarlanmasına zemin hazırlamaktadır. Modern ekstraksiyon metotları, nano/mikro ölçekli taşıyıcı (enkapsülasyon) sistemler ve güncel biyoteknolojik prosesler, doğada bulunan mevcut biyoaktif ajanların izolasyonunu kolaylaştırdığı gibi yeni

işlevsel bileşenlerin sentezlenmesini de mümkün kılmaktadır. Önümüzdeki süreçte, bireyselleştirilmiş beslenme konseptine yönelik artan ilginin bir yansıması olarak; ileri biyoinformatik algoritmalar ve hesaplamalı biyoloji yaklaşımlarından yararlanılması, böylece spesifik sağlık gereksinimlerine tam uyum sağlayan fonksiyonel bileşen matrislerinin dizayn edilmesi öngörülmektedir. Nihai ürünlerin toksikolojik güvenilirliği ve in vivo biyoyararlanım dinamiklerinin titizlikle denetlenmesi koşuluyla, farklı bilim dallarını entegre eden bu çalışmaların toplum sağlığını destekleyen inovatif ve sürdürülebilir stratejiler üretmeye devam edeceği açıktır.

KAYNAKLAR

Akbarbaglu, Z., Ayaseh, A., Ghanbarzadeh, B., & Sarabandi, K. (2024). Biological stabilization of Arthrospira bioactive-peptides within biopolymers: Functional food formulation; bitterness-masking and nutritional aspects. *LWT*, *191*, 115653. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115653

Alrosan, M., Al-Rabadi, N., Alu'datt, M. H., Al-Qaisi, A., Al-Shunnaq, E. A. E., Abu-Khalaf, N., ... & Obeidat, H. J. (2025). Complex coacervation of plant-based proteins and polysaccharides: Sustainable encapsulation techniques for bioactive compounds. *Food Engineering Reviews*, *17*(4), 1059-1082. https://doi.org/10.1007/s12393-025-09408-7

Ali, K., Jiang, B., Ashraf, W., Tahir, A. B., & Hussain, A. (2025). Quality, bioactivity and cytotoxicity of thymol nanofiber-fortified bread: Insight into molecular interaction mechanism. *Food Research International*, *206*, 116095. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116095

Antonio-Gómez, M. V., Salinas-Moreno, Y., Hernández-Rosas, F., Herrera-Corredor, J. A., & Contreras-Oliva, A. (2023). Color and stability of anthocyanins of chagalapoli *(Ardisia compressa K.)* fruit added to an isotonic beverage as microcapsules and as free extract. *Foods*, *12*(10), 2009. https://doi.org/10.3390/foods12102009

Baptista, N. T., Dessalles, R., Illner, A. K., Ville, P., Ribet, L., Anton, P. M., & Durand-Dubief, M. (2024). Harnessing the power of resistant starch: a narrative review of its health impact and processing challenges. *Frontiers in nutrition*, *11*, 1369950. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1369950

Chakraborty, M., & Bhowal, J. (2025). Prospects of health beneficial functional xylooligosaccharides produced by enzymatic hydrolysis of xylan and application in food industry: A comprehensive review. *Food Reviews International*, *41*(2), 643-670. https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2412617

El-Sohaimy, S. A., & Hussain, M. A. (2023). Functional probiotic foods development: Trends, concepts, and products. *Fermentation*, *9*(3), 249. https://doi.org/10.3390/fermentation9030249

Feng, S., Yan, J., Wang, D., Jiang, L., Sun, P., Xiang, N., & Shao, P. (2021). Preparation and characterization of soybean protein isolate/pectin-based phytosterol nanodispersions and their stability in simulated digestion. *Food Research International*, *143*, 110237. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110237

Guo, S. J., Ma, C. G., Hu, Y. Y., Bai, G., Song, Z. J., & Cao, X. Q. (2022). Solid lipid nanoparticles for phytosterols delivery: The acyl chain number of the glyceride matrix affects the arrangement, stability, and release. *Food chemistry*, *394*, 133412. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133412

Hosseini, S. F., Ramezanzade, L., & McClements, D. J. (2021). Recent advances in nanoencapsulation of hydrophobic marine bioactives: Bioavailability, safety, and sensory attributes of nano-fortified functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, 322-339. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.045

Kainat, S., Arshad, M. S., Khalid, W., Zubair Khalid, M., Koraqi, H., Afzal, M. F., ... & Al-Farga, A. (2022). Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review. *International Journal of Food Properties*, *25*(1), 2457-2476. https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144884

Katouzian, I., & Jafari, S. M. (2016). Nano-encapsulation as a promising approach for targeted delivery and controlled release of vitamins. *Trends in food science & technology*, *53*, 34-48. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.002

Makarova, A., Özten, C., & Zieniuk, B. (2025). Utilizing natural deep eutectic solvents (NADESs) for sustainable phytonutrient recovery: optimization and multi-matrix extraction of bioactive compounds. *Applied Sciences*, *15*(9), 4843. https://doi.org/10.3390/app15094843

Najafian, L. (2023). A review of bioactive peptides as functional food ingredients: mechanisms of action and their applications in active packaging and food quality improvement. *Food & Function*, *14*(13), 5835-5857. https://doi.org/10.1039/d3fo00362k

Parkavi, S., Saraswathy, S., Rajasree, V., Venkatesan, K., Anand, G., & Rajesh, S. (2026). Cardamom bioactives in functional foods: advances in green extraction, encapsulation and therapeutic efficacy. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *54*(1), e70008. https://doi.org/10.1002/nzc2.70008

Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J., ... & Biswas, D. (2020). Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *19*(4), 1908-1933. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12565

Reffai, Y. M., & Fechtali, T. (2025). A critical review on the role of lactic acid bacteria in sourdough nutritional quality: Mechanisms, potential, and challenges. *Applied microbiology*, *5*(3), 74. https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5030074

Rastall, R. A., & Gibson, G. R. (2015). Recent developments in prebiotics to selectively impact beneficial microbes and promote intestinal health. *Current opinion in biotechnology*, *32*, 42-46. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.002

Redha, A. A., Kodikara, C., & Cozzolino, D. (2024). Does encapsulation improve the bioavailability of polyphenols in humans? A concise review based on in vivo human studies. *Nutrients*, *16*(21), 3625. https://doi.org/10.3390/nu16213625

Sabahi, S., Homayouni Rad, A., Aghebati-Maleki, L., Sangtarash, N., Ozma, M. A., Karimi, A., ... & Abbasi, A. (2023). Postbiotics as the new frontier in food and pharmaceutical research. *Critical reviews in food science and nutrition*, *63*(26), 8375-8402. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2056727

Sheng, Q., Wang, X., Wang, Y., Zheng, H., Bing, W., Wang, L., ... & Liu, B. (2026). A Comprehensive Review: Harnessing Functional Microbiota for Precision Fermentation of Foods. *Food Reviews International*, 1-26. https://doi.org/10.1080/87559129.2026.2682345

Singh, I. P., & Sharma, A. (2026). Natural Deep Eutectic Solvents as Green Extraction Media for Nutritional and Functional Bioactives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *74*(19), 14758-14793. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6c00066

Somat, H. A., Thani, N. M., Mustapha, W. A. W., Lim, S. J., Seng, N. S. S., Rahman, H. A., ... & Kamal, S. M. M. (2026). Subcritical water extraction of bioactive compounds from plant materials: recent advances. *Journal of Future Foods*, *6*(5), 753-764. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.10.005

Szpicer, A., Bińkowska, W., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Czajkowska, A., Mierzejewska, S., ... & Półtorak, A. (2025). Innovative microencapsulation techniques of bioactive compounds: impact on physicochemical and sensory properties of food products and industrial applications. *Applied Sciences*, *15*(22), 11908. https://doi.org/10.3390/app152211908

Travis, C. R., McMaster, J., & Rivas, F. (2026). Advances in natural product extraction: Established and emerging technologies. *Molecules*, *31*(7), 1136. https://doi.org/10.3390/molecules31071136

Vivek, K., Mishra, S., Pradhan, R. C., Nagarajan, M., Kumar, P. K., Singh, S. S., ... & Gowda, N. N. (2023). A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: technology, carriers and current trends. *Applied Food Research*, *3*(1), 100248. https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100248

Zheng, S., Huang, Z., Dong, L., Li, D., Hu, X., Chen, F., & Ma, C. (2025). Sustainable extraction technology of fruit and vegetable residues as novel food ingredients. *Foods*, *14*(2), 331. https://doi.org/10.3390/foods14020331

Zhu, Y., Zhang, X., Feng, X., Huang, Y., Wang, L., Zhang, H., ... & Qi, Q. (2026). Advances in biological functions and applications of feeding microorganism-derived extracellular vesicles. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *18*(4), 5145-5168. https://doi.org/10.1007/s12602-025-10864-0

HİNDİSTAN CEVİZİ POSASI KATKILI ŞEFFAF VE BEYAZ FOTOPOLİMER REÇİNELERDE DÖNGÜSEL UV MARUZİYETİ SONRASI KÜTLE VE GÖRÜNÜM DEĞİŞİMLERİ: ÖN BULGULAR

Mustafa Sami ATA [1] / Hakan KAZAN [2]

[1] Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, mustafa.ata@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0944-4276

[2] Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, hakan.kazan@amasya.edu.tr , ORCID: 0000-0001-7745-8974

Özet

UV ile kürlenebilen fotopolimer reçinelere doğal dolgu katılması, gıda işleme yan ürünlerinin değerlendirilmesine olanak sağlar. Ancak dolgu ve reçine türünün UV maruziyeti sırasındaki davranışa etkisi yeterince bilinmemektedir. Bu çalışmada katkısız ve ağırlıkça %5 hindistan cevizi posası içeren şeffaf ve beyaz fotopolimer reçineler karşılaştırılmıştır. Numuneler ASTM D638 Tip IV geometrisindeki silikon kalıplarda üretilmiş ve UV ile kürlenmiştir. Numuneler sekiz gün boyunca 4 saat açık ve 2 saat kapalı döngülerle UV ışınımına maruz bırakılmıştır. Kütle değişimi, genel görünüm ve optik mikroskop görüntüleri incelenmiştir. Tüm numunelerde kütle kaybı ölçülmüştür. Kayıp katkısız şeffaf reçinede %1,27, katkılı şeffaf reçinede %0,57, katkısız beyaz reçinede %0,51 ve katkılı beyaz reçinede %0,29'dur. Posa katkılı numunelerde kayıp, aynı renkteki katkısız numunelerden düşüktür. UV uygulanmamış referanslarla yapılan görsel karşılaştırmada şeffaf gruplar belirgin biçimde daha sarı görünmüştür. Beyaz gruplarda gözle fark edilir bir renk değişimi görülmemiştir. Mikroskop görüntülerinde dairesel ve düzensiz yüzey yapıları gözlenmiştir. UV testi her grupta tek numune ile yapıldığından sonuçlar ön bulgu niteliğindedir. Kütle kaybının ve sararmanın şeffaf gruplarda birlikte daha belirgin olması, reçine türü ve posa katkısının UV maruziyeti sonrası davranışı etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hindistan cevizi posası, Fotopolimer reçine, UV maruziyeti, Doğal dolgu, Kütle değişimi

MASS AND APPEARANCE CHANGES OF TRANSPARENT AND WHITE PHOTOPOLYMER RESINS FILLED WITH COCONUT PULP AFTER CYCLIC UV EXPOSURE: PRELIMINARY FINDINGS

Mustafa Sami ATA [1] / Hakan KAZAN [2]

[1] Amasya University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering, mustafa.ata@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0944-4276

[2] Amasya University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering, hakan.kazan@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7745-8974

Abstract

Natural fillers offer a route for incorporating food-processing by-products into UV-curable photopolymer resins. However, the influence of filler and resin type on behaviour during UV exposure is not well understood. This study compared transparent and white photopolymer resins with and without 5 wt.% coconut pulp. Specimens were produced in silicone moulds with ASTM D638 Type IV geometry and UV cured. They were exposed to UV radiation for eight days in cycles of 4 h on and 2 h off. Mass change, macroscopic appearance and optical micrographs were evaluated. All specimens lost mass. The losses were 1.27% for the neat transparent resin, 0.57% for the filled transparent resin, 0.51% for the neat white resin and 0.29% for the filled white resin. The filled specimens lost less mass than the neat specimens of the same colour. In visual comparison with unexposed reference specimens, the transparent groups appeared markedly more yellow. No visible colour change was observed in the white groups. Circular and irregular surface features were observed in the micrographs. Because the UV test was performed on one specimen per group, the results are preliminary. The concurrent higher mass loss and yellowing of the transparent groups suggest that resin type and coconut pulp addition may affect behaviour after UV exposure.

Keywords: Coconut pulp, Photopolymer resin, UV exposure, Natural filler, Mass change

GİRİŞ

UV ile kürlenebilen fotopolimer reçineler, stereolitografi (SLA) ve maske tabanlı ışıkla kürleme (MSLA/DLP) gibi eklemeli imalat yöntemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu reçineler, ışıkla başlatılan polimerizasyon sonucunda çapraz bağlı bir ağ yapısı oluşturur (Ligon vd., 2017). Yüksek boyutsal hassasiyet ve iyi yüzey kalitesi sağlarlar. Bu nedenle prototip, model ve son kullanıcı parçalarının üretiminde tercih edilirler. Ancak bu parçalar kullanım sırasında güneş ışığına veya yapay UV kaynaklarına maruz kalabilir. Dolayısıyla uzun süreli UV maruziyetinin malzemeye etkisinin bilinmesi önemlidir.

Doğal kaynaklı dolgular, polimer kompozitlerde yenilenebilir hammadde kullanımı ve atık değerlendirme açısından yaygın olarak araştırılmaktadır (Faruk vd., 2012). Bu dolguların etkisi, parçacık özelliklerine ve matris türüne bağlıdır. Son yıllarda bu yaklaşım fotopolimer reçinelere de uygulanmaya başlanmıştır. Müller vd. (2025), biyo-kökenli dolguların fotopolimer reçinenin mekanik özelliklerini dolgu türüne bağlı olarak farklı yönlerde etkileyebildiğini bildirmiştir. Hindistan cevizi posası, hindistan cevizi sütü ve yağı üretiminde ortaya çıkan bir gıda işleme yan ürünüdür. Posanın bileşimi, kaynağına ve işlenme biçimine göre değişebilir. Bu nedenle fotopolimer matristeki davranışının deneysel olarak incelenmesi gerekmektedir.

UV maruziyeti sırasında foto-kimyasal tepkimeler, ısıl etkiler ve çevresel etkileşimler birlikte görülebilir. Polimerlerde foto-oksidasyon; zincir kopmasına, renk değişimine ve yüzey bozulmasına yol açabilir (Andrady vd., 1998; Yousif ve Haddad, 2013). UV ile kürlenmiş numunelerde ilave kürlenme de gerçekleşebilir. Düşük molekül ağırlıklı bileşenlerin uzaklaşması ve nem kaybı ise kütle kaybına katkı verebilir. Doğal dolgularda nem duyarlılığı ve dolgu–matris ara yüzeyi ek değişkenler oluşturur (Azwa vd., 2013). Lignin içeren bitkisel malzemeler UV ışığını soğurur ve foto-kimyasal dönüşüme uğrar (George vd., 2005).

Reçinenin optik özellikleri de UV etkilerini değiştirebilir. Saçılma ve soğurma, ışığın polimer içindeki nüfuz derinliğini belirler (Bennett, 2017; Griffith ve Halloran, 1997). Bu nedenle aynı dolgunun şeffaf ve beyaz reçinelerde farklı davranması beklenebilir. Bu farkın varlığı, bu çalışmanın sorularından biridir.

Doğal dolgulu fotopolimer reçinelerin UV maruziyeti sonrası davranışına ilişkin bilgi sınırlıdır. Bu çalışmanın amacı, %5 hindistan cevizi posası katkısının ve reçine türünün döngüsel UV maruziyeti sonrası kütle değişimi ve görünüm üzerindeki etkisini betimlemektir. Çalışma, doğal dolgulu ticari fotopolimerlerde reçine türü ile dolgu etkileşimine ilişkin ilk gözlemleri sunmaktadır.

1. MALZEME VE YÖNTEM

1.1. Malzemeler

Matris olarak Anycubic ECO UV Resin şeffaf (Clear) ve beyaz (White) fotopolimer reçineler kullanılmıştır. Üretici, reçinelerin kürleme dalga boyu aralığını 355–410 nm olarak belirtmektedir. Dolgu malzemesi olarak, yerel marketten yağı arındırılmış atık olarak çıkan Hindistan cevizi posası kullanılmıştır. Posa katkılı gruplar “HC” ile kodlanmıştır.

1.2. Numunelerin Hazırlanması

Hindistan cevizi posası 50 °C’de bir gece kurutulmuş, öğütülmüş ve 77 µm göz açıklığındaki elekten geçirilmiştir. Elde edilen toz, her iki reçineye ağırlıkça %5 oranında katılmıştır. Karışımlar manyetik karıştırıcıda, oda sıcaklığında, 300 dev/dak hızda 1 saat karıştırılmıştır. Karışımlar ASTM D638 Tip IV geometrisindeki silikon kalıplara dökülmüştür (ASTM International, 2014). Numune kalınlığı 3.6 mm’dir. Numuneler UV ışık altında 4 dakika kürlenmiştir. Katkısız reçineler aynı koşullarda hazırlanmış ve kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Deney grupları Tablo 1’de verilmiştir. Her gruptan beşer numune üretilmiştir. Her gruptan bir numune UV testine tabi tutulmuştur. Metinde numuneler yalnızca grup kodlarıyla anılmıştır.

Tablo 1. Deney grupları

Grup kodu	Reçine rengi	Dolgu malzemesi	Dolgu oranı (ağ. %)
Ş-0	Şeffaf	Katkısız (kontrol)	0
Ş-HC	Şeffaf	Hindistan cevizi posası	5
B-0	Beyaz	Katkısız (kontrol)	0
B-HC	Beyaz	Hindistan cevizi posası	5

1.3. UV Maruziyeti

Numuneler, 100 W'lık 365-405 nm dalga boyu aralığına sahip UV kaynağı altında 8 gün boyunca bekletilmiştir. Lamba ile numune arasındaki uzaklık 10 cm'dir. Kaynak, zaman ayarlı bir priz ile 4 saat açık, 2 saat kapalı olacak şekilde çalıştırılmıştır. Program kesintisiz uygulanmış ve 32 döngüde toplam 128 saat ışınım sağlanmıştır. Bu nedenle uygulanan süre, bir ışınım dozu olarak değil, maruziyet süresi olarak raporlanmıştır.

1.4. Kütle Değişiminin Belirlenmesi

Numuneler UV maruziyetinden önce ve sekizinci günün sonunda 0.001 g hassasiyete sahip Weightlab WL-303L terazide tartılmıştır. Tartım çözünürlüğü, ölçülen en küçük kütle farkının (0,019 g) yaklaşık %5'i düzeyindedir. Kütle değişimi Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır:

$$\Delta m\ (\%) = [(m_8 - m_0) / m_0] \times 100 \qquad (1)$$

Burada m_0 maruziyet öncesindeki, m_8 ise sekizinci gün sonundaki kütledir. Negatif değerler kütle kaybını gösterir. UV testi her grupta tek numune ile yapıldığından ortalama, standart sapma ve anlamlılık testi hesaplanmamıştır. Ayrıca basit bir sınır hesabı yapılmıştır. Bu hesapta posanın kütle kaybetmediği ve yalnızca reçineyi seyrelttiği varsayılmıştır. Bu durumda katkılı numunede beklenen kütle değişimi Eşitlik 2 ile verilir:

$$\Delta m_{beklenen}\ (\%) = 0{,}95 \times \Delta m_{katkısız}\ (\%) \qquad (2)$$

Burada $\Delta m_{katkısız}$, aynı renkteki katkısız numunenin kütle değişimidir.

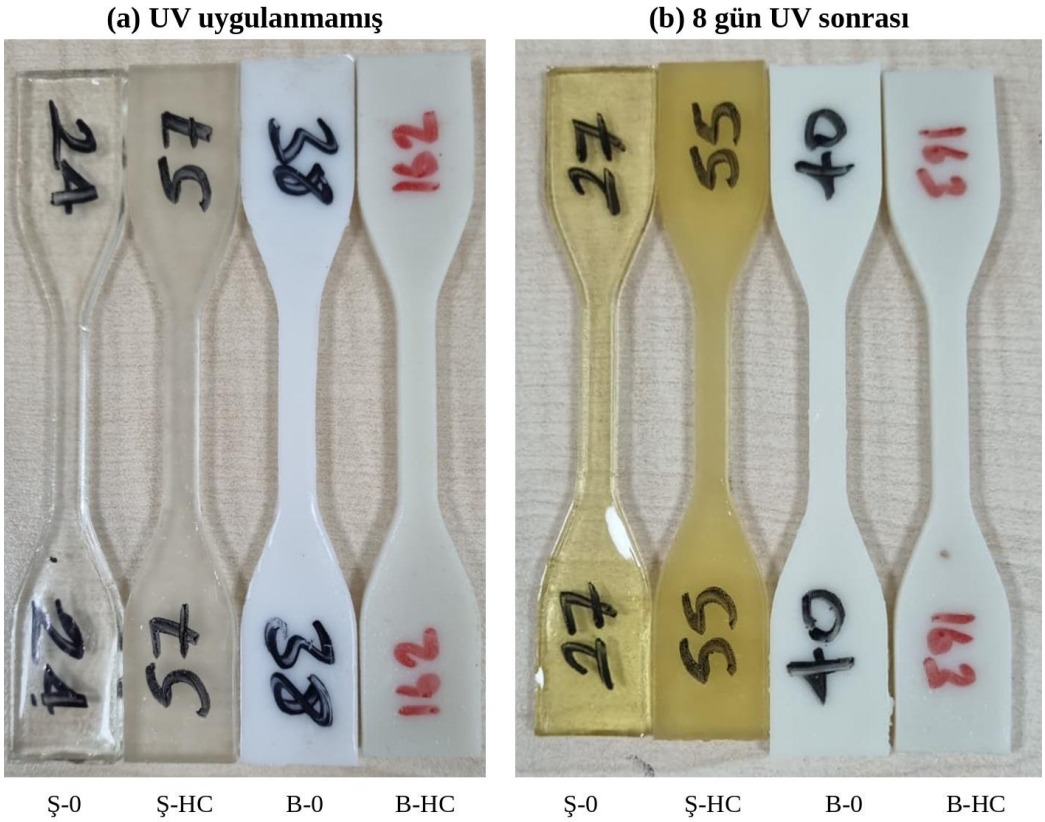
1.5. Görsel ve Mikroskobik İnceleme

Numune yüzeyleri UV maruziyetinden önce ve sonra dijital mikroskop ile incelenmiştir. Görüntüler 100× ve 750× büyütmede alınmıştır. Görüntülerde ölçek çubuğu bulunmadığından yapı boyutları nicel olarak verilmemiştir. UV öncesi ve sonrası görüntüler aynı numunenin aynı bölgesinden alınmıştır. Dairesel yapılar, parlak alanlar, koyu noktalar ve çizgisel izler betimsel olarak değerlendirilmiştir. UV uygulanan numunelerin genel görünümü ayrıca aynı partiden alınan referans numunelerle fotoğraf üzerinden karşılaştırılmıştır.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

2.1. Görsel İnceleme ve Renk Değişimi

Şekil 1, UV uygulanmamış referans numuneleri ve UV maruziyeti sonrasındaki numuneleri göstermektedir. Referans Ş-0 numunesi renksiz ve saydamdır. UV maruziyeti sonrasında Ş-0 numunesi sarı-amber bir renk almıştır. Ş-HC numunesi de UV sonrasında belirgin biçimde daha sarı görünmektedir. Beyaz gruplarda gözle görülür bir renk farkı seçilmemektedir. Ş-HC numuneleri her iki fotoğrafta da Ş-0 numunelerinden daha opaktır. Bu durum, posa parçacıklarının ışığı saçmasıyla uyumludur. İki fotoğrafta da aynı ahşap zemin bulunmaktadır ve zeminin tonu benzer görünmektedir. Bu, çekim koşullarının kabaca benzer olduğuna dair nitel bir iç referanstır.



Şekil 1. Grupların makroskobik görünümü: (a) UV uygulanmamış referans numuneler, (b) sekiz günlük UV maruziyeti sonrasındaki numuneler. Soldan sağa Ş-0, Ş-HC, B-0 ve B-HC. Referans numuneler aynı üretim partisinden alınmıştır; bu nedenle numune üzerindeki etiket numaraları farklıdır. Etiketler, deney kaydının korunması için değiştirilmemiştir.

Şeffaf gruplardaki sararma, foto-kimyasal dönüşümlerin olası bir belirtisidir. Polimerlerde foto-oksidasyon sonucu ışığı soğuran renkli grupların oluştuğu bilinmektedir (Andrady vd., 1998; Yousif ve Haddad, 2013). Ancak ilave kürlenme ve başlangıçtaki bileşen farklılıkları da renk tonunu etkileyebilir. Beyaz reçinenin rengini görsel olarak koruması, kimyasal dönüşüm gerçekleşmediğini göstermez. Renk değişiminin nesnel olarak belirlenmesi için CIE L*a*b* renk ölçümü gereklidir.

2.2. Kütle Değişimi

Kütle değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tüm numunelerde son kütle ilk kütleden düşüktür. Kayıp Ş-0 için %1,27, Ş-HC için %0,57, B-0 için %0,51 ve B-HC için %0,29'dur. Sıralama Ş-0 > Ş-HC > B-0 > B-HC biçimindedir. Ancak Ş-HC ile B-0 arasındaki fark küçüktür.

Tablo 2. UV maruziyeti öncesi ve sonrası kütleler ile kütle değişimi (her grupta n = 1)

Grup kodu	m_0 (g)	m_8 (g)	Δm (g)	Δm (%)
Ş-0	5,511	5,441	−0,070	−1,27
Ş-HC	7,222	7,181	−0,041	−0,57
B-0	6,851	6,816	−0,035	−0,51
B-HC	6,616	6,597	−0,019	−0,29

Ölçülen kaybın birden fazla olası kaynağı vardır. Düşük molekül ağırlıklı bileşenlerin uzaklaşması, nem kaybı ve foto-oksidatif ürünlerin uzaklaşması bunların başlıcalarıdır (Andrady vd., 1998; Yousif ve Haddad, 2013). Bu kaynaklar, mevcut ölçümlerle birbirinden ayırt edilememektedir. Bu nedenle bulgular "UV kaynaklı kütle kaybı" olarak değil, "UV maruziyeti sonrasında ölçülen kütle kaybı" olarak değerlendirilmiştir.

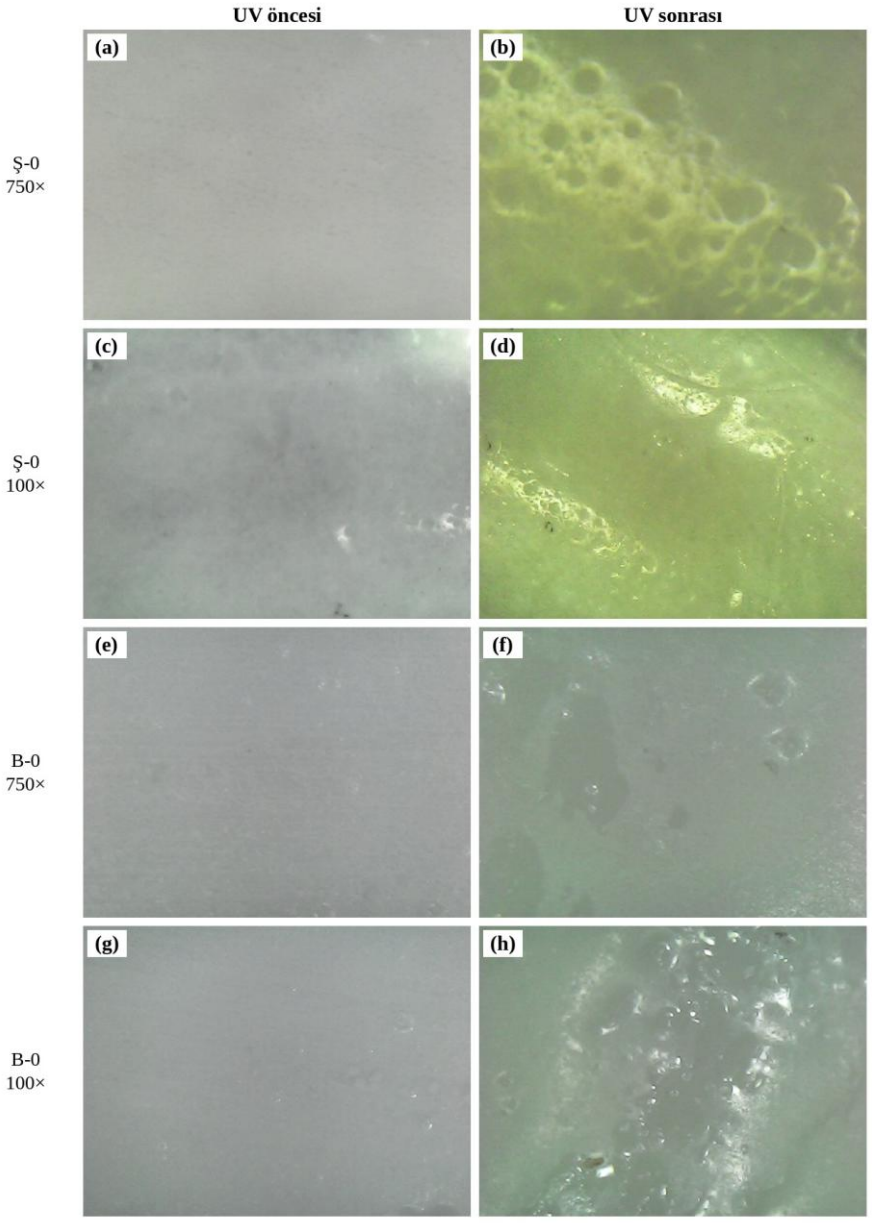
Beyaz reçinelerin kütle kaybı, aynı dolgu durumundaki şeffaf reçinelerin kütle kaybının yaklaşık %40–51'i kadardır. Aynı yönde ikinci bir gösterge de bulunmaktadır: Sararma yalnızca şeffaf gruplarda belirgindir (Şekil 1). Bu iki gözlem, beyaz reçinede pigmentin ışığı yüzeye yakın bölgede sınırladığı hipotezle uyumludur (Bennett, 2017; Griffith ve Halloran, 1997). Ancak iki ticari reçinenin bileşimi pigment dışında da farklı olabilir. Bu hipotez, derinliğe bağlı FTIR analizi veya kesit üzerinde renk ölçümüyle sınanabilir.

Posa katkılı numunelerin kütle kaybı, aynı renkteki katkısız numunelere göre şeffaf çiftte yaklaşık %55, beyaz çiftte ise %44 daha düşüktür. Bu oranlar tekil numune çiftlerine ait olduğundan bir etki büyüklüğü olarak değerlendirilmemiştir. Basit sınır hesabı ise yorum için yararlıdır. Posa yalnızca reçineyi seyreltseydi, beklenen kayıplar %1,21 ve %0,49 olurdu (Eşitlik 2). Ölçülen değerler (%0,57 ve %0,29) bu değerlerin belirgin biçimde altındadır. Dolayısıyla farkın tamamı %5'lik reçine azalmasıyla açıklanamaz. Posa parçacıklarının ışığı saçması ve soğurması olası bir açıklamadır (George vd., 2005; Griffith ve Halloran, 1997). Ancak kullanılan posanın bileşimi ve UV soğurma özellikleri ölçülmemiştir.

Başlangıç kütleleri 5,511–7,222 g aralığındadır. Aynı kalıp geometrisine karşın en düşük ve en yüksek değer arasındaki fark yaklaşık %31'dir. Bu fark, kalınlık veya döküm miktarındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Kütle kaybı yüzeye yakın bölgede gerçekleşiyorsa, yüzey alanı/hacim oranındaki farklar yüzde kütle değişimini etkileyebilir.

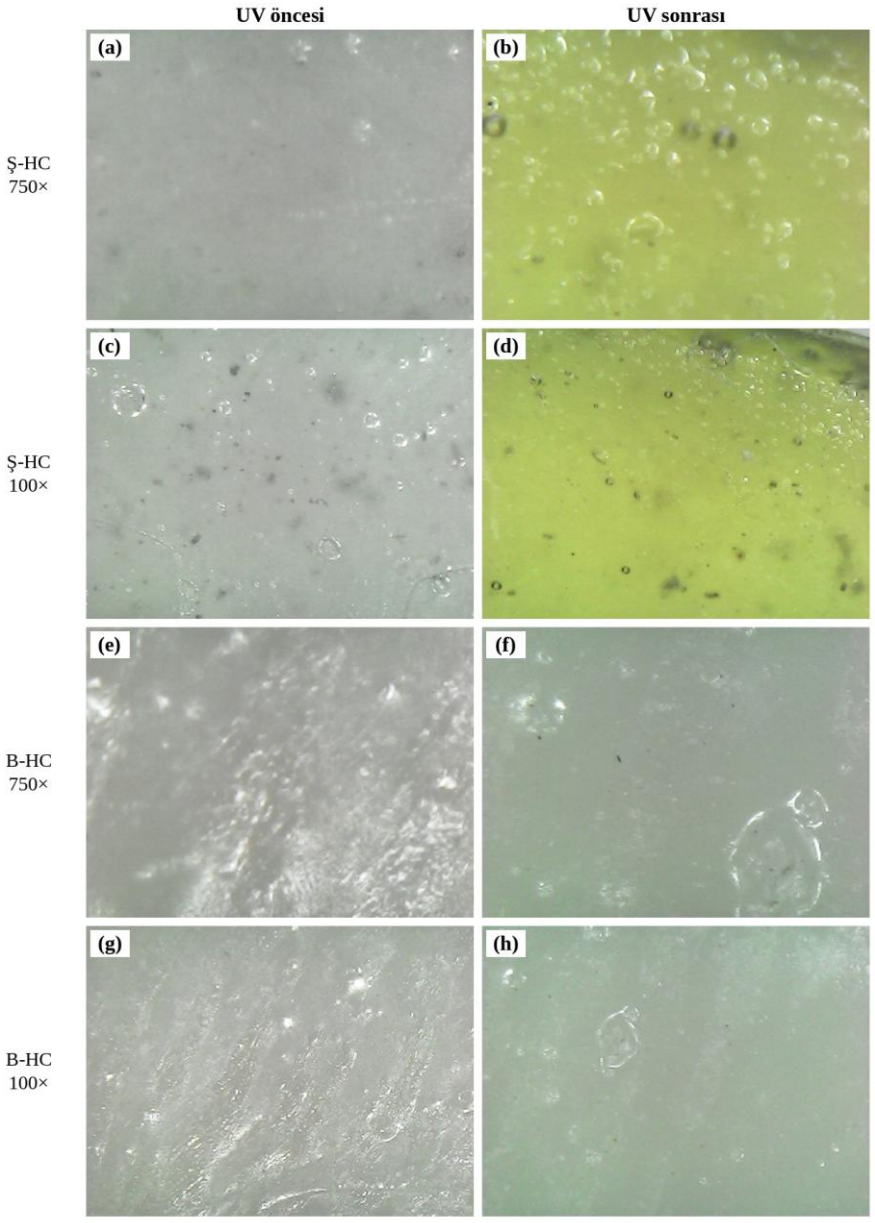
2.3. Mikroskobik İnceleme

Katkısız grupların UV öncesi ve sonrası mikroskop görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. UV öncesi Ş-0 ve B-0 yüzeyleri genel olarak homojen görünmektedir (Şekil 2a, c, e, g). UV sonrası Ş-0 yüzeyinde 750× büyütmede kümelenmiş, halka benzeri dairesel alanlar görülmektedir (Şekil 2b). 100× büyütmede ise bant biçimli aydınlık bölgeler dikkat çekmektedir (Şekil 2d). UV sonrası B-0 görüntülerinde düzensiz açık–koyu bölgeler, dairesel sınırlar ve pul benzeri parlak yapılar görülmektedir (Şekil 2f, h).



Şekil 2. Katkısız grupların UV maruziyeti öncesi (sol) ve sonrası (sağ) mikroskop görüntüleri: (a, b) Ş-0, 750×; (c, d) Ş-0, 100×; (e, f) B-0, 750×; (g, h) B-0, 100×

Posa katkılı grupların mikroskop görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. UV öncesi Ş-HC görüntülerinde koyu noktalar ve dairesel yapılar bulunmaktadır (Şekil 3a, c). UV sonrası Ş-HC görüntülerinde halka benzeri yapılar daha yoğun görülmektedir (Şekil 3b, d). UV öncesi B-HC yüzeyi pürüzlüdür ve çizgisel, parlak alanlar içermektedir (Şekil 3e, g). UV sonrası B-HC görüntülerinde ise daha homojen bir zemin ve yerel dairesel sınırlar görülmektedir (Şekil 3f, h).



Şekil 3. Posa katkılı grupların UV maruziyeti öncesi (sol) ve sonrası (sağ) mikroskop görüntüleri: (a, b) Ş-HC, 750×; (c, d) Ş-HC, 100×; (e, f) B-HC, 750×; (g, h) B-HC, 100×

UV sonrası bazı görüntülerde sarı-yeşil bir ton görülmektedir. Bu ton şeffaf gruplarda daha belirgindir ve Şekil 1'deki sararmayla uyumludur. Bu yapılar döküm kusurlarına, yüzey kalıntılarına veya maruziyetle ilişkili yüzey değişimlerine ait olabilir. Doğal dolgulu kompozitlerde ara yüzey değişimleri ve UV yaşlandırması sonrası yüzey oksidasyonu raporlanmıştır (Azwa vd., 2013; Stark ve Matuana, 2007). Bu çalışmada çatlak veya dolgu–matris ayrılması açık biçimde gözlenmemiştir. Aynı yüzey bölgelerinin öncesi ve sonrası görüntülenmesi ile taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemesi, bu yapıların ayırt edilmesini sağlayacaktır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, katkısız ve ağırlıkça %5 hindistan cevizi posası katkılı şeffaf ve beyaz fotopolimer reçineler sekiz günlük döngüsel UV maruziyetine bırakılmıştır. Maruziyet sonrasında kütle ve görünüm değişimleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen ön bulgular şöyle özetlenebilir:

1) Tüm numunelerde kütle kaybı ölçülmüştür. Kayıplar %0,29 ile %1,27 arasındadır.

2) Şeffaf gruplar, UV uygulanmamış referanslarla yapılan görsel karşılaştırmada belirgin biçimde daha sarı görünmüştür. Beyaz gruplarda gözle fark edilir bir renk değişimi görülmemiştir.

3) Kütle kaybı ve sararma şeffaf gruplarda birlikte daha belirgindir. Bu tutarlılık, beyaz reçinede ışığın yüzeye yakın bölgede sınırlandığı hipoteziyle uyumludur.

4) Posa katkılı numunelerin kütle kaybı, aynı renkteki katkısız numunelerden düşüktür. Bu fark, %5'lik reçine azalmasıyla açıklanabilecek düzeyin üzerindedir.

5) UV sonrası mikroskop görüntülerinde dairesel sınırlar, koyu noktalar ve düzensiz parlak bölgeler gözlenmiştir. Bu yapıların kökeni ek analizlerle belirlenmelidir.

Bu ön bulgular, düşük oranlı posa katkısının ve reçine türünün UV maruziyeti sonrası kütle ve renk değişimini birlikte etkileyebileceğini göstermektedir. İleriki çalışmalarda kimyasal değişimler FTIR ile, renk farkı ise kolorimetrik ölçümle belirlenmelidir. UV sonrası çekme testleri, maruziyetin mekanik özelliklere etkisini ortaya koyacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FMB-BAP 26-0712 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Andrady, A. L., Hamid, S. H., Hu, X., & Torikai, A. (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 46*(1–3), 96–103. https://doi.org/10.1016/S1011-1344(98)00188-2

ASTM International. (2014). *Standard test method for tensile properties of plastics* (ASTM D638-14). ASTM International. https://doi.org/10.1520/D0638-14

Azwa, Z. N., Yousif, B. F., Manalo, A. C., & Karunasena, W. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. *Materials & Design, 47*, 424–442. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.11.025

Bennett, J. (2017). Measuring UV curing parameters of commercial photopolymers used in additive manufacturing. *Additive Manufacturing, 18*, 203–212. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.10.009

Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science, 37*(11), 1552–1596. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003

George, B., Suttie, E., Merlin, A., & Deglise, X. (2005). Photodegradation and photostabilisation of wood – the state of the art. *Polymer Degradation and Stability, 88*(2), 268–274. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.10.018

Griffith, M. L., & Halloran, J. W. (1997). Scattering of ultraviolet radiation in turbid suspensions. *Journal of Applied Physics, 81*(6), 2538–2546. https://doi.org/10.1063/1.364311

Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chemical Reviews, 117*(15), 10212–10290. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00074

Müller, M., Urban, J., Svobodová, J., & Mishra, R. K. (2025). Modification of the mechanical properties of photosensitive resin by using biobased fillers during stereolithography (SLA) 3D printing. *Materials, 18*(12), 2699. https://doi.org/10.3390/ma18122699

Stark, N. M., & Matuana, L. M. (2007). Characterization of weathered wood–plastic composite surfaces using FTIR spectroscopy, contact angle, and XPS. *Polymer Degradation and Stability, 92*(10), 1883–1890. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.06.017

Yousif, E., & Haddad, R. (2013). Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: Review. *SpringerPlus, 2*, 398. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-398

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ VE KULLANILMAMIŞ ABS TOZU KATKISININ ŞEFFAF FOTOPOLİMER REÇİNENİN ÇEKME DAVRANIŞINA ETKİSİ

Hakan KAZAN[1] / Mustafa Sami ATA[2]

[1] Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, hakan.kazan@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7745-8974

[2] Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, mustafa.ata@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0944-4276

Özet

Bu çalışmada, granül hâlinde temin edilen kullanılmamış ve geri dönüştürülmüş akrilonitril bütadien stiren (ABS) katkısının, UV ile kürlenebilen şeffaf fotopolimer reçinenin çekme özellikleri üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Her iki ABS kaynağı mekanik öğütücüde öğütülmüş ve 77 µm göz açıklığına sahip elekten geçirilmiştir. Elde edilen parçacıklar, ticari şeffaf Anycubic ECO UV Resin Clear reçineye ayrı ayrı ağırlıkça %3, %5 ve %10 oranlarında katılmış; katkısız reçine kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında 300 dev/dak hızda 1 saat karıştırılmış, şeffaf silikon kalıplara dökülmüş ve UV ışık altında 4 dakika kürlenmiştir. Böylece bir kontrol ve altı katkılı gruptan oluşan toplam yedi deney grubu hazırlanmıştır. Çekme dayanımı, elastisite modülü ve kopma uzaması ASTM D638 Tip 4 standardına göre belirlenmiştir. Katkısız reçinenin çekme dayanımı yaklaşık 36 MPa, kopma uzaması yaklaşık %3 bulunmuştur. Her iki ABS katkısı da bu değerleri azaltmıştır. Katkılı gruplar içinde en yüksek dayanım, %3 kullanılmamış ABS katkılı grupta (yaklaşık 28 MPa) elde edilmiş ve bu değer kontrol grubundan yaklaşık %22 düşük kalmıştır. Katkı oranı arttıkça dayanım ve uzama azalmıştır. Geri dönüştürülmüş ABS katkılı numuneler, aynı oranda kullanılmamış ABS katkılı numunelerin yaklaşık yarı dayanımını göstermiştir. Bulgular, geri dönüştürülmüş ABS'nin bu üretim koşullarında dayanım artırıcı bir dolgu gibi davranmadığını ve sonucu katkı oranı ile kürleme koşullarının belirlediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüştürülmüş ABS, Fotopolimer reçine, UV kürleme, Çekme özellikleri, Polimer kompozit

EFFECT OF RECYCLED AND VIRGIN ABS POWDERS ON THE TENSILE BEHAVIOUR OF A TRANSPARENT PHOTOPOLYMER RESIN

Hakan KAZAN[1] / Mustafa Sami ATA[2]

[1] Amasya University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering, hakan.kazan@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7745-8974

[2] Amasya University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering, mustafa.ata@amasya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0944-4276

Abstract

In this study, the effects of virgin and recycled acrylonitrile butadiene styrene (ABS), both supplied as granules, on the tensile properties of a transparent UV-curable photopolymer resin were investigated comparatively. Both ABS sources were ground in a mechanical grinder and sieved through a 77 µm mesh. The resulting particles were added separately to a commercial transparent Anycubic ECO UV Resin Clear at 3, 5 and 10 wt.%, and the neat resin was used as the control group. The mixtures were stirred at room temperature at 300 rpm for 1 h, cast into transparent silicone moulds and cured under UV light for 4 min, giving seven experimental groups (one control and six filled groups). Tensile strength, elastic modulus and elongation at break were determined according to ASTM D638 Type IV. The neat resin showed a tensile strength of about 36 MPa and an elongation at break of about 3%. Both ABS additions reduced these values. The highest strength among the filled groups, about 28 MPa, was obtained with 3 wt.% virgin ABS, which is still about 22% below the control. Strength and elongation decreased further as the filler content increased. At the same filler content, specimens containing recycled ABS reached about half of the strength of those containing virgin ABS. The results show that, under these processing conditions, recycled ABS does not act as a strengthening filler, and that the filler content and curing conditions govern the outcome.

Keywords: Recycled ABS, Photopolymer resin, UV curing, Tensile properties, Polymer composite

GİRİŞ

Polimer malzemeler; düşük yoğunlukları, kolay işlenebilirlikleri ve farklı uygulamalara uyarlanabilen özellikleri nedeniyle otomotiv, elektronik, tüketici ürünleri ve imalat sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak ömrünü tamamlayan plastik ürünler önemli miktarda atık oluşturmaktadır. Bu atıkların yeniden değerlendirilmesi, kaynakların verimli kullanılması ve çevresel etkilerin azaltılması açısından önemlidir. Bu nedenle polimer atıkların ikincil ham madde olarak kullanılması, sürdürülebilir malzeme geliştirme çalışmalarının temel konularından biri hâline gelmiştir (Al Rashid ve Koç, 2023; Cruz Sanchez vd., 2020).

Akrilonitril bütadien stiren (ABS), akrilonitril, bütadien ve stiren bileşenlerinden oluşan bir mühendislik termoplastiğidir. Mekanik özellikleri ve üretim kolaylığı nedeniyle farklı ürünlerde kullanılmakta, bu durum ABS'yi geri dönüşüm araştırmaları için de önemli kılmaktadır. ABS; otomotiv parçaları, elektrikli ve elektronik cihaz gövdeleri ile ev aletlerinde yaygın olarak kullanıldığından, ömrünü tamamlayan ürünlerden önemli miktarda ABS atığı oluşmaktadır. Bu atıklar mekanik geri dönüşümle yeniden granül hâline getirilerek ikincil ham madde olarak kullanılabilmektedir. Geri dönüştürülmüş ABS granüllerinin farklı bir matris içinde katkı malzemesi olarak kullanılması, kullanılmamış ABS ile deneysel karşılaştırmayı gerekli kılmaktadır.

Geri dönüştürülmüş ABS'nin özellikleri; atığın kaynağına, önceki kullanım koşullarına, yeniden işleme geçmişine ve bileşimine bağlı olarak değişebilir. Kullanılmamış ABS ile tüketici sonrası ABS karışımlarını inceleyen çalışmalar, geri dönüştürülmüş malzeme oranının ve yeniden işleme sayısının fiziksel ve mekanik özellikleri etkilediğini göstermiştir (Scaffaro vd., 2012). Yeniden işleme ve yaşlanma da ABS'nin özelliklerini değiştirmektedir (Pérez vd., 2010). Özellikle bütadien fazının termo-oksidatif bozunması ve stiren-akrilonitril (SAN) fazının fiziksel yaşlanması, kopma uzamasında belirgin bir azalmaya yol açabilmektedir (Boldizar ve Möller, 2003).

Polimerlerin geri kazanımı ve eklemeli imalat süreçlerinde yeniden kullanımı, malzeme döngüsünün uzatılması ve atıkların yeni ürünlere dönüştürülmesi açısından araştırılmaktadır. Cruz Sanchez vd. (2020), eklemeli imalatta plastik geri dönüşümünü sistematik literatür taramasıyla ele almıştır. Al Rashid ve Koç (2023), geri dönüştürülmüş polimerlerin eklemeli imalatta kullanımını döngüsel ekonomi yaklaşımı çerçevesinde incelemiştir. Mikula vd. (2021) ile Kassab vd. (2023) ise atık plastiklerin 3B yazdırma filamentine dönüştürülmesini ve geri dönüşüm ile eklemeli imalatın bütünleştirilmesindeki fırsat ve güçlükleri tartışmıştır. Termoplastiklerin doğrudan yeniden işlenmesi ile bu malzemelerin UV ışıkla kürlenen bir reçine içinde parçacık katkısı olarak kullanılması aynı yaklaşım değildir. Bu nedenle her iki yaklaşımın bulguları, uygulanan yöntem ve malzeme sistemi dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

UV ile kürlenebilen fotopolimer reçineler, ışık etkisiyle sertleşen ve stereolitografi gibi süreçlerde kullanılan matris malzemeleridir. Bu reçinelere geri kazanılmış polimer parçacıkları eklemek, atık değerlendirme ile malzeme tüketimini birlikte ele almaya olanak verir. Bianchi vd. (2023), seçici lazer sinterlemeden geri kazanılan poliamid 12 tozunu ticari bir ışıkla kürlenen reçineye ağırlıkça %0,5–10 oranında katmıştır. Düşük katkı oranlarında çekme dayanımı ve elastisite modülünde artış bildirmişlerdir. %10 katkıda ise dayanım katkısız reçineye göre yaklaşık %18 düşmüş, kopma birim şekil değiştirmesi katkı oranıyla azalmıştır. Bu çalışma, geri kazanılmış polimer parçacıklarının fotopolimer sistemlerde kullanımına yönelik en yakın örnektir. Ancak dolgunun poliamid olması nedeniyle bulgular ABS sistemine doğrudan aktarılamaz.

Fotopolimer reçineye katılan parçacıkların etkisi yalnızca dolgu türüne bağlı değildir. Katkı oranı, parçacıkların dağılımı, matris ile parçacık arasındaki etkileşim ve numune üretim koşulları da mekanik performansı etkiler. Müller vd. (2025), ticari bir UV reçinesine tarımsal yan ürün kaynaklı dolgular katmış; bazı dolguların çekme dayanımını artırdığını, kahve telvesi gibi bazılarının ise azalttığını bildirmiştir. Yazarlar ayrıca opak dolguların reçinenin ışığa duyarlılığını azaltarak eksik kürlenmeye yol açabileceğini belirtmiştir. Bu nedenle farklı

kaynaklardan elde edilen ABS parçacıklarının aynı reçine ve üretim koşullarında karşılaştırılması, dolgu türü ile katkı oranının etkisini birlikte değerlendirmek açısından önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, kullanılmamış ve geri dönüştürülmüş ABS granüllerinden elde edilen tozların UV ile kürlenebilen fotopolimer reçineye ayrı ayrı ağırlıkça %3, %5 ve %10 oranlarında eklenmesiyle hazırlanan kompozitlerin çekme özelliklerini incelemektir. Bu amaçla katkısız reçine kontrol grubu ile altı farklı katkılı grup oluşturulmuştur. İki ABS kaynağı aynı karıştırma, kalıplama ve UV kürleme koşullarında hazırlanmıştır. Böylece ABS kaynağının ve katkı oranının çekme dayanımı, elastisite modülü ve kopma uzaması üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

1. MALZEME VE YÖNTEM

1.1. Malzemeler

Çalışmada matris malzemesi olarak Anycubic ECO UV Resin Clear (1 kg, Anycubic) ticari şeffaf UV kürlenebilir fotopolimer reçine kullanılmıştır. Üretici tarafından ürün etiketinde belirtilen UV dalga boyu aralığı 355–410 nm'dir. Katkı malzemesi olarak granül hâlinde temin edilen beyaz renkli kullanılmamış ABS ile siyah renkli geri dönüştürülmüş ABS kullanılmıştır. İki ABS kaynağı reçine içinde ayrı ayrı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Katkısız fotopolimer reçine kontrol grubu olarak hazırlanmıştır. Bu metinde kullanılmamış ABS katkılı gruplar "ABS", geri dönüştürülmüş ABS katkılı gruplar ise "rABS" ile kodlanmış ve katkı oranı ile birlikte belirtilmiştir (örn. %5 rABS).

1.2. Numunelerin Hazırlanması

ABS granülleri mekanik öğütücü kullanılarak küçültülmüş ve öğütme sonrasında 77 µm göz açıklığına sahip elekten geçirilmiştir. Kullanılmamış ve geri dönüştürülmüş ABS granüllerinden elde edilen tozlar birbirinden ayrı tutulmuş ve farklı deney gruplarında kullanılmıştır.

Kompozit karışımlar, ABS tozlarının fotopolimer reçineye ağırlıkça %3, %5 ve %10 oranlarında ilave edilmesiyle hazırlanmıştır (Tablo 1). Bileşenler hassas terazide tartılmış; karıştırma işlemi manyetik karıştırıcıda, oda sıcaklığında, 300 dev/dak hızda 1 saat boyunca yapılmıştır. Hazırlanan karışımlar şeffaf silikon kalıplara dökülerek çekme numuneleri üretilmiştir. Numuneler UV kürleme düzeneğinde 4 dakika süreyle UV ışığa maruz bırakılmıştır. Kürleme sonrasında numuneler kalıptan çıkarılmış ve mekanik testlere kadar oda koşullarında saklanmıştır. Numune hazırlama süreci ve deney tasarımı Şekil 1'de özetlenmiştir.

Deney tasarımında ABS kaynağı ve katkı oranı temel değişkenler olarak ele alınmıştır. Kullanılmamış ve geri dönüştürülmüş ABS içeren gruplar aynı nominal katkı oranlarında karşılaştırılmış, katkısız reçine kontrol grubu ile birlikte toplam yedi deney grubu oluşturulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Deney grupları ve karışım bileşimleri

Grup no.	ABS malzeme kaynağı	ABS oranı (ağırlıkça, %)	Reçine oranı (%)
1	Katkısız reçine (kontrol)	0	100
2	Kullanılmamış ABS	3	97
3	Kullanılmamış ABS	5	95
4	Kullanılmamış ABS	10	90
5	Geri dönüştürülmüş ABS	3	97
6	Geri dönüştürülmüş ABS	5	95
7	Geri dönüştürülmüş ABS	10	90



	Grup no.	Malzeme kaynağı	ABS oranı (ağırlıkça) (%)	Reçine oranı (%)
	1	Saf reçine (kontrol)	0	100
Kullanılmamış ABS (beyaz)	2	Kullanılmamış ABS	3	97
	3	Kullanılmamış ABS	5	95
	4	Kullanılmamış ABS	10	90
ABS atığı (siyah)	5	ABS atığı	3	97
	6	ABS atığı	5	95
	7	ABS atığı	10	90

Şekil 1. Numune hazırlama süreci ve deney tasarımının şematik gösterimi

1.3. Çekme Testi

Çekme testleri, Kastamonu Üniversitesi'nde üniversal test cihazında, 1 kN kapasiteli yük hücresi kullanılarak oda sıcaklığında ve 5 mm/dak çene ayrılma hızında yapılmıştır. Numune geometrisi ASTM D638 Tip IV standardına

uygun olarak belirlenmiştir. Testlerden önce her numunenin dar kesit bölgesindeki genişlik ve kalınlık değerleri dijital kumpas ile ölçülmüştür.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

2.1. Numunelerin Makroskobik Görünümü

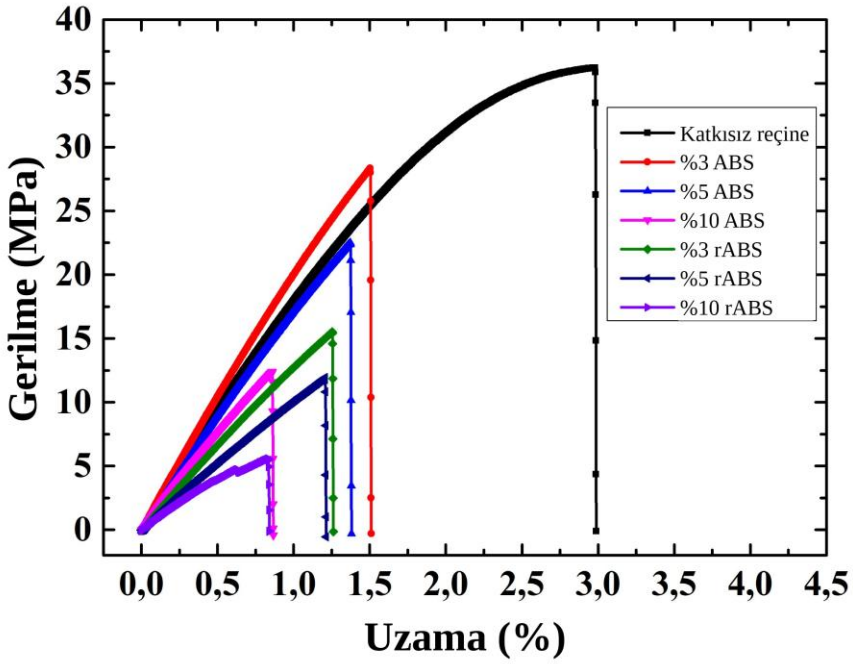
Kürlenmiş çekme numunelerinin genel görünümü Şekil 2'de verilmiştir. Kullanılmamış ABS katkılı numuneler beyaz renkli ve yarı saydamdır. ABS parçacıkları matris içinde ince benekler hâlinde ayırt edilebilmiştir. Geri dönüştürülmüş ABS katkılı numuneler ise bu malzemenin pigment içeriği nedeniyle tamamen siyah ve opaktır. Bazı numunelerin kenarlarında kalıp çapakları, yüzeylerinde ise düzensizlikler görülmüştür. Bu kusurlar gerilme yığılmasına yol açarak çekme sonuçlarındaki saçılmayı artırabilir. Işığın reçine içindeki nüfuz derinliği, katkı parçacıklarının ışığı saçmasına ve soğurmasına bağlıdır (Bennett, 2017; Griffith ve Halloran, 1997). Beyaz parçacıklar ışığı ağırlıklı olarak saçar. Siyah ve opak rABS parçacıkları ise UV ışığını ayrıca soğurabilir. Bu durum ışığın numune kesiti boyunca ilerlemesini sınırlayarak kürlenme derinliğini ve çapraz bağlanma derecesini azaltabilir. Bu etkinin rABS katkılı numunelerde daha belirgin olması beklenir.



Şekil 2. Kürlenmiş çekme numuneleri: geri dönüştürülmüş ABS katkılı (solda) ve kullanılmamış ABS katkılı (sağda) numuneler

2.2. Çekme Özellikleri

Deney gruplarına ait gerilme–uzama eğrileri Şekil 3'te, çekme dayanımı, elastisite modülü ve kopma uzaması değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir. Katkısız reçine yaklaşık 36,2 MPa çekme dayanımı, yaklaşık 1,9 GPa elastisite modülü ve yaklaşık %3 kopma uzaması göstermiştir. Bu grubun eğrisi, kopmadan önce doğrusallıktan hafifçe sapmıştır. Katkılı gruplarda ise eğriler kopmaya kadar neredeyse doğrusal kalmış ve gerilme ani düşüşle sona ermiştir. Bu davranış, katkılı numunelerde gevrek kırılmanın baskın olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Deney gruplarına ait gerilme–uzama eğrileri

Tablo 2. Deney gruplarının çekme testi sonuçları

Grup no.	ABS malzeme kaynağı	ABS oranı (%)	Çekme dayanımı (MPa)	Elastisite modülü (MPa)	Kopma uzaması (%)
1	Katkısız reçine (kontrol)	0	36,2	1900	2,98
2	Kullanılmamış ABS	3	28,4	1950	1,50
3	Kullanılmamış ABS	5	22,6	1650	1,37
4	Kullanılmamış ABS	10	12,4	1400	0,85
5	Geri dönüştürülmüş ABS	3	15,5	1250	1,25
6	Geri dönüştürülmüş ABS	5	12,0	1000	1,20
7	Geri dönüştürülmüş ABS	10	5,6	850	0,82

Kullanılmamış ABS katkılı gruplarda çekme dayanımı kontrol grubuna göre %3 katkıda yaklaşık %22, %5 katkıda yaklaşık %38 ve %10 katkıda yaklaşık %66 azalmıştır. Geri dönüştürülmüş ABS katkılı gruplarda bu azalma sırasıyla yaklaşık %57, %67 ve %85 olmuştur. Kopma uzaması da aynı yönde değişmiştir. Kullanılmamış ABS katkılı gruplarda yaklaşık %50, %54 ve %71, rABS katkılı gruplarda ise yaklaşık %58, %60 ve %72 azalma görülmüştür. Katkı oranının artmasıyla bu iki özellik birlikte düşmüştür. Bunun olası nedenleri; parçacıkların topaklanması, parçacık–matris ara yüzeyindeki zayıf bağlanma, karışıma hapsolan hava kabarcıkları ve parçacıkların ışığı saçıp soğurmasına bağlı eksik kürlenmedir. Bu bölgeler gerilme yığılması oluşturur ve çatlağın

erken başlamasına yol açar. Katkı oranı arttıkça bu bölgelerin sayısı ve boyutu artabilir. Ayrıca yüksek katkı oranı karışımın viskozitesini yükseltir. Bu durum kalıba dökümü ve kabarcıkların uzaklaşmasını zorlaştırır. Bu açıklamalar kırılma yüzeyi incelemesiyle henüz doğrulanmamıştır.

Bianchi vd. (2023), geri kazanılmış poliamid tozunda düşük katkı oranlarında dayanım artışı, %10 katkıda ise yaklaşık %18 dayanım kaybı bildirmiştir. Kopma birim şekil değiştirmesi bu çalışmada da katkı oranıyla azalmıştır. Mevcut çalışmada dayanım, incelenen en düşük oran olan %3'te bile azalmıştır. %3'ün altındaki oranlar denenmediği için düşük katkıda bir artış olup olmadığı belirlenememiştir. Dolgu malzemesi ve numune üretim yöntemi farklı olduğundan sonuçlar doğrudan karşılaştırılamaz. Müller vd. (2025) de dolgu türüne göre dayanımın hem artabildiğini hem azalabildiğini göstermiştir. Bu bulgular, sonucu belirleyen etkenin dolgunun türünden çok matrisle kurduğu ara yüzey ve kürleme kalitesi olduğunu düşündürmektedir.

Elastisite modülü, katkısız reçinede yaklaşık 1,9 GPa iken %3 ABS katkılı grupta benzer düzeyde (yaklaşık 1,95 GPa) kalmıştır. Modül, %5 ve %10 ABS katkısında yaklaşık 1,65 ve 1,40 GPa'a, rABS katkılı gruplarda ise yaklaşık 1,25, 1,0 ve 0,85 GPa'a düşmüştür. Düşük katkıda modülün korunması, matrisin genel rijitliğinin bu oranda büyük ölçüde sürdüğünü gösterir. Dayanım ise kusurlara daha duyarlı olduğu için daha hızlı azalmıştır. ABS, kauçuksu bütadien fazı nedeniyle tok bir termoplastiktir. Bu nedenle parçacıkların enerji sönümleyerek uzamayı artırması beklenebilirdi. Ancak kopma uzaması tüm gruplarda azalmıştır. Bu durum, parçacıkların bu sistemde enerji sönümleyici olarak değil, çatlak başlangıç noktası olarak davrandığını düşündürmektedir.

Aynı katkı oranında geri dönüştürülmüş ABS katkılı numuneler, kullanılmamış ABS katkılı numunelere göre belirgin biçimde düşük dayanım göstermiştir. Dayanım %3 katkıda yaklaşık 15,5 MPa'a karşı 28,4 MPa, %5 katkıda 12,0 MPa'a karşı 22,6 MPa ve %10 katkıda 5,6 MPa'a karşı 12,4 MPa olmuştur. Yani rABS ile elde edilen dayanım, kullanılmamış ABS'ninkinin yaklaşık yarısı kadardır. Dikkat çekici bir bulgu, %5 rABS grubunun (12,0 MPa) %10 ABS grubuyla (12,4 MPa) benzer dayanım vermesidir. Başka bir deyişle geri dönüştürülmüş ABS'de, yaklaşık yarı oranda katkı aynı dayanım kaybına yol açmıştır. Bu farkın olası nedenleri üç başlıkta toplanabilir. Birincisi, geri dönüştürülmüş ABS'nin önceki kullanım ömrü ile geri dönüşüm sürecindeki yeniden eritme ve granülleme adımlarında yaşadığı termal ve oksidatif geçmiştir. Bu geçmiş özellikle bütadien fazında bozunmaya ve SAN fazında fiziksel yaşlanmaya neden olabilir (Boldizar ve Möller, 2003; Scaffaro vd., 2012). İkincisi, geri dönüştürülmüş malzemenin bilinmeyen pigment, katkı maddesi ve olası safsızlıklar içermesidir. Üçüncüsü, siyah parçacıkların UV ışığını soğurarak kürlenmeyi sınırlamasıdır (Bennett, 2017; Griffith ve Halloran, 1997).

3. SONUÇ

Bu çalışmada, granül hâlinde temin edilen kullanılmamış ve geri dönüştürülmüş ABS öğütülerek şeffaf UV kürlenebilir fotopolimer reçineye ağırlıkça %3, %5 ve %10 oranlarında katılmış ve döküm yöntemiyle üretilen numunelerin çekme özellikleri karşılaştırılmıştır. Her iki ABS kaynağıyla da kalıba dökülebilir karışımlar elde edilmiş ve 4 dakikalık UV kürleme sonrasında kalıptan çıkarılabilen numuneler üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1) Katkısız reçine yaklaşık 36 MPa çekme dayanımı ve yaklaşık %3 kopma uzaması göstermiştir. Hiçbir katkılı grup bu değerlere ulaşamamıştır.

2) En yüksek dayanım, %3 kullanılmamış ABS katkılı grupta yaklaşık 28 MPa olarak elde edilmiş ve kontrol grubundan yaklaşık %22 düşük kalmıştır.

3) Katkı oranı arttıkça çekme dayanımı ve kopma uzaması her iki ABS kaynağında da azalmıştır. Katkılı numuneler gevrek kırılma göstermiştir.

4) Aynı katkı oranında geri dönüştürülmüş ABS katkılı numuneler, kullanılmamış ABS katkılı numunelerin yaklaşık yarı dayanımını vermiştir. Bu fark; geri dönüştürülmüş malzemenin termal geçmişi, pigment içeriği ve siyah parçacıkların UV ışığını soğurmasıyla ilişkili olabilir.

Bu bulgular, incelenen koşullarda geri dönüştürülmüş ABS'nin fotopolimer reçinede dayanım artırıcı bir dolgu gibi davranmadığını göstermektedir. Bu katkılar yük taşıyan uygulamalar için uygun görünmemektedir. Geri dönüştürülmüş ABS kullanılacaksa kürleme koşulları ayrıca optimize edilmelidir. Bu çalışma yalnızca çekme davranışını incelemiştir. Diğer uygulama alanları için ek testler gerekir.

İleriki çalışmalarda kırılma yüzeylerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenerek parçacık–matris ara yüzey etkileşiminin değerlendirilmesi önerilmektedir. Karışımlara vakumla gaz giderme uygulanması, %3'ten düşük katkı oranlarının denenmesi ve opak rABS parçacıkları için kürleme süresinin optimize edilmesi de yararlı olacaktır. Renk etkisini ayırmak için siyah pigmentli kullanılmamış ABS ile kontrol deneyleri yapılmalıdır. Sonuçlar ayrıca PLA atığı katkılı sistemlerle karşılaştırılabilir.

KAYNAKLAR

Al Rashid, A., & Koç, M. (2023). Additive manufacturing for sustainability and circular economy: Needs, challenges, and opportunities for 3D printing of recycled polymeric waste. *Materials Today Sustainability, 24*, 100529. https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100529

ASTM International. (2014). *Standard test method for tensile properties of plastics* (ASTM D638-14). ASTM International. (Kullanılan standarda göre güncellenecek)

Bennett, J. (2017). Measuring UV curing parameters of commercial photopolymers used in additive manufacturing. *Additive Manufacturing, 18*, 203–212. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.10.009

Bianchi, I., Forcellese, A., Mancia, T., & Simoncini, M. (2023). Tensile properties and sustainability assessment of vat photopolymerization 3D printed components with recovered plastic filler. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 129*(5–6), 2171–2182. https://doi.org/10.1007/s00170-023-12412-y

Boldizar, A., & Möller, K. (2003). Degradation of ABS during repeated processing and accelerated ageing. *Polymer Degradation and Stability, 81*(2), 359–366. https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00107-1

Cruz Sanchez, F. A., Boudaoud, H., Camargo, M., & Pearce, J. M. (2020). Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. *Journal of Cleaner Production, 264*, 121602. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121602

Griffith, M. L., & Halloran, J. W. (1997). Scattering of ultraviolet radiation in turbid suspensions. *Journal of Applied Physics, 81*(6), 2538–2546. https://doi.org/10.1063/1.364311

Kassab, A., Al Nabhani, D., Mohanty, P., Pannier, C., & Ayoub, G. Y. (2023). Advancing plastic recycling: Challenges and opportunities in the integration of 3D printing and distributed recycling for a circular economy. *Polymers, 15*(19), 3881. https://doi.org/10.3390/polym15193881

Mikula, K., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Warchoł, J., Moustakas, K., Chojnacka, K., & Witek-Krowiak, A. (2021). 3D printing filament as a second life of waste plastics—A review. *Environmental Science and Pollution Research, 28*, 12321–12333. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10657-8

Müller, M., Urban, J., Svobodová, J., & Mishra, R. K. (2025). Modification of the mechanical properties of photosensitive resin by using biobased fillers during stereolithography (SLA) 3D printing. *Materials, 18*(12), 2699. https://doi.org/10.3390/ma18122699

Pérez, J. M., Vilas, J. L., Laza, J. M., Arnáiz, S., Mijangos, F., Bilbao, E., & León, L. M. (2010). Effect of reprocessing and accelerated weathering on ABS properties. *Journal of Polymers and the Environment, 18*(1), 71–78. https://doi.org/10.1007/s10924-009-0154-7

Scaffaro, R., Botta, L., & Di Benedetto, G. (2012). Physical properties of virgin-recycled ABS blends: Effect of post-consumer content and of reprocessing cycles. *European Polymer Journal, 48*(3), 637–648. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2011.12.018

DÖNGÜSEL EKONOMİYE GEÇİŞTE KENTSEL MADENCİLİĞİN ROLÜ: E-ATIKLARDAN KRİTİK HAM MADDE KAZANIMI

Işılay TEKTEN[1] / Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN[2]

[1] Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

22280866@stu.omu.edu.tr, 0009-0001-7591-5534

[2] Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

gturan@omu.edu.tr, 0000-0001-6500-6188

Özet

Döngüsel ekonomi, doğal kaynak tüketiminin azaltılmasını, atıkların yeniden değerlendirilmesini ve kaynak verimliliğinin artırılmasını esas alan sürdürülebilir bir ekonomik modeldir. Teknolojik gelişmeler ve elektronik ürünlerin kullanım ömürlerinin kısalması, elektronik atık miktarının küresel ölçekte hızla artmasına neden olmaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) ve Birleşmiş Milletler Eğitim ve Araştırma Enstitüsü (UNITAR) tarafından yayımlanan *Global E-waste Monitor 2024* raporuna göre, 2022 yılında dünya genelinde 62 milyon ton elektronik atık oluşmuş ve bu miktar 2010 yılına kıyasla %82 artmıştır. Oluşan atıkların yalnızca %22,3'ünün çevreye duyarlı biçimde toplanarak geri dönüştürüldüğü belgelenmiştir. Mevcut eğilimlerin sürmesi durumunda küresel elektronik atık miktarının 2030 yılında 82 milyon tona ulaşması beklenmektedir. Elektronik atıklar; altın, gümüş, bakır, kobalt ve paladyum gibi ekonomik değeri yüksek metallerin yanı sıra kritik ham maddelerin geri kazanılması açısından önemli bir ikincil kaynak niteliğindedir. Kentsel madencilik, kullanım ömrünü tamamlamış elektronik cihazlardaki değerli malzemelerin geri kazanılarak yeniden üretim süreçlerine dâhil edilmesini sağlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, birincil ham madde çıkarımına olan bağımlılığın azaltılmasına, doğal kaynakların korunmasına ve atıkların çevresel etkilerinin sınırlandırılmasına katkıda bulunabilir. Bununla birlikte yetersiz toplama altyapısı, kayıt dışı geri dönüşüm faaliyetleri ve teknolojik sınırlılıklar, kaynak kazanımının önündeki temel engellerdir. Bu çalışma, döngüsel ekonomiye geçişte kentsel madenciliğin rolünü elektronik atıklardan kritik ham madde kazanımı çerçevesinde değerlendirmeyi; geri kazanım potansiyelini, uygulamadaki temel sorunları ve sürdürülebilir kaynak yönetimine yönelik fırsatları ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, E-atık, Elektronik atık, Kentsel madencilik, Kritik ham madde, Geri kazanım.

THE ROLE OF URBAN MINING IN THE TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY: RECOVERY OF CRITICAL RAW MATERIALS FROM E-WASTE

Işılay TEKTEN[1] / Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN[2]

[1] Ondokuz Mayıs University, Department of Environment Engineering, Samsun, Türkiye
22280866@stu.omu.edu.tr, 0009-0001-7591-5534

[2] Ondokuz Mayıs University, Department of Environment Engineering, Samsun, Türkiye
gturan@omu.edu.tr, 0000-0001-6500-6188

Abstract

The circular economy is a sustainable economic model based on reducing the consumption of natural resources, repurposing waste, and increasing resource efficiency. Technological advancements and the shortening lifespan of electronic products have led to a rapid increase in the global generation of electronic waste (e-waste). According to the Global E-waste Monitor 2024, published by the International Telecommunication Union (ITU) and the United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), approximately 62 million tonnes of e-waste were generated worldwide in 2022, representing an 82% increase compared with 2010. It has been reported that only 22.3% of this waste was collected and recycled in an environmentally sound manner. Based on current trends, global e-waste generation is expected to rise to 82 million tonnes by 2030. Electronic waste represents a valuable secondary resource for the recovery of high-value metals, such as gold, silver, copper, cobalt, and palladium, as well as critical raw materials. Urban mining is an approach that enables the recovery of valuable materials from end-of-life electronic devices, reintegrating them into manufacturing processes. This approach can help reduce reliance on the extraction of primary raw materials, conserve natural resources, and limit the environmental impact of waste. However, inadequate collection infrastructure, informal recycling activities, and technological limitations remain the primary barriers to resource recovery. This study aims to evaluate the role of urban mining in the transition to a circular economy, with a particular focus on critical raw material recovery from electronic waste. It also seeks to identify recovery potentials, key challenges in practical implementation, and opportunities for sustainable resource management.

Keywords: Circular economy, E-waste, Electronic waste, Urban mining, Critical raw materials, Recovery

1. Introduction

Urban mining plays a significant role in reintegrating valuable metals found in end-of-life products and electrical and electronic waste (e-waste) into the circular economy. The growing demand for electronic devices, the shortening of product lifecycles due to technological advancements, and shifting consumption patterns are driving a rapid increase in the volume of e-waste globally (Cucchiella et al., 2015; Tuncuk et al., 2012). However, e-waste should not be viewed merely as a waste stream requiring environmental management; it also serves as a vital source of secondary raw materials, containing gold, silver, copper, palladium, and other critical metals. Printed circuit boards, in particular, hold substantial potential for recovery due to their high concentration of valuable metals. Although these metals account for only a small fraction of the total weight of such boards, they can represent more than 80% of their total economic value (Park and Fray, 2009).

Urban mining practices contribute to the recovery of critical raw materials found in electronic waste, the reduction of dependence on primary natural resources, the strengthening of raw material supply security, and the limitation of environmental pressures resulting from mining activities. The recovery of metals from electronic waste requires less energy than their production from primary ores, increasing the importance of this approach in terms of resource and energy efficiency. Metal recovery from electronic waste is considerably less energy-intensive than primary metal production. At the Boliden Rönnskär facility, metal recovery from electronic scrap requires approximately 10–15% of the energy needed to extract metals from primary ores (Krishnan et al., 2021). However, the complex composition of electronic waste and the presence of hazardous substances necessitate that recovery processes be carried out in a controlled manner using appropriate technologies. In this context, the separate collection, classification, and dismantling of waste, along with the segregation of its valuable components, constitute the fundamental stages of the process. Hydrometallurgical, pyrometallurgical, biohydrometallurgical, and physical separation methods are among the primary technological approaches employed for recovering metals from electronic waste. In particular, the high-efficiency extraction of precious metals from printed circuit boards is significant for the economic and environmental success of recycling processes (Ogunniyi et al., 2009; Hagelüken, 2006).

This study evaluates the recovery potential of critical raw materials contained in electronic waste and its contribution to the circular economy within the framework of the urban mining approach. In this context, evaluating electronic waste as a secondary raw material source; It is discussed in terms of protecting natural resources, reducing the amount of waste, increasing energy efficiency and reducing raw material supply risks. In addition, the importance of developing recycling technologies and improving waste collection systems in the effective management of electronic waste has been revealed. The study aims to contribute to understanding the role of urban mining in the transition to sustainable resource management and circular economy.

2. Sustainable Resource Management

Today’s economic system and way of life are largely based on the use of non-renewable energy sources and a continuous cycle of production and consumption. This approach leads to the rapid depletion of resources, the deepening of environmental problems, and the progressive disruption of ecological balance. The climate crisis arising primarily from the intensive use of fossil fuels clearly demonstrates that the current model of production and consumption is not environmentally sustainable. Indeed, it is projected that if current living and consumption habits persist, humanity will require the natural resources of three planets by 2050 to meet its needs. Furthermore, it is noted that urban waste accounts for 13-30% of total waste generation, and that the global volume of waste could increase by as much as 70% (Ölmez and Yıldız, 2008). This situation demonstrates that consumption-driven economic structures are placing increasing pressure on natural resources and compelling humanity to seek new approaches that reconcile environmental limits with economic needs.

The linear economic model characterized by the continuous consumption of resources and the generation of waste is increasingly being supplanted by the concept of a circular economy, which prioritizes the conservation of natural resources and the maximization of utility from existing resources. The circular economy is founded on principles such as reducing resource consumption, repurposing products, recycling waste, and reintegrating materials generated during production processes back into the economy. This approach aims to both slow the depletion of natural resources and mitigate the adverse environmental impacts of production and consumption activities. Sustainable resource management, which underpins this approach, refers to the conscious, balanced, and efficient use of natural resources not only to meet present needs but also to ensure that future generations can meet their own needs (Yılmaz and Marşoğlu, 2021).

The advancement of the Industry 4.0 paradigm and the rise of Internet of Things (IoT) technologies have increased the demand for critical raw materials used in the production of high-tech products and engineering systems. The recovery of valuable materials from end-of-life products and waste has become increasingly important, as it reduces reliance on natural resources as the sole source of raw materials. Consequently, it is of great importance to develop effective waste management systems on an international scale and to maximize the recovery rates of critical raw materials. Preventing and reducing waste generation, promoting the reuse of products, and expanding recycling activities constitute the core areas of implementation in this process. Furthermore, material flows must be addressed through an integrated approach, where waste generated during production processes is recovered and reintegrated into the economic system, thereby supporting the transition to a circular economy (Akçıl et al., 2022).

3. Relationship Between Electronic Waste and Critical Raw Material

Sustainable recovery of critical raw materials from electronic waste (e-waste) has become an important environmental and economic necessity today. Technological developments, shortening of the lifespan of products and increasing demand for electronic devices cause the amount of global e-waste to increase rapidly. The amount of e-waste worldwide reached 53.6 million tons in 2019 and approximately 62 million tons in 2022. It is predicted that if the current trend continues, it may increase to 82 million tons in 2030 (Nnorom et al., 2026; Phogat et al., 2025). E-waste, which contains valuable critical raw materials such as cobalt, lithium and rare earth elements, has an important secondary resource potential.

A large proportion of electronic devices contain valuable and critical raw materials, such as gold, silver, copper, lithium, cobalt, nickel, and rare earth elements. Copper, gold, and silver are widely used in various electronic products, including smartphones, computers, tablets, televisions, game consoles, and smartwatches. Copper is preferred for cables, circuits, and connection systems due to its high electrical conductivity and low cost, while gold is used in electronic circuits for its resistance to oxidation and its ability to ensure reliable connections. Silver plays an important role in electronic components due to its high electrical conductivity. Lithium, cobalt, and nickel are commonly found in devices that rely on batteries, such as smartphones, laptops, tablets, smartwatches, and electric vehicles. These metals are essential for increasing energy storage capacity, enhancing battery performance, and achieving high energy density. Tantalum is used, in particular, in the capacitors of electronic devices, contributing to the production of compact, high-performance components. Rare earth elements are favored for use in speakers, motors, sensors, and various electronic systems due to their strong magnetic properties. Raw materials such as silicon, silver, indium, gallium, and tellurium used in solar panels play a crucial role in converting solar energy into electrical energy (Buechler et al., 2020; Gulliani et al., 2023). The widespread and common use of these metals across various electronic devices transforms e-waste from mere refuse that requires disposal into a significant source of secondary raw materials. Consequently, recovering these metals from electronic waste is of great importance for conserving natural resources, reducing the need for mining activities, strengthening the security of supply for critical raw materials, and advancing the circular economy.

Uncontrolled waste disposal and inappropriate recycling practices can release hazardous substances, such as lead, mercury, cadmium, and arsenic, into soil, water, and air. These substances pose serious risks to the environment and human health (Bhardwaj et al., 2025). Such pollutants damage ecosystems, enter the food chain, and adversely affect living organisms. They can also cause various health problems through air pollution (Praburaman et al., 2026).

The availability of critical raw materials (CRMs) is constrained by limited natural reserves, their concentration in specific geographical regions, and the susceptibility of global supply chains to geopolitical uncertainties (Anas et al., 2025). Under these conditions, the recovery of CRMs from electronic waste has considerable strategic value. It offers an opportunity to decrease reliance on primary mining, preserve natural resources, minimize environmental impacts, and improve the resilience of supply chains (Gulliani et al., 2025). Electronic waste has a complex composition. It contains valuable metals, hazardous substances such as lead, mercury, and cadmium, as well as plastics, ceramics, glass, and various compounds (Osibanjo et al., 2016). Separating these components and recovering valuable materials without causing environmental harm remains a major technological challenge. Conventional pretreatment methods include dismantling, shredding, screening, magnetic separation, and density-based separation. However, these methods may result in metal losses, low separation efficiency, high energy and chemical consumption, and secondary environmental pollution (López et al., 2022). Physical and mechanical separation, hydrometallurgical, pyrometallurgical, and biotechnological methods are used to recover CRMs from electronic waste. Advanced technologies, including machine vision, sensors, artificial intelligence, and digital twins, can further improve separation efficiency and reduce waste and resource losses (Hsu et al., 2019). Advanced recovery technologies not only enhance CRM recovery but also support circular economy principles. They improve resource efficiency by reducing waste generation and help mitigate the environmental impacts and greenhouse gas emissions associated with mining activities. These technologies also strengthen supply chain security and reduce dependence on external sources. However, technological limitations, high costs, environmental risks, regulatory gaps, and inadequate product design for recycling remain major challenges. The implementation of these methods also involves technical, economic, and environmental constraints. High costs associated with waste collection, transportation, energy consumption, and chemical use further hinder their widespread adoption (Nnorom et al., 2026).

4. Practices in Turkiye and Worldwide

According to 2024 statistics, the total amount of waste in Turkey is approximately 120 million tons. Of this total, 64.8% (77.8 million tons) consists of non-hazardous waste, while 35.2% (42.2 million tons) is classified as hazardous waste. Data for 2024 also indicates that a total of 32.3 million tons of waste was collected by municipalities. Of the waste collected, 88.9% (28.8 million tons) was sent to waste processing facilities, 10.9% (3.5 million tons) was sent to municipal landfills, and 0.3% (0.1 million tons) was disposed of through other methods. Nevertheless, waste delivered to treatment facilities is not necessarily fully recyclable. Regarding e-waste generation, the Global E-waste Monitor 2024 report indicates that Türkiye generated 1,077,000 tonnes of e-waste in 2022. Of this amount, only 186,900 tonnes (17.4%) were formally documented as collected and recycled. The remaining 890,100 tonnes (82.6%) comprised e-waste for which formal collection and recycling could not be verified. These figures highlight the need for substantial improvements in e-waste collection, monitoring, and recovery systems in Türkiye (Baldé et al., 2024). Overall, despite the generation of significant quantities of e-waste in Turkey, the rates of formal collection and recycling remain low. This highlights the need to develop urban mining and the recovery of critical raw materials. Reintegrating the valuable metals found in e-waste into the economy holds substantial potential for conserving natural resources, reducing dependence on primary raw material sources, and achieving circular economy objectives.

Globally, annual e-waste generation is approaching the 80-million-ton mark, with an average annual growth rate of 3% to 5%. At most, 20% of this volume is recycled through appropriate channels. It is estimated that e-waste

generation reached 53.6 million tons in 2019 and approximately 62 million tons in 2022; if current trends persist, this figure could rise to 82 million tons by 2030 (Nnorom et al., 2026; Phogat et al., 2025).

5. Conclusion

The high economic value of critical raw materials and the risks inherent in their supply chains have made it essential to recover these materials from waste and ensure their sustainable supply. The growing demand, particularly for advanced technologies, digitalization, and clean energy applications, necessitates the exploration of alternative raw material sources. Urban mining plays a significant role in reducing dependence on primary natural resources by reintegrating valuable metals found in end-of-life electronic products and other waste streams back into the economy.

Global supply chain disruptions, brought to the fore by the COVID-19 pandemic, have highlighted the risks associated with external dependency for critical raw materials. Furthermore, international frameworks such as the European Green Deal and the Paris Agreement have prioritized the conservation of natural resources, the reduction of greenhouse gas emissions, and the widespread adoption of circular economy practices. In this context, e-waste has gained importance as an alternative source of raw materials due to the valuable and critical metals it contains. Hydrometallurgical and biohydrometallurgical processes are prominent methods for recovering critical raw materials from e-waste. While hydrometallurgical methods rely on chemical solutions to extract metals, biohydrometallurgical approaches utilize microorganisms and biological mechanisms. The development of these technologies facilitates the reintroduction of valuable metals into production cycles and helps mitigate the environmental impact of conventional mining activities. However, for these methods to be viable on an industrial scale, their technical, economic, and environmental performance must be evaluated in an integrated manner. In conclusion, urban mining is a significant approach that supports the transition to a circular economy by recovering critical raw materials found in e-waste. Through closed-loop recycling systems and eco-design practices tailored for recyclability, it becomes possible to reuse valuable materials within the economic system. This process helps conserve natural resources, reduce the volume of waste, and lower both external dependency and supply risks, while simultaneously contributing to sustainable development.

References

Akçıl, A., Ünal, C. E., Okudan, M. D. (2022). Kritik Hammaddelerin Geri Dönüşüm ile Döngüsel Ekonomiye Kazandırılması. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, *61*(3), 168-178.

Baldé, C. P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Angelo, E., Althaf, S., ... Wagner, M. (2024). Global e-waste monitor 2024.

Bhardwaj, L. K., Rath, P., Jain, H., Choudhury, M. (2025). Exploring the effects of e-waste on soil, water quality and human health. *Discover Civil Engineering*, *2*(1), 12.

Buechler, D. T., Zyaykina, N. N., Spencer, C. A., Lawson, E., Ploss, N. M., Hua, I. (2020). Comprehensive elemental analysis of consumer electronic devices: Rare earth, precious, and critical elements. *Waste Management*, *103*, 67-75.

Cucchiella, F., D'Adamo, I., Koh, S. L., Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and sustainable energy reviews*, *51*, 263-272.

Hageluken, C. (2006). Improving metal returns and eco-efficiency in electronics recycling-a holistic approach for interface optimisation between pre-processing and integrated metals smelting and refining. In *Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 2006.* (pp. 218-223). IEEE.

Hsu, E., Barmak, K., West, A. C., Park, A. H. A. (2019). Advancements in the treatment and processing of electronic waste with sustainability: a review of metal extraction and recovery technologies. *Green chemistry*, *21*(5), 919-936.

Gulliani, S., Volpe, M., Messineo, A., Volpe, R. (2023). Recovery of metals and valuable chemicals from waste electric and electronic materials: a critical review of existing technologies. *RSC Sustainability*, *1*(5), 1085-1108.

Krishnan, S., Zulkapli, N. S., Kamyab, H., Taib, S. M., Din, M. F. B. M., Abd Majid, Z., ... Othman, N. (2021). Current technologies for recovery of metals from industrial wastes: An overview. Environmental Technology & Innovation, 22, 101525.

López, M., Reche, C., Pérez-Albaladejo, E., Porte, C., Balasch, A., Monfort, E., ... Viana, M. (2022). E-waste dismantling as a source of personal exposure and environmental release of fine and ultrafine particles. *Science of the Total Environment*, *833*, 154871.

Nnorom, I. C., Onuchukwu, S. C., Adie, G. U., Iniaghe, P. O., Ogbonna, C. C. (2026). Circular Economy Approaches for Sustainable Recovery of Critical Raw Materials from E-Waste: A Review of Emerging Beneficiation Techniques. *Green Energy and Environmental Technology*.

Ogunniyi, I. O., Vermaak, M. K. G., Groot, D. R. (2009). Chemical composition and liberation characterization of printed circuit board comminution fines for beneficiation investigations. *Waste management*, *29*(7), 2140-2146.

Osibanjo, O., Nnorom, I. C., Adie, G. U., Ogundiran, M. B., Adeyi, A. A. (2016). Global management of electronic wastes: challenges facing developing and economy-in-transition countries. *Metal Sustainability: Global Challenges, Consequences, and Prospects*, 52-84.

Ölmez, E., Yıldız, Ş. (2008). İnşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi ve planlanan İstanbul modeli. Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Aralık, s. 2-6.

Park, Y. J., Fray, D. J. (2009). Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards. *Journal of Hazardous materials*, *164*(2-3), 1152-1158.

Phogat, P., Kumar, S., Wan, M. (2025). A scientometrics study of advancing sustainable metal recovery from e-waste: processes, challenges, and future directions. *RSC Sustainability*, *3*(6), 2434-2454.

Praburaman, L., Murugan, P., Singaravel, V., Moovendhan, M., Kolandhasamy, P., Seralathan, K. K. (2026). Heavy-Metal Contamination in Agroecosystems From Road Transportation: A Global Threat to Food Safety and Security. *Environmental Quality Management*, *35*(3), e70330.

Tuncuk, A., Stazi, V., Akcil, A., Yazici, E. Y., Deveci, H. (2012). Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling. *Minerals engineering*, *25*(1), 28-37.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2025). *Atık istatistikleri, 2024*. TÜİK.

GIDA SEKTÖRÜNDE ORGANİK ATIKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ VE GERİ KAZANIM POTANSİYELİ

Yusuf Dursun DURMUŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

E-posta: 26280171@stu.omu.edu.tr | ORCID: 0009-0002-9606-0288

Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

E-posta: gturan@omu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6500-6188

Özet

Gıda sektörü, üretim, işleme, depolama, dağıtım ve tüketim aşamalarında ortaya çıkan organik atıklar nedeniyle önemli çevresel ve ekonomik sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Organik atıkların uygun olmayan yöntemlerle yönetilmesi; sera gazı emisyonlarının artmasına, su ve toprak kirliliğine, koku oluşumuna ve doğal kaynakların verimsiz kullanılmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, gıda kaynaklı organik atıklar, yüksek organik madde ve besin öğesi içerikleri ile biyolojik olarak geri kazanılabilir bileşenleri sayesinde önemli bir kaynak geri kazanım potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışma, gıda sektöründe oluşan organik atıkların kaynaklarını, türlerini ve temel fiziksel-kimyasal özelliklerini incelemeyi; aynı zamanda mevcut yönetim uygulamalarını ve geri kazanım fırsatlarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Kompostlaştırma, anaerobik çürütme, biyogaz üretimi, hayvan yemi üretimi ve biyo-tabanlı ürünlerin elde edilmesi gibi geri kazanım yöntemleri, uygulanabilirlikleri, kaynak verimliliğine katkıları ve çevresel etkileri açısından ele alınacaktır. Ayrıca, atıkların kaynağında ayrıştırılması, uygun geri kazanım teknolojilerinin seçimi, ekonomik fizibilite, teknik kısıtlamalar ve mevcut uygulamalarda karşılaşılan yönetimsel zorluklar da incelenecektir. Organik atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesinin atık oluşumunun azaltılması, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, enerji ve besin maddelerinin geri kazanılması ve birincil ham madde kullanımının düşürülmesi konularındaki potansiyel katkıları ortaya konulacaktır. Sonuç olarak, gıda sektöründe organik atıkların sürdürülebilir yönetimine yönelik mevcut yaklaşımlar değerlendirilecek, döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda, çevresel ve ekonomik açıdan uygulanabilir yönetim seçenekleri belirlenecektir.

Anahtar kelimeler: Gıda sektörü, organik atıklar, sürdürülebilir atık yönetimi, geri kazanım potansiyeli, döngüsel ekonomi, kaynak verimliliği.

SUSTAINABLE MANAGEMENT AND RECOVERY POTENTIAL OF ORGANIC WASTE IN THE FOOD SECTOR

Yusuf Dursun DURMUŞ

Ondokuz Mayıs University, Department of Environmental Engineering, Samsun, TÜRKİYE

E-posta: 26280171@stu.omu.edu.tr | ORCID: 0009-0002-9606-0288

Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN

Ondokuz Mayıs University, Department of Environmental Engineering, Samsun, TÜRKİYE

E-posta: gturan@omu.edu.tr| ORCID: 0000-0001-6500-6188

Abstract

The food sector faces significant environmental and economic challenges due to the generation of organic waste at various stages of production, processing, storage, distribution, and consumption. Improper management of organic wastes can lead to increased greenhouse gas emissions, water and soil pollution, odor generation, and inefficient use of natural resources. However, food-derived organic wastes have considerable potential for resource recovery due to their high content of organic matter, nutrients, and other biologically recoverable components. This study aims to examine the sources, types, and fundamental physical and chemical properties of organic waste generated within the food sector, while also evaluating current management practices and recovery opportunities. Recovery methods such as composting, anaerobic digestion, biogas production, animal feed production, and the production of bio-based products will be examined in terms of their feasibility, contributions to resource efficiency, and environmental impacts. In addition, source separation of waste, the selection of appropriate recovery technologies, economic feasibility, technical limitations, and managerial challenges encountered in current practices will be investigated. The potential contributions of effective organic waste valorization to reducing waste generation, limiting greenhouse gas emissions, recovering energy and nutrients, and decreasing the use of primary raw materials will be identified. In conclusion, existing approaches to the sustainable management of organic waste in the food sector will be evaluated, and environmentally and economically feasible management options will be identified in accordance with the principles of the circular economy.

Keywords: Food industry, organic waste, sustainable waste management, recovery potential, circular economy, resource efficiency.

SAĞLIK YÖNETİMİ VE İŞLETME BÖLÜMLERİNDE OKUYAN ÖĞRENCİLERİN YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI

Arş. Gör., Özlem ÖZGAN

Iğdır Üniversitesi, Sağlık Yönetimi, ozlemozgann7@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0654-9435

Özet

Yapay zekâ, öğrenciler tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Sık kullanılan bu teknolojiyi etkin kullanabilmek için yapay zekâ okuryazarlığı kavramı önem arz etmektedir. Bu çalışmada, üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerin, yapay zekâ okuryazarlıkları demografik değişkenler (yaş, cinsiyet, sınıf düzeyi, bölüm, ikamet edilen yer, işte çalışma durumu, ailenin aylık geliri ve günlük internet kullanım süresi) açısından da incelenmiştir. Çalışmanın evrenini bir devlet üniversitesinde sağlık yönetimi ve işletme bölümlerinde öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Çalışmaya katılmayı kabul eden 124 kişiden veri elde edilmiştir. Veriler araştırmacı tarafından yüz yüze ve online olarak toplanmıştır. Analizler SPSS paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistiksel yöntemler, güvenirlik analizi, bağımsız örneklem t – testi ve tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda; öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyine ilişkin ortalamaları 5.32 olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri bölüm ve ikamet edilen yere göre farklılık göstermektedir. Sağlık yönetimi bölümündekilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri daha yüksektir. Aile ya da akraba yanında kalanların ve yurtta kalanların, arkadaşlarıyla birlikte veya tek başına evde kalanlara kıyasla yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri yüksek tespit edilmiştir. Diğer değişkenler açısından farklılık belirlenmemiştir. Yapay zekayı etkin ve etik bir şekilde kullanabilmek için teorik ve uygulamalı derslerin müfredata eklenmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, yapay zekâ okuryazarlığı, üniversite öğrencileri

ARTIFICIAL INTELLIGENCE LITERACY OF STUDENTS STUDYING IN HEALTH MANAGEMENT AND BUSINESS ADMINISTRATION DEPARTMENTS

Arş. Gör., Özlem ÖZGAN

Iğdır University, Health Management, ozlemozgann7@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0654-9435

Abstract

Artificial intelligence is used extensively by students. To effectively utilize this widely used technology, the concept of artificial intelligence literacy is important. This study aims to determine university students' artificial intelligence literacy levels. To this end, students' artificial intelligence literacy was also examined in terms of demographic variables (age, gender, grade level, department, place of residence, employment status, family's monthly income, and daily internet usage time). The population of the study consists of students enrolled in health management and business administration departments at a public university. Data was obtained from 124 individuals who agreed to participate in the study. Data was collected by the researcher both in person and online. Analyses were performed using the SPSS software package. Descriptive statistical methods, reliability analysis, independent samples t-test, and one-way analysis of variance were applied in the analysis of the data. The analysis revealed that the average artificial intelligence literacy level of the students was 5.32. Students' artificial intelligence literacy levels vary by department and place of residence. Health management students have higher levels of artificial intelligence literacy. Those staying with family or relatives and those staying in dormitories were found to have higher levels of artificial intelligence literacy compared to those staying at home with friends or alone. No differences were determined in terms of other variables. It is recommended that theoretical and practical courses be added to the curriculum in order to use artificial intelligence effectively and ethically.

Keywords: Artificial intelligence, artificial intelligence literacy, university students

GİRİŞ

Kişisel, sosyal ve mesleki hayatta yapay zekâ destekli ürün ve hizmetlerle sık karşılaşılmaktadır (Tully, Longoni & Appel, 2025:1). Günümüzde öğrenciler arasında da yapay zekâ kullanımı giderek artmıştır (Tan & Tang, 2025:5347). Yapay zekâ hakkında yeterli bilgiye sahip olmayan öğrencilerin yapay zekanın sunduğu imkanlardan yararlanabilmesi ve olumsuz etkilerinden uzak durabilmesi ele alınması gereken bir konu olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, bireylerin yapay zekâ uygulamalarını bilinçli, etik ve etkili biçimde kullanımını mümkün kılacak beceriler yapay zekâ okuryazarlığı kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Çelebi, Demir & Karakuş, 2023:535). Diğer bir taraftan, yaşanan teknolojik dönüşüm karşısında öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığı becerilerine sahip olmaları önem arz etmektedir (Tan & Tang, 2025:5347). Yapay zekâ belirli hedefler doğrultusunda aldığı girdileri işleyerek tahminler, içerikler, öneriler ve kararlar üreten makine tabanlı bir sistemdir (OECD, 2024:8). Benzer şekilde yapay zekâ; metin, görsel veya ses ile ilgili verileri kendi kendine üretebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır (Tully, Longoni & Appel, 2025:1). 1956'da ABD'de düzenlenen Dartmouth Konferansı'nda yapay zekâ kavramı ilk kez gündeme gelmiştir (Chen, Li & Chen, 2021:36). Yapay zekâ okuryazarlığı Long ve Magerko (2020) tarafından "bireylerin yapay zekâ teknolojilerini eleştirel bir şekilde değerlendirmelerini, yapay zekâ ile etkili bir şekilde iletişim kurup iş birliği yapmalarını ve yapay zekayı çevrimiçi ortamda, evde ve iş yerinde bir araç olarak kullanmalarını sağlayan bir dizi yetkinlik" olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapay zekâ okuryazarlığının, yapay zekâ araçlarının nasıl kullanılacağını anlamaya, bu araçları etik bir şekilde kullanmaya ve kullanırken etkin bir şekilde yönetmeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Yeni nesil teknolojilerle etkileşim kurmak kaçınılmaz olduğundan yapay zekâ konusunda yetkinlik kazanılması gerekmektedir (Laupichler & et al., 2022:1). Yapay zekâ okuryazarlığı 21. yüzyılda öğrencilerin geliştirmesi gereken becerilerdendir (Erdoğdu & Çakır, 2024:63). Bireyin yapay zekâ ile ilgili sahip olduğu nesnel bilgiler yapay zekâ okuryazarlığı olarak tanımlanmaktadır. Sahip olunan bu nesnel bilgiler kavramsal ve teknik bilgileri, yapay zekânın geliştirilmesi ve kullanılmasına yönelik bilgileri ve yasal düzenleme gerekliliklerine yönelik bilgileri içermektedir (Tully, Longoni & Appel, 2025:2). Dijitalleşmeyle birlikte eğitim alanında yapay zekâ ön plana çıkmaktadır ancak bu teknolojinin öğretim ve öğrenme üzerindeki etkisi henüz netleşmemiştir (Zawacki-Richter & et al., 2019:1). Yapay zekâ araçları bilgi aramak, makale özetlemek, ödev yapmak, ders çalışmak ve metin düzeltmek için öğrenciler arasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hossain & et al., 2025:629). Bu noktada öğrencilerin akademik başarılarını belirlemede yapay zekâ okuryazarlığı önemlidir (Toker Gokce & ark., 2025:6765). Öte yandan yapay zekânın eğitimde kullanılmasına yönelik bazı eleştiriler bulunmaktadır. Bu eleştiriler; yapay zekânın öğrencilerin düşünme becerilerini zayıflatacağı, onları hazır bilgiye bağımlı hale getireceği ve kendi fikirlerini kullanamayacakları ile ilgilidir (Erdoğdu & Çakır, 2024:64).

Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığını geliştirmek için atılması gereken adımlar:

- Yapay zekânın nasıl çalıştığını anlatmak ve öğrencilerin bu teknolojinin çalışma sistemini kavramalarına yardımcı olmak
- Öğrencilere yapay zekânın nasıl çalıştığını anlamaları için uygulamalı etkinlikler yaptırmak
- Yapay zekâyla ilgili etik sorunları tartışmak ve analiz etmek
- Yapay zekânın etkili bir şekilde nasıl kullanılacağını açıklamak
- Yapay zekâ becerilerinin sadece bilişim ve yazılım uzmanlarının geliştirmesi gereken beceriler olmadığı konusunda öğrencileri aydınlatmak (Klein, 2023).

2. YÖNTEM

Çalışma öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Çalışmanın evrenini bir devlet üniversitesinde öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Veri toplama sürecinde anket tekniğinden yararlanılmıştır. Anket çalışmaya katılmayı kabul eden öğrencilere uygulanmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan anket formu iki kısımdan oluşmaktadır. Anketin ilk bölümünde araştırmacı tarafından hazırlanan demografik sorular yer almaktadır. Anketin ikinci bölümünde Wang ve diğerlerinin (2022) geliştirdiği ve Çelebi ve diğerlerinin (2023) Türkçeye uyarladığı Yapay Zekâ Okuryazarlık Ölçeği bulunmaktadır. Ölçek 12 madde ve 4 alt boyut (farkındalık, kullanım, değerlendirme ve etik) içermektedir ve ölçek (1) Kesinlikle Katılıyorum (7) Kesinlikle Katılmıyorum şeklinde 7'li Likert tipi derecelendirme esasına dayanmaktadır. Her boyutta 3'er madde bulunmaktadır. Cronbach's Alpha iç tutarlılık katsayısı güvenilirlik analizi kapsamında hesaplanmıştır. Ölçeğin alt boyutları için bu değer 0.72, 0.74, 0.76 ve 0.72 olarak bulunmuştur. Ölçeğin bütününe yönelik iç tutarlılık katsayısı 0.85 olarak elde edilmiştir. Verilerin analizi SPSS ile gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, güvenirlik analizi, tanımlayıcı analiz, t testi, ANOVA testi ve Post Hoc Testlerinden Hochberg's GT2 testi kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Tablo 1. Güvenirlik analizi sonucu

	Cronbach's Alpha
YZO	.788

Güvenirlik analizi sonucuna göre Cronbach's Alpha katsayısı 0.788 olarak bulunmuştur. Bulunan değer, ölçeğin güvenilir olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 2. Yapay zekâ okuryazarlığı ölçeğinin normallik testi

	Skewness	**Kurtosis**
YZO	-1.031	1.244

Ölçeğe ait verilerin normallik dağılımı Skewness ve Kurtosis değerleri ile incelenmiştir. Çarpıklık (-1.031) ve basıklık (1.244) değerleri ± 1.5 değer aralığında yer almaktadır. Bu bağlamda, veriler normal dağılım göstermektedir.

Tablo 3. Demografik özellikler

		Yüzde (%)
Yaş	17-23	87.1
	24-30	9.7
	31-37	2.4
	38 ve üzeri	.8
Cinsiyet	Kadın	69.4
	Erkek	30.6
Sınıf	1.Sınıf	38.7
	2.Sınıf	31.5
	3.Sınıf	8.1
	4.Sınıf	21.8
Bölüm	Sağlık yönetimi	73.4
	İşletme	26.6
İkamet Edilen Yer	Aile/Akraba yanında	13.7
	Yurtta	74.2
	Arkadaşlarımla birlikte/ Tek başına evde	12.1
İşte Çalışma Durumu	Evet	12.9
	Hayır	87.1
Ailenin Aylık Gelir Durumu	0-50000	86.3
	51000-101000	10.5
	102000-152000	1.6
	153000-203000	1.6
Bir Günde İnternet Kullanımı	1-6	74.2
	1-7	24.2
	13-18	.8
	19-24	.8

Öğrencilerin %87.1'i 17-23 yaş aralığındadır. %69.4'ünü kadınlar oluşturmaktadır. %38.7'si 1. sınıfta öğrenim görmektedir. Katılımcıların %73.4'ü sağlık yönetimi bölümü öğrencilerinden oluşmaktadır. %74.2'si yurtta kalmaktadır. %87.1'i herhangi bir işte çalışmamaktadır. %86.3'ünün gelir durumu 0 – 50.000 TL aralığındadır. %74.2'si bir günde 1 – 6 saat aralığında internet kullanmaktadır.

Tablo 4. Yapay zekâ okuryazarlığı puan ortalaması

	Ort.	SS.
YZO	5.32	1.032

Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyine ilişkin ortalamaları 5.32 olarak belirlenmiştir. Bu durumda öğrencilerde yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin yüksek olduğu ifade edilebilir.

Tablo 5. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin bölüme göre t-testi sonucu

Bölüm	N	Ort.	SS.	t	df	p
				2.302	122	.023
Sağlık yönetimi	91	5.44	.921			
İşletme	33	4.97	1.239			

Öğrencilerin bölümleri ile yapay zekâ okuryazarlıkları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Sağlık yönetimi bölümünün (ortalama = 5.44) yapay zekâ okuryazarlık düzeyi daha yüksektir (t (122) = 2.30, p = .02).

Tablo 6. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin cinsiyete göre t-testi sonucu

Cinsiyet	N	Ort.	SS.	t	df	p
				1.389	122	.167
Kadın	86	5.40	.954			
Erkek	38	5.13	1.181			

Cinsiyet değişkenine göre öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir (t (122) = 1.38, p = .16).

Tablo 7. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin çalışma durumuna göre t-testi sonucu

İşte Çalışma Durumu	N	Ort.	SS.	t	df	p
				1.235	122	.219
Evet	16	5.61	1.132			
Hayır	108	5.27	1.014			

İşte çalışma durumuna göre öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir (t (122) = 1.23, p = .21).

Tablo 8. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin sınıf düzeyine göre anova sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig
Gruplar Arası	1.418	3	.473	.438	.726
Gruplar İçi	129.517	120	1.079		
Toplam	130.936	123			

Sınıf düzeylerine göre öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir (F (3, 120) = .43, p = .72).

Tablo 9. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin günlük internet kullanımına göre anova sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig
Gruplar Arası	2.780	3	.927	.868	.460
Gruplar İçi	128.155	120	1.068		
Toplam	130.936	123			

İnternet kullanma süreleri ile yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (F (3, 120) =.86, p = .460).

Tablo 10. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin yaşa göre anova sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig
Gruplar Arası	1.209	3	.403	.373	.773
Gruplar İçi	129.726	120	1.081		
Toplam	130.936	123			

Yaşa göre öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (F (3, 120) = .37, p = .77).

Tablo 11. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin ikamet edilen yere göre anova sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig
Gruplar Arası	10.587	2	5.293	5.322	.006
Gruplar İçi	120.349	121	.995		
Toplam	130.936	123			

İkamet edilen yer ile yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (F (2, 121) =5.29, p = .00). Farklılığı tespit etmek için Post Hoc Testlerinden Hochberg's GT2 testi uygulanmıştır (Gruplar arasında çok fark olduğu için bu test tercih edilmiştir). Elde edilen bulgulara göre aile – akraba yanında kalan öğrencilerin, arkadaşlarıyla birlikte veya tek başına evde kalan öğrencilere kıyasla yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri yüksek belirlenmiştir (p = .00). Yurtta kalan öğrencilerinde, arkadaşlarıyla birlikte veya tek başına evde kalan öğrencilere kıyasla yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri yüksek tespit edilmiştir (p = .04).

Tablo 12. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyinin gelir durumuna göre anova sonuçları

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Sig
Gruplar Arası	2.122	3	.707	.659	.579
Gruplar İçi	128.813	120	1.073		
Toplam	130.936	123			

Ailenin aylık gelir durumu ile yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (F (3, 120) = .65, p = .57).

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlığını ve bunun demografik değişkenler açısından farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya koymaktır. Elde edilen bulgulara göre, öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık algılarının yüksek düzeyde olduğu belirtilebilir. Bu sonucun ortaya çıkmasında çalışmaya katılan öğrencilerin çoğunun teknolojiyle büyümesinin ve yeni nesil teknolojilere kolay bir şekilde adapte olmasının etkili olabileceği düşünülmektedir. Sağlık yönetimi bölümünde eğitim gören öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlıklarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer bir taraftan, aile – akraba yanında kalan öğrencilerin ve yurtta kalan öğrencilerin de yapay zekâ okuryazarlık düzeyi daha yüksek tespit edilmiştir. Buna karşın, cinsiyet, işte çalışma durumu, yaş, internet kullanma süreleri, ailenin aylık gelir durumu ve sınıf düzeyleri değişkenleri ile yapay zekâ okuryazarlık algısı arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Karacan ve Çiçek (2024) öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığına yönelik ortalama puanını 5.07 olarak tespit etmiştir. Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık becerilerinin ortalamanın üzerinde olduğu ifade edilmektedir. Ateş (2025) öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık puanını 100 üzerinden 80 puan olarak bulmuştur ve bu puanın yüksek kabul edildiğini belirtmektedir. Oğan (2025) öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin ortalamanın üzerinde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Seçer ve Seçer (2025)'in çalışmasında öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri puan ortalamasının 45,21 olduğu ve bu değerin orta düzeyde okuryazarlığa karşılık geldiği belirtilmektedir. Kazak ve ark., (2025)'nın çalışmasında sağlık alanında ön lisans programlarında eğitim alan öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeyi 42,97 olarak bulunmuştur. Bu değerin beklenen ortalamanın üzerinde olduğu ifade edilmektedir. Elçiçek (2024) öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin düşük ($\bar{x}$=2.81) olduğu sonucuna ulaşmıştır. Toker Gokce ve ark., (2025) tarafından yürütülen çalışmanın bulgularında üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlığı orta düzeyde tespit edilmiştir. Yapay zekânın teknik yönlerini anlamada cinsiyetin önemli bir belirleyici olduğu belirtilmektedir. Kadınların ortalaması erkeklere kıyasla daha düşük tespit edilmiştir. Yapay zekâ uygulamalarını kullanma sıklığı yapay zekâ okuryazarlığı üzerinde belirleyici bir faktördür. Bu uygulamaları hiç kullanmayan öğrencilerin haftada bir veya her gün kullananlara göre yapay zekâ okuryazarlık düzeyi daha düşüktür. Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinde öğrenim görülen fakülte önemli bir değişkendir. Fen edebiyat, mühendislik, teknoloji ve tıp fakültelerinde öğrenim gören öğrencilerin diğer fakültedekilere kıyasla yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri daha yüksek tespit edilmiştir.

Butt ve Mahmood (2026) üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlığını orta düzeyde tespit etmiştir. Çalışmada demografik değişkenler ile yapay zekâ okuryazarlığı ilişkisi de analiz edilmiştir. Yapay zekâ okuryazarlık düzeyi cinsiyete göre anlamlı bir farklılık göstermezken bölümler arasında anlamlı farklılık görülmüştür. Bilgisayar ve teknoloji bölümündeki öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Mansoor et al. (2024)'ın çalışmasında yapay zekâ okuryazarlığı 2.98 olarak bulunmuştur. Değerlendirme 5 üzerinden yapılarak sonucun orta düzeyde olduğu belirtilmiştir. Öğrencilerin yaşına göre yapay zekâ okuryazarlığı anlamlı bir fark göstermemiştir. O'Dea et al., (2026) tarafından yürütülen çalışmada öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlık ortalaması 3.59 olarak tespit edilmiştir. Yaş ile yapay zekâ okuryazarlığı arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Cinsiyet ile yapay zekâ okuryazarlığı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Erkeklerin yapay zekâ okuryazarlığı daha yüksektir. Çalışmanın bulgularının Elçiçek (2024) hariç diğer araştırmacıların yapay zekâ okuryazarlık bulgularıyla örtüştüğü görülmektedir.

Yapay zekâ öğrencilere birçok açıdan kolaylık ve avantaj sağlamasının yanı sıra onların yaratıcılıklarını azaltmaktadır. Bu nedenle yapay zekâdan etkili ve etkin bir şekilde faydalanabilmek için yapay zekâ okuryazarlığı kavramı önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda yapay zekâ araçlarını doğru kullanmak, doğru faydalanmak ve eleştirel açıdan anlayabilmek için yapay zekâ okuryazarlığına yönelik müfredata uygulamalı dersler eklenebilir. Çalışma, sağlık yönetimi ve işletme bölümlerinde öğrenim gören öğrenciler ile sınırlı tutulmuştur. Gelecekteki çalışmalar daha geniş örneklemler üzerinde tasarlanabilir.

KAYNAKLAR

Ateş, V. (2025). Üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlık düzeylerinin bazı demografik değişkenlere göre incelenmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, *23*(2), 1931-1954. https://doi.org/10.37217/tebd.1688486

Butt, F. S., Malik, A., & Mahmood, K. (2026). Assessing AI literacy of university students in Pakistan: A cross-sectional survey. *Digital Library Perspectives*, *42*(1), 141-158. https://doi.org/10.1108/dlp-06-2025-0094

Chen, H., Li, L., & Chen, Y. (2021). Explore success factors that impact artificial intelligence adoption on telecom industry in China. *Journal of Management Analytics*, *8*(1), 36-68. https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1852895

Çelebi, C., Demir, U., & Karakuş, F. (2023). Yapay zekâ okuryazarlığı konulu çalışmaların sistematik derleme yöntemiyle incelenmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Eğitim Fakültesi Dergisi*, *5*(2), 535-560.

Çelebi, C., Yılmaz, F., Demir, U., & Karakuş, F. (2023). Artificial intelligence literacy: An adaptation study. *Instructional Technology and Lifelong Learning*, 4/2, 291-306. https://doi.org/10.52911/itall.1401740

Elçiçek, M. (2024). Öğrencilerin yapay zekâ okuryazarlığı üzerine bir inceleme. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, *6*(1), 24-35. https://doi.org/10.53694/bited.1460106

Erdoğdu, F., & Çakır, O. (2024). Öğretmen adaylarının yapay zekâ okuryazarlıklarının ve yapay zekâya ilişkin algılarının belirlenmesi. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, *9*(2), 63-95.

Hossain, Z., Biswas, M. S., Khan, N. A., & Khan, G. (2025). Artificial intelligence literacy among South Asian library and information science students: Socio-demographic influences and educational implications. *IFLA journal*, *51*(3), 629-646. https://doi.org/10.1177/03400352251331468

Karacan, S. B., & Çiçek, Ş. (2024). İlahiyat fakültesi öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlık düzeyleri ile yapay zekaya yönelik tutumları. *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi*, *24*(3), 259-292.

Kazak Saltı A., Topalı H. ve Türkmen O. O. (2025). Sağlık ile ilgili bölümlerde okuyan üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlığı, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 34 (Özel Sayı), 51-64.

Klein, A. (2023). AI literacy, explained. Retrieved from https://www.edweek.org/technology/ai-literacy-explained/2023/05 (Erişim Tarihi 20.10.2026).

Laupichler, M. C., Aster, A., Schirch, J., & Raupach, T. (2022). Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review. *Computers and education: Artificial intelligence*, *3*, 100101. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100101

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, (pp. 1-16). https://doi.org/10.1145/3313831.3376727

Mansoor, H. M. H., Bawazir A, Alsabri M. A., Alharbi, A., and Okela, A. H. (2024). Artificial intelligence literacy among university students—a comparative transnational survey. *Frontiers in Communication*. 9:1478476. https://doi.org/10.3389/fcomm.2024.1478476

O'Dea, X., Tsz Kit Ng, D., O'Dea, M., & Shkuratskyy, V. (2026). Factors affecting university students' generative AI literacy: Evidence and evaluation in the UK and Hong Kong contexts. *Policy Futures in Education*, *24*(1), 13-34. https://doi.org/10.1177/14782103241287401

OECD (2024). Artificial intelligence, data and competition – Background Note. https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2024)2/en/pdf (Erişim Tarihi 7.12.2025).

Oğan, E. (2025). Üniversite öğrencilerinin yapay zekâ okuryazarlığı üzerine bir araştırma. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, *60*(3), 2670-2686. https://doi.org/10.63556/tisej.2025.1565

Seçer, M. B., & Seçer, E. (2025). Geleceğe hazır mıyız? Fizyoterapi ve rehabilitasyon öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutumları ve yapay zekâ okuryazarlığı. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, *10*(3), 358-366. https://doi.org/10.61399/ikcusbfd.1621606

Tan, Q., & Tang, X. (2025). Unveiling AI literacy in K-12 education: A systematic literature review of empirical research. *Interactive Learning Environments*, 33(9), 5347-5363. https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2482586

Toker Gokce, A., Deveci Topal, A., Kolburan Geçer, A., & Dilek Eren, C. (2025). Investigating the level of artificial intelligence literacy of university students using decision trees. *Education and Information Technologies*, *30*(5), 6765-6784. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13081-4

Tully, S. M., Longoni, C., & Appel, G. (2025). Lower artificial intelligence literacy predicts greater AI receptivity. *Journal of Marketing*, *89*(5), 1-20. https://doi.org/10.1177/00222429251314491

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Wang, B., Rau, P.-L. P., & Yuan, T. (2022). Measuring user competence in using artificial intelligence: Validity and reliability of artificial intelligence literacy scale. *Behaviour & Information Technology*, 42(9), 1324–1337. https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2072768

DIŞ TİCARETTE FİRMA HETEROJENLİĞİ: MİKROİKTİSADİ AKTARIM MEKANİZMALARI[1]

Dr, Koray PİRÇEKLİ (Birinci yazar)1

Prof. Dr, Filiz ELMAS SARAÇ (İkinci yazar)2

1Hazine ve Maliye Bakanlığı, Uluslararası İktisat, koray_pircekli@hotmail.com, 0000-0003-0782-7820

2Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Uluslararası İktisat, filiz.elmas@hbv.edu.tr, 0000-0003-1891-0865

Özet

Firma bazlı verimlilik farklılıkları, son yıllarda yalnızca büyüme ya da makroekonomik performans tartışmalarının bir alt başlığı olarak değil, kaynak tahsisi, firma dinamikleri, firmalar arası rekabet ve dış ticaret ile doğrudan ilişkili bir mikroiktisadi sorun olarak ele alınmaktadır. Aynı sektörde faaliyet gösteren firmalar arasında gözlenen kalıcı verimlilik farkları, üretim faktörlerinin yalnızca miktar bakımından değil, kullanım etkinliği bakımından da ayrıştığını göstermektedir.

Mikroiktisat literatürü, verimliliğin firma düzeyinde dağılımına odaklanmadan toplam verimlilik performansını açıklamanın eksik kalacağını göstermektedir. Firma heterojenliğini merkeze alan çalışmalar, toplam verimliliğin yalnızca ortalama firma performansından ibaret olmadığını; verimli firmaların büyüme kapasitesi, verimsiz firmaların piyasada kalıcılığı ve üretim faktörlerinin firmalar arasında ne derece etkin dağıtıldığı gibi unsurların belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Bartelsman & Doms, 2000; Syverson, 2011).

2000'li yılların başında ön plana çıkan ve firma bazlı dış ticaret yaklaşımı olarak da ifade edilen "Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi", firmaların farklı karakteristik özelliklere sahip olduğunu, bu sebeple firmalar arası verimlilik farklılıklarının dış ticaretin nedenini açıkladığı savunulmaktadır. Diğer firmalara kıyasla görece verimli firmaların düşük kar marjlarıyla daha yüksek üretim yapıp dış ticaretten yüksek kazanç elde ettiği bir işleyiş söz konusudur. Teknoloji düzeyi yüksek, sermaye yapısı güçlü firmaların verimli firma olma özelliğine sahip olduğu, yüksek verimliliğe sahip firmaların ihracatçı firma özelliği taşıdığı, görece düşük verimliliğe sahip firmaların ise iç piyasa için üretim faaliyetinde bulunduğu sonucu ortaya çıkmaktadır (Melitz, 2003).

Türkiye açısından bakıldığında ise düşük teknolojili imalat sanayisi alt sektörlerinde faaliyetlerin yoğunlaştığı, bu sektörlerde daha çok istihdam sağlandığı ve çalışanlara düşük ücret ödendiği, yüksek teknoloji gerektiren sektörlere kıyasla emek yoğun üretim süreçlerinin ön plana çıktığı görülmektedir.

Bu çalışmada, firma heterojenliği kavramı teorik açıdan ele alınmakta, Türkiye'de firma bazlı verimlilik farklılıkları mikroiktisadi bir sorun olarak değerlendirilmekte; firmalar arasındaki verimlilik farklılıkları firma heterojenliği, kaynak tahsisinde etkinsizlik, yönetim ve yenilik kapasitesi, dijitalleşme, ölçek ekonomileri üzerinden açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi, Firma Heterojenliği, İmalat Sanayisi, Verimlilik

[1] Bu bildiri, Koray Pirçekli tarafından Prof. Dr. Filiz Elmas Saraç danışmanlığında hazırlanan ve 2025 yılında yayımlanan «Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisinde Heterojen Firma Modelleri: Türkiye İmalat Sanayi Üzerine İnceleme» başlıklı doktora tezinden yararlanarak hazırlanmıştır.

FIRM HETEROGENEITY IN FOREIGN TRADE: MICROECONOMIC TRANSMISSION MECHANISMS

PhD, Koray PIRCEKLI (First author)1/

Prof. Dr, Filiz ELMAS SARAC (Second author)2

1Ministry of Treasury and Finance, International Economics, koray_pircekli@hotmail.com, 0000-0003-0782-7820

2Ankara Hacı Bayram Veli University, International Economics, filiz.elmas@hbv.edu.tr, 0000-0003-1891-0865

Abstract

In recent years, firm-level differences in productivity have been addressed not merely as a subtopic of discussions on growth or macroeconomic performance, but as a microeconomic issue directly related to resource allocation, firm dynamics, interfirm competition, and foreign trade. The persistent productivity differences observed among firms operating in the same sector indicate that production factors differ not only in terms of quantity but also in terms of the efficiency of their use.

The microeconomic literature shows that explaining aggregate productivity performance without focusing on the distribution of productivity at the firm level is incomplete. Studies centered on firm heterogeneity reveal that total efficiency is not merely the average firm performance; rather, factors such as the growth capacity of efficient firms, the persistence of inefficient firms in the market, and the degree to which production factors are efficiently allocated across firms are decisive (Bartelsman & Doms, 2000; Syverson, 2011).

The “New New Foreign Trade Theory,” which came to the fore in the early 2000s and is also referred to as the firm-based approach to international trade, argues that firms possess distinct characteristics and that, consequently, differences in efficiency among firms explain the causes of international trade. The mechanism at work is that relatively efficient firms, compared to others, produce more with lower profit margins and thus generate higher profits from foreign trade. The findings indicate that firms with high technology levels and strong capital structures tend to be efficient; highly efficient firms tend to be exporters, while firms with relatively low efficiency tend to focus on production for the domestic market (Melitz, 2003).

From Türkiye’s perspective, it is observed that activities are concentrated in low-technology manufacturing subsectors; these sectors provide more employment and pay workers lower wages, and labor-intensive production processes take precedence compared to sectors requiring high technology.

In this study, the concept of firm heterogeneity is examined from a theoretical perspective, and firm-level productivity differences in Türkiye are evaluated as a microeconomic issue; productivity differences among firms are explained in terms of firm heterogeneity, inefficiencies in resource allocation, management and innovation capacity, digitalization, and economies of scale.

Keywords: New New Theory of International Trade, Firm Heterogeneity, Manufacturing Industry, Productivity

GİRİŞ

Firma bazlı verimlilik farklılıkları, son yıllarda büyüme ve makroekonomik performansın yanı sıra kaynak tahsisi, firma dinamikleri, rekabet ve dış ticaret açısından da önemli bir mikro iktisadi konu olarak ele alınmaktadır. Aynı sektörde faaliyet gösteren firmalar arasındaki kalıcı verimlilik farkları, üretim faktörlerinin kullanım etkinliğinin firmalara göre değiştiğini göstermektedir.

Mikroiktisat literatürüne göre toplam verimlilik, yalnızca firmaların ortalama performansıyla açıklanamamaktadır. Verimli firmaların büyüme potansiyeli, verimsiz firmaların piyasadaki varlığını sürdürmesi ve kaynakların firmalar arasında etkin dağılımı toplam verimliliği belirleyen temel unsurlardır (Bartelsman & Doms, 2000; Syverson, 2011).

2000'li yıllarda gelişen Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi, firmaların farklı verimlilik düzeylerine sahip olduğunu ve bu farklılıkların dış ticarete katılımı belirlediğini savunmaktadır. Melitz (2003), yüksek verimliliğe sahip firmaların ihracat piyasalarına yöneldiğini, düşük verimlilikteki firmaların ise ağırlıklı olarak iç piyasaya üretim yaptığını belirtmektedir. Teknoloji düzeyi ve sermaye yapısı da firma verimliliğini etkileyen önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

Türkiye'de imalat sanayisinin düşük teknolojili alt sektörlerde yoğunlaşması, emek yoğun üretim süreçlerinin ve düşük ücretli istihdamın öne çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, yüksek teknoloji gerektiren sektörlerle karşılaştırıldığında verimlilik farklılıklarının önemini artırmaktadır.

Bu çalışma, Türkiye'de firma bazlı verimlilik farklılıklarını mikro iktisadi açıdan incelemekte; bu farklılıkları firma heterojenliği, yanlış kaynak tahsisi, yönetim kalitesi, yenilik kapasitesi, dijitalleşme ve ölçek ekonomileri çerçevesinde değerlendirmektedir. Temel amaç, firmalar arasındaki verimlilik farklarını ortaya koymanın yanı sıra bu farkların oluşumunda etkili olan mikro iktisadi mekanizmaları açıklamaktır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölüm, firma heterojenliği üzerine teorik çerçeve ve Türkiye imalat sanayisinin genel görünümü olmak üzere iki alt başlık altında incelenecektir.

1.1. FİRMA HETEROJENLİĞİ: TEORİK ÇERÇEVE

Adam Smith ile başlayan geleneksel dış ticaret teorisi, piyasa türünün tam rekabet koşullarında olduğu, ticarete konu malların homojen mallardan oluştuğu, ticaret ülkeler arasındaki maliyet farklılıklarından kaynaklandığı, ticaret sonrası kaynakların endüstriler arasında yeniden tahsis edildiğini savunmaktaydı. Geleneksel dış ticaret teorilerinden yeni yeni dış ticaret teorilerine kadar geçen süreçte dış ticaret açısından katı varsayımların ortadan kalktığı ve açıklama gücü yüksek yeni modeller ortaya konduğu söylenebilir. Bu bağlamda tam rekabet piyasası yerine yeni yeni dış ticaret teorisiyle birlikte aksak rekabet piyasası koşullarının geçerli olduğu piyasa modelleri analize dâhil edilmiştir. Bu varsayımla birlikte ölçek ekonomisi ve mal farklılaştırması hem yeni dış ticaret hem de yeni yeni dış ticaret teorisi bakımından geçerlilik kazanmıştır.

Tablo 1'de geleneksel dış ticaret teorisi, yeni dış ticaret teorisi ve yeni yeni dış ticaret teorisi[1] piyasa türü, ticarete konu malların özelliği, ticaretin endüstri içi mi yoksa endüstriler arasında mı gerçekleştiği, ticaret kazançlarının kaynağı ve ticaretin yönü sınıflandırılmıştır.

Mallar bakımından geleneksel ticaret teorisinin öngördüğü ticarete konu iki homojen mal varsayımı, yerini farklılaştırılmış mala bırakmıştır. Yeni dış ticaret teorisinde endüstri esas alınırken, yeni yeni dış ticaret teorisinde odak, firmalardır. Bu yönüyle de yeni yeni dış ticaret teorisinin temelleri firma verimliliği ile açıklanmaktadır. Geleneksel ticaret teorilerinde ticarete konu ülke aynı malı sadece ihraç veya ithal edebilmektedir. Uzmanlaşma

[1] Bu çalışmada yeni yeni dış ticaret teorisinin teorik temelleri üzerinde durulmuştur.

ve iş bölümünün geçerli olduğu bir durumda ticaret bakımından endüstriler arası ticaret yapılmaktadır. Ancak hem yeni dış ticaret teorisinde hem de yeni yeni dış ticaret teorisinde endüstri-içi ticaret geçerlidir. Aynı sektörde firmalar farklılaştırılmış malı hem ihraç hem de ithal edebilmektedir.

Yeni dış ticaret teorisi ile yeni yeni dış ticaret teorisi açısından temel fark, aynı endüstri içerinde yer alan firmaların verimliliğinden kaynaklanmaktadır. Yeni dış ticaret teorisinde aynı endüstride faaliyet gösteren firmaların aynı verimliliğe sahip olduğu savunulurken, yeni yeni dış ticaret teorisinde firmalar farklı verimlilik seviyesine sahiptir (Pirçekli, 2025).

Tablo 1: Dış Ticaret Teorileri

Teoriler	Piyasa Türü	Mallar	Ticaret Yapısı	Ticaret Kazançlarınım Kaynağı	Ticaretin Yönü
Geleneksel Dış Ticaret Teorisi	Tam Rekabet	Homojen Mal	Endüstriler Arası	Kaynakların Endüstriler Arası Yeniden Tahsisi	Ülkeler Arası
Yeni Dış Ticaret Teorisi	Aksak Rekabet	Farklılaş. Mal	Endüstri İçi	Ölçek Ekonomisi, Ürün Çeşitliliği,	Verimlilikleri Aynı Firmalar Arası
Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi	Aksak Rekabet	Farklılaş. Mal	Endüstri İçi	Ölçek Ekonomisi, Ürün Çeşitliliği, Kaynakların Firmalar Arası Yeniden Tahsisi	Verimlilikleri Farklı Firmalar Arası

Kaynak: Pirçekli, (2025).

Teorideki gelişmelere paralel olarak 2000'li yılların başında ortaya çıkan ve Yeni Yeni Dış Ticaret Teorileri olarak adlandırılan ve firma bazlı ticaret yaklaşımını esas alan teorinin ana odak noktası firmalardır. Teoriye göre firmalar arasındaki dış ticaret dünya ticaretine yön vermektedir. Bu kapsamda firma bazlı ticaret yaklaşımını esas alan ve literatürde önemli bir teorik çalışmayı ortaya koyan Melitz (2003), dünya ticareti için önemli aktörün firmalar olduğunu, dış ticaretin farklı piyasa türleri koşullarında da gerçekleşebildiğini, firmaların küresel ekonomide rekabet halinde olduğunu, firmalar arasındaki verimlilik farklılıklarının dış ticaretin nedenini açıkladığını, verimli firmaların verimsiz firmalar karşısında önemli maliyet avantajlarına sahip olduğunu, geniş pazarlara erişim sağlayabildiğini ve ihracatçı konumunda olduğunu vurgulamıştır. Bu kapsamda firmalar arası verimlilik farklılıkları, yeni yeni dış ticaret teorisinin temel ilgi alanı olmuştur.

Teorinin özünde yer alan firma bazlı verimlilik farklılıklarını açıklamak üzere gerek Melitz tarafından 2003 yılında yapılan çalışma, gerekse de Melitz tarafından katkı verilen diğer çalışmalarda farklı yönleriyle ele alınmıştır. Ayrıca firma bazlı ticaret yaklaşımını farklı verimlilik seviyesine sahip firmalar üzerinden açıklayan çeşitli çalışmaların da varlığından söz etmek mümkündür.

Pirçekli (2025), firmalar arası verimlilik farklılıklarını ürün çeşitliliği, mark-up fiyatlama, ihracat veya doğrudan yatırım tercihi, finansman kısıtları, AR-GE faaliyetleri, ithal ara girdi kullanımı olmak üzere tasnif etmiştir. Buna göre ürün çeşitliliğine dayandıran çalışmalara bakıldığında; Aw, Chen ve Roberts (2001), firmaların ciro verisi bakımından farklılaştığını; Farinas ve Marcos (2007), yüksek ücret politikalarının firma verimliliğini olumlu etkilediği; Arkolakis vd. (2008), ürün çeşitliğine giden firmaların verimli olduğu; Smeets ve Warzynski (2013),

çok ürünlü ihracat sürecinin firmaları verimli kıldığı; Yousaf (2023), bilançosu güçlü firmaların kaliteli ve verimli firma olarak öngörüldüğü çalışmalar temelde firmalar arasındaki verimlilik farklılıklarının çeşitli sebeplere dayandırıldığını göstermektedir. Mark-up fiyatlamaya ilişkin çalışmalara bakıldığında; fiyat artışları veya döviz kurlarındaki değişmeler ile firma davranışları arasındaki ilişkiyi ortaya koyduğu görülmektedir (Loecker ve Warzynski, (2012); Caselli, Chatterjee ve Woodland (2017); Hall (2018); Castillejo, Bosque, Barrachina ve Llopis (2019); Songur, (2019); Jafari, Koppenberg, Hirsch ve Heckelei (2023). İhracat veya doğrudan yabancı yatırım tercihine ilişkin yapılan çalışmalara bakıldığında; firmaların dış pazarlara açılması iradesini ihracat yaparak mı yoksa doğrudan yabancı sermaye yatırımı yaparak mı tesis edeceği tartışılmaktadır (Helpman, Melitz ve Yeaple (2004); Arnold ve Hussinger (2010). Finansal kısıtlara ilişkin yapılan çalışmalara bakıldığında; finansal açıdan güçlü firmaların verimli firma olma özelliğine sahip olduğu görülmektedir (Manova (2013); Çil (2017); Hanedar (2018); Doruk (2019); Bağır ve Seven (2021); Wong, Chen, Hesary ve Li (2023). AR-GE faaliyetlerine ilişkin yapılan çalışmalara bakıldığında; AR-GE harcaması yapan veya yenilik faaliyetinde bulunan firmaların yüksek teknoloji ürün üretebildiği ve bu suretle verimli firma olduğu görülmektedir (Yaman, Çetin ve Dulupçu (2020); Ağazade ve Karakaya (2022); Ahamed, Luintel ve Mallick (2023); Saeed, Haq ve Bhatti (2024). İthal ara girdi kullanımına ilişkin yapılan çalışmalara bakıldığında ise ithal girdi kullanan firmaların ihracat performansının arttığı sonucuna varılmaktadır (Pane ve Patunru (2022); Mogro ve Maldonado (2022); Alka (2024).

Teori ve bu kapsamda yapılan sayısal çalışma sonuçlarına bir bütün olarak bakıldığında firmalar arası verimlilik farklılıklarının sadece bir sebepten veya iktisadi bir göstergeden değil çeşitli dinamiklerden kaynaklanabileceği görülmektedir.

1.2. TÜRKİYE'DE İMALAT SANAYİSİ GÖSTERGELERİ (2024)

Tablo 2'de, TÜİK'in yayımladığı "Ekonomik Faaliyetlere Göre Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri" temel alınarak bazı ekonomik faaliyet alanlarına (imalat, inşaat, toptan ve perakende ticaret, ulaştırma ve depolama, konaklama ve yiyecek hizmetleri) ilişkin veriler sunulmaktadır. Çalışan sayısı, personel maliyeti, ciro, üretim değeri ve faktör maliyetiyle katma değer (FMKD) göstergeleri bakımından imalat sanayisi diğer faaliyet alanlarından ayrışmaktadır.

2024 yılında Türkiye genelinde toplam 3.394.781 girişim faaliyet göstermiş, bunların 477.900'ü imalat sanayisinde yer alarak toplam girişimlerin yaklaşık %14'ünü oluşturmuştur. İstihdam açısından değerlendirildiğinde, toplam 19.789.007 çalışanın 5.036.038'i, diğer bir ifadeyle yaklaşık %25'i imalat sanayisinde istihdam edilmiştir.

İmalat sanayisinin toplam ekonomik faaliyetler içerisindeki payı; personel maliyetinde %33,5, ciroda %25,4, üretim değerinde %41,2 ve faktör maliyetiyle katma değerde %34,8 olarak gerçekleşmiştir. Bu göstergeler, imalat sanayisinin üretim, istihdam ve katma değer yaratma bakımından Türkiye ekonomisinin temel faaliyet alanlarından biri olduğunu ve ekonomik yapı içerisinde merkezi bir konumda bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Ekonomik Faaliyetlere Göre Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (2024)

İmalat Sanayi	Girişim Sayısı	Çalışan Sayısı	Personel Maliyeti (Milyar TL)	Ciro (Milyar TL)	Üretim Değeri (Milyar TL)	FMKD (Milyar TL)
Faaliyetler Toplamı	3.394.781	19.789.007	7.894,35	91.652,80	53.156,84	15.749,44
İmalat	477.900	5.036.038	2.647,07	23.308,66	21.927,24	5.493,12
İnşaat	307.688	2.046.141	616,70	6487,59	5904,88	1.023,75
Toptan ve Perakende Ticaret	1.385.564	4.602.523	1.465,68	41.961,78	6.764,27	3.079,54
Ulaştırma ve Depolama	601.518	1.830.302	594,88	5.898,26	4.994,67	1.228,70
Konaklama ve Yiyecek Hizmeti	311.975	1.557.597	457,08	2118,52	2008,66	737,54

Kaynak: TÜİK, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (2024), https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54051, Erişim Tarihi: 10.10.2026.

Tablo 3'de imalat sanayisine ilişkin temel göstergeler, teknoloji düzeylerine göre sınıflandırılarak değerlendirilmiştir. Veriler, imalat sanayisinde faaliyet gösteren girişimlerin önemli bir bölümünün düşük teknoloji yoğunluklu alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir.

Toplam 477.900 girişimin 3.943'ü (%0,8) yüksek teknoloji, 59.188'i (%12,4) orta-yüksek teknoloji, 153.597'si (%32,1) orta-düşük teknoloji ve 261.172'si (%54,6) düşük teknoloji düzeyinde faaliyet göstermektedir. İstihdam verileri de benzer bir dağılıma işaret etmektedir. İmalat sanayisinde çalışanların yalnızca 142.063'ü (%2,8) yüksek teknoloji gerektiren faaliyetlerde istihdam edilirken, 2.439.560'ı (%48,4) düşük teknolojili faaliyet alanlarında çalışmaktadır. Bununla birlikte, yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren firmaların çalışan başına ortalama ücretlerinin daha yüksek olduğu ve bu firmaların daha fazla personel maliyetine katlandığı görülmektedir.

Ciro, üretim değeri ve faktör maliyetiyle katma değer (FMKD) göstergeleri birlikte değerlendirildiğinde ise imalat sanayisindeki ekonomik faaliyetlerin ağırlıklı olarak orta-yüksek, orta-düşük ve düşük teknoloji düzeylerinde yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Bu dağılım, Türkiye imalat sanayisinin teknoloji yoğunluğu bakımından düşük ve orta teknoloji gerektiren faaliyetlere bağımlı yapısını ortaya koymaktadır.

Tablo 3: Teknoloji Düzeyine Göre İmalat Sanayi Göstergeleri (2024)

İmalat Sanayi	Girişim Sayısı	Çalışan Sayısı	Personel Maliyeti (Milyar TL)	Ciro (Milyar TL)	Üretim Değeri (Milyar TL)	FMKD (Milyar TL)
Toplam	477.900	5.036.038	2.647,07	23.308,66	21.927,24	5.493,12
Yüksek Teknoloji	3.943	142.063	156,01	775,48	778,30	302,42
Orta-Yüksek Teknoloji	59.188	1.019.000	734,29	6.264,27	5845,98	1.567,85
Orta-Düşük Teknoloji	153.597	1.435.415	801,52	7.905,69	7.513,85	1.712,99
Düşük Teknoloji	261.172	2.439.560	955,25	8.363,22	7.789,11	1.909,86

Kaynak: TÜİK, Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (2024), Teknoloji Düzeyine Göre İmalat Sanayi Göstergeleri, 2024. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54051, Erişim Tarihi: 11.10.2026.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, Türkiye imalat sanayisinde firma bazlı verimlilik farklılıklarını açıklamak amacıyla literatür taraması yapılarak betimsel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın teorik çerçevesi, firma heterojenliği ve Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi kapsamında geliştirilen yaklaşımlar ile ulusal ve uluslararası literatürdeki teorik ve ampirik çalışmalar esas alınarak oluşturulmuştur.

Çalışmanın veri analizinde TÜİK tarafından yayımlanan 2024 yılı Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kullanılmıştır. İmalat sanayisi; girişim sayısı, çalışan sayısı, personel maliyeti, ciro, üretim değeri ve faktör maliyetiyle katma değer göstergeleri üzerinden değerlendirilmiş, ayrıca söz konusu göstergeler teknoloji düzeylerine göre karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler, firma bazlı verimlilik farklılıklarını açıklayan beş temel mikroiktisadi mekanizma çerçevesinde ele alınmıştır. Bunlar; firma heterojenliği, kaynak tahsisindeki etkinsizlik, yönetim kalitesi ve kurumsallaşma, yenilik ve dijitalleşme kapasitesi ile ölçek ekonomileridir.

Bu kapsamda çalışma, Türkiye imalat sanayisindeki verimlilik farklılıklarının temel belirleyicilerini teorik literatür ve sektörel göstergeler üzerinden ortaya koymayı amaçlayan betimsel ve analitik bir araştırma niteliğindedir.

3. BULGULAR

Firma bazlı verimlilik farklılıklarını açıklamak üzere, 5 farklı mikroiktisadi aktarım mekanizması üzerinden tasnifi yapılmaktadır.

3.1. FIRMA HETEROJENLİĞİ VE VERIMLILIK DAĞILIMI

Melitz (2003), firmaların homojen olmadığını ve aralarındaki verimlilik farklılıklarının dış ticarete katılımı belirlediğini ortaya koymuştur. Modele göre belirli bir verimlilik eşiğini aşan firmalar üretimlerini sürdürerek kârlılıklarını artırırken, düşük verimlilikteki firmalar piyasadan çekilmektedir. En verimli firmalar ise ihracat

piyasalarında faaliyet göstermektedir. Bu yaklaşım, Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisi'nin temelini oluşturarak firma düzeyindeki verimlilik farklılıklarının araştırılmasına öncülük etmiştir (Melitz, 2003).

Bartelsman ve Doms (2000) ile Syverson (2011), aynı sektördeki firmalar arasında teknoloji, yönetim, organizasyon, sermaye ve işgücü farklılıklarından kaynaklanan kalıcı verimlilik ayrışmaları bulunduğunu vurgulamaktadır. Türkiye'de KOBİ'lerin yaygınlığı, kurumsallaşma eksiklikleri ve teknoloji kullanımındaki eşitsizlikler bu farklılıkları daha belirgin hâle getirmektedir. Pirçekli (2025) de imalat sanayisinde ihracat performansı ile firma verimliliği arasındaki ilişkiye dikkat çekerek Ar-Ge yatırımı yapan, güçlü sermaye yapısına sahip ve finansmana erişebilen firmaların daha verimli olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'de firma bazlı verimlilik farklılıkları; yatırım, teknoloji kullanımı, yönetim kalitesi, örgütsel öğrenme ve işgücü niteliği gibi mikroiktisadi faktörlerin birikimli etkisiyle şekillenmektedir. Bu nedenle verimlilik analizlerinde sektörel ortalamalardan ziyade firmalar arasındaki farklılıkların nedenlerine odaklanılması önem taşımaktadır.

3.2. KAYNAK TAHSISINDEKI ETKINSIZLIK

Firma düzeyindeki verimlilik farklılıklarının önemli mikroiktisadi nedenlerinden biri, üretim kaynaklarının firmalar arasında etkin biçimde dağıtılamamasıdır. Hsieh ve Klenow (2009), emek ve sermayenin firmaların verimlilik düzeyleriyle uyumlu şekilde tahsis edilmemesinin toplam faktör verimliliğini önemli ölçüde düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu çerçevede temel sorun, yalnızca düşük verimli firmaların piyasada faaliyet göstermesi değil, yüksek verimlilik ve marjinal getiri potansiyeline sahip firmaların ihtiyaç duydukları sermaye ve işgücüne yeterince ulaşamamasıdır. Buna karşılık, daha düşük verimlilik düzeyindeki firmaların mevcut kaynakları kullanmaya devam etmesi kaynak dağılımındaki etkinsizliği artırmaktadır.

Türkiye'de kredi piyasalarının işleyişi, teminat koşullarına dayalı finansman yapısı, kredi tahsisinde ilişkilerin etkisi ve bazı sektörlerdeki korumacı uygulamalar, kaynakların firmalar arasında etkin dağıtılmasını güçleştirebilmektedir. OECD'nin Türkiye'ye ilişkin değerlendirmeleri, finansal ve düzenleyici engellerin üretken firmaların büyümesini sınırlandırarak toplam verimliliği olumsuz etkileyebildiğine dikkat çekmektedir (OECD, 2023). Benzer şekilde Dünya Bankası (2022), yatırım ortamı, firma büyümesi ve verimlilik arasındaki ilişkide Türkiye'nin karşı karşıya olduğu yapısal sorunlara işaret etmektedir.

Bu bağlamda kaynak tahsisindeki etkinsizlik, mikroiktisadi açıdan fiyat mekanizmasının sağlıklı işlememesi ve rekabet koşullarındaki aksaklıklarla ilişkilidir. Düşük verimli firmaların finansman olanakları, teşvikler veya piyasa korumaları sayesinde faaliyetlerini sürdürmesine karşılık, daha üretken firmaların sermaye ve işgücüne erişimde güçlük yaşaması, piyasa kaynaklarının verimlilik esasına göre dağılmasını engellemektedir. Dolayısıyla toplam verimlilik artışının sınırlı kalması, yalnızca firmaların üretim performansıyla değil, kaynakların firmalar arasında etkin tahsis edilememesiyle de açıklanabilir.

3.3. YÖNETIM KALITESI, KURUMSALLAŞMA VE ÖRGÜTSEL KAPASITE

Firma verimliliğini etkileyen temel faktörlerden biri de yönetim kalitesidir. Bloom ve Van Reenen (2007), farklı ülkelerdeki firmalar üzerine gerçekleştirdikleri araştırmada; performansın izlenmesi, hedeflerin belirlenmesi, insan kaynaklarının yönetimi ve operasyonel süreçlerin kontrolü gibi uygulamaların firma verimliliğiyle yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuç, benzer teknoloji ve sermaye imkânlarına sahip firmaların, yönetim anlayışlarındaki farklılıklar nedeniyle farklı verimlilik düzeylerine ulaşabildiğini göstermektedir.

Söz konusu yaklaşım Türkiye'deki firmalar açısından da önem taşımaktadır. Aile işletmelerinin yaygınlığı, yönetim süreçlerinde kararların belirli kişilerde yoğunlaşmasına, profesyonel yönetici istihdamının sınırlı kalmasına ve performansa dayalı insan kaynakları uygulamalarının yeterince gelişmemesine neden

olabilmektedir. Bu durum, firmalar arasında yönetim kalitesinden kaynaklanan verimlilik farklılıklarını artırabilmektedir.

Dolayısıyla Türkiye'de firma bazlı verimlilik farklılıkları değerlendirilirken teknoloji ve sermaye yetersizliklerinin yanı sıra işletmelerin örgütsel ve yönetsel kapasiteleri de dikkate alınmalıdır. Yönetim kalitesi, verimlilik farklılıklarının yalnızca bir sonucu değil, aynı zamanda önemli bir belirleyicisidir. Etkin yönetim yapısına sahip firmalar belirsizliklere daha hızlı uyum sağlayabilmekte, kaynaklarını daha verimli kullanabilmekte ve yenilik yatırımlarını daha sistematik biçimde gerçekleştirebilmektedir.

3.4. YENILIK, DIJITALLEŞME VE TEKNOLOJI KULLANIMINDAKI AYRIŞMA

Türkiye'de firmalar arasındaki verimlilik farklılıklarının önemli nedenlerinden biri de yenilikçilik ve teknoloji kullanımındaki farklılıklardır. Ürün ve süreç geliştiren, yenilik faaliyetlerine yatırım yapan ve bilgi-iletişim teknolojilerini üretim süreçlerine dahil eden firmaların daha yüksek verimlilik düzeylerine ulaştığı görülmektedir. Türkiye imalat sanayisi üzerine yapılan araştırmalar da yenilik faaliyetlerinin firma verimliliğini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Fazlıoğlu, Dalgıç ve Yereli, 2019; Yaman, Çetin ve Dulupçu, 2020; Ağazade ve Karakaya, 2022; Pirçekli, 2025).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin firma performansına etkisini inceleyen çalışmalar ise dijitalleşmenin üretim planlaması, stok kontrolü, işletme içi koordinasyon ve dış pazarlara erişim gibi alanlarda verimlilik artışı sağladığını göstermektedir (Kılıçaslan, Sickles, Kayış ve Üçdoğruk Gürel, 2017). Bununla birlikte, dijital teknolojilerden yararlanma imkânları firmalar arasında farklılaşmaktadır. Büyük ölçekli, ihracatçı ve kurumsallaşmış işletmeler teknoloji yatırımlarını daha kolay gerçekleştirebilirken, küçük ölçekli ve finansman sıkıntısı yaşayan firmalar bu süreçte çeşitli engellerle karşılaşmaktadır.

Dolayısıyla teknolojik gelişmelerin firmalara sağladığı verimlilik katkısı kendiliğinden ve eşit biçimde ortaya çıkmamaktadır. Yeni teknolojilerin piyasada bulunması tek başına yeterli olmayıp firmaların bu teknolojilere erişebilmesi ve üretim süreçlerine uyarlayabilmesi de önem taşımaktadır. Bu açıdan Türkiye'de firmalar arasındaki verimlilik farklılıkları, yalnızca teknolojik gelişmişlik düzeyinden değil, teknolojiye erişim ve teknolojiyi etkin kullanabilme kapasitesindeki eşitsizliklerden de kaynaklanmaktadır.

3.5. ÖLÇEK EKONOMILERI VE FIRMA BÜYÜMESI

Krugman (1979), uluslararası ticareti pazar genişlemesi ve ölçek ekonomileri çerçevesinde ele alarak iç pazarın ticaretteki önemine dikkat çekmektedir. Firma bazlı ticaret yaklaşımında ise ölçek ekonomileri, firmalar arasındaki verimlilik farklılıklarını açıklayan önemli mekanizmalardan biridir. Yüksek verimliliğe sahip firmaların büyüyerek pazar paylarını artırması, düşük verimli firmaların ise piyasadan çekilmesi, toplam verimlilik artışının temel kaynakları arasında değerlendirilmektedir (Bartelsman & Doms, 2000; Melitz, 2003). Ancak bu sürecin sağlıklı işlemesi, piyasaya giriş ve çıkış koşullarının yanı sıra rekabet mekanizmasının etkinliğine bağlıdır.

Türkiye'de çok sayıda firmanın uzun süre küçük ölçekli faaliyetlerini sürdürmesi, işletmelerin büyümesini engelleyen yapısal sorunlara işaret etmektedir. Finansmana erişimde yaşanan teminat sorunları, bürokratik ve idari yükler, nitelikli işgücü eksikliği ve kurumsallaşma yetersizlikleri, verimli firmaların üretim kapasitelerini ve ölçeklerini artırmalarını zorlaştırabilmektedir. OECD (2023) de üretken firmaların büyümesini destekleyen rekabetçi ve öngörülebilir bir iş ortamının toplam verimlilik açısından önemini vurgulamaktadır.

Diğer taraftan, düşük verimlilik düzeyine sahip firmaların piyasadaki varlıklarını uzun süre devam ettirebilmesi, kaynak dağılımındaki etkinsizliği derinleştirmektedir. Kayıt dışı faaliyetler, düşük ücretli ve güvencesiz işgücü kullanımı ile vergi ve mevzuat yükümlülüklerine uyulmaması gibi unsurlar, düşük verimli işletmelerin rekabet baskısına rağmen faaliyetlerini sürdürmelerini kolaylaştırabilmektedir. Bu durum, kaynakların daha üretken

firmalara yönelmesini engelleyerek firmalar arasındaki verimlilik farklılıklarının kalıcı hâle gelmesine neden olabilmektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Türkiye'de firma bazlı verimlilik farklılıklarının azaltılması için politika tasarımının sektörel ortalamalardan ziyade firma düzeyindeki ihtiyaç ve farklılıkları dikkate alması gerekmektedir.

İlk olarak, finansman kaynaklarının tahsisinde firmaların verimliliği, yatırım ve büyüme potansiyeli dikkate alınmalıdır. Özellikle yüksek verimlilik potansiyeline sahip ancak finansman kısıtı yaşayan firmaların uygun finansman olanaklarına erişiminin kolaylaştırılması, sermayenin daha etkin kullanılmasına katkı sağlayabilir. Bu kapsamda kredi garanti mekanizmalarının geliştirilmesi, uzun vadeli yatırım finansmanının yaygınlaştırılması ve finansmana erişimde yalnızca teminat yapısının değil, firmaların üretim ve büyüme kapasitesinin de değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

İkinci olarak, imalat sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin kurumsallaşma ve yönetim kapasitelerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır. KOBİ'lerde profesyonel yönetim anlayışının benimsenmesi, performans ölçüm sistemlerinin oluşturulması, insan kaynakları yönetiminin geliştirilmesi ve işletme içi organizasyon yapılarının güçlendirilmesi verimlilik artışını destekleyebilir. Bu kapsamda firmalara yönelik yönetim danışmanlığı, kurumsallaşma eğitimleri ve işletme içi kapasite geliştirme programlarının yaygınlaştırılması önemlidir.

Üçüncü olarak, Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri imalat sanayisinin geneline yayılmalıdır. Teknoloji politikalarının yalnızca yüksek teknolojili sektörlere odaklanması yerine, düşük ve orta teknolojili sektörlerde faaliyet gösteren firmaların da teknolojik dönüşümünü desteklemesi önemlidir. Üretim süreçlerinin modernizasyonu, otomasyon yatırımları, dijital üretim sistemleri ve yerli teknoloji geliştirme faaliyetleri bu kapsamda öncelikli politika alanları arasında yer alabilir. Ayrıca üniversite-sanayi iş birliğinin güçlendirilmesi ve firmaların Ar-Ge merkezleri, teknoparklar ve araştırma kurumlarıyla ilişkilerinin geliştirilmesi yenilik kapasitesini artırabilir.

Dördüncü olarak, dijitalleşme politikaları KOBİ'lerin finansal ve teknik imkânlarını dikkate alınarak yeniden yapılandırılmalıdır. Özellikle dijital altyapı yatırımlarının finansmanı, işletmelerin üretim süreçlerine uygun yazılım ve otomasyon sistemlerine erişimi, veri temelli karar alma kapasitesinin geliştirilmesi ve çalışanların dijital becerilerinin artırılması önem arz etmektedir. Böylece dijital teknolojilerin yalnızca büyük ölçekli firmalarda yoğunlaşmasının önüne geçilerek teknoloji kaynaklı verimlilik kazanımlarının daha geniş bir firma yelpazesine yayılması sağlanabilir.

Beşinci olarak, firmaların ölçek büyütmesini kolaylaştıracak rekabetçi ve öngörülebilir iş ortamının oluşturulması sağlanmalıdır. Bununla birlikte, görece düşük verimliliğe sahip firmaların doğrudan piyasadan çıkarılmasını hedefleyen bir yaklaşım yerine, firmaların verimliliklerini artırmalarını sağlayacak dönüşüm ve uyum politikaları geliştirilmelidir. Böylece rekabetin etkinliği sağlanırken firmaların üretim kapasitelerini artırmaları da sağlanabilir.

Sonuç olarak, Türkiye'de imalat sanayisinde firma bazlı verimlilik farklılıkları; firma heterojenliği, kaynak tahsisindeki etkinsizlik, yönetimsel eksiklikler, dijitalleşme kapasitesindeki farklılıklar ile ölçek ekonomileri gibi mikroiktisadi aktarım mekanizmaları üzerinden şekillenmektedir. Mekanizmaların her biri firmaların üretim, yatırım, istihdam ve dış ticaret kararları üzerinden toplam verimliliği olumsuz etkilemektedir. Firmaların kaynaklara erişiminden yönetim kapasitesine, yenilik faaliyetlerinden ölçek büyütme imkânlarına kadar uzanan bütüncül bir mikroiktisadi dönüşümün gerçekleştirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Ahamed, M.M., Luintel, K.B., & Mallick, S.K. (2023). Does Local Knowledge Spillover Matter for Firm Productivity? The Role of Financial Access and Corporate Governance. Research Policy, 52, 1-20.

Ağazade, S., & Karakaya, A. (2022). Avrupa Ülkelerinde İnovasyon ve Dış Ticaret Arasındaki İlişki. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40(3), 472-493.

Alka, K. (2024). Exporting, Investing and Productivity Dynamics in African Manufacturing. Oxford Open Economics, 3, 1-17.

Arkolakis, C., Demidova, S., & Klenow, P. T. (2008). Endogenous Variety and the Gains from Trade. American Economic Review, 98(2), 444-450.

Arnold, J.M., & Hussinger, K. (2010). Exports versus Fdi in German Manufacturing: Firm Performance and Participation in International Markets. Review of International Economics, 18(4), 595-606.

Aw, B. Y., Chen, X., & Roberts, M. J. (2001). Firm-level Evidence on Productivity Differentials and Turnover in Taiwanese Manufacturing. Journal of Development Economics, 66, 51-86.

Bağır, Y.K., Seven Ü. (2021). Financial Constraints and Productivity Growth: Firm-level Evidence from a Large Emerging Economy. Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Working Paper No: 21/32.

Bartelsman, E. J., & Doms, M. (2000). Understanding Productivity: Lessons From Longitudinal Microdata. Journal of Economic Literature, 38(3), 569-594.

Bloom, N., & Van Reenen, J. (2007). Measuring and Explaining Management Practices Across Firms and Countries. The Quarterly Journal of Economics, 122(4), 1351-1408.

Caselli, M., Chatterjee, A., & Woodland, A. (2017). Multi-Product Exporters, Variable Markups and Exchange Rate Fluctuations. Canadian Journal Of Economics/Revue Canadienne D'économique, 50(4), 1130-1160.

Castillejo, J. A.M., Bosque, C. M., Barrachina, M. E. R., & Llopis, J. A. S. (2019). Trading Activities, Productivity and Markups: Evidence for Spanish Manufacturing. The World Economy, 1-37.

Çil, A. B. (2017). "Dış Ticaret Teorisinde Heterojenlik ve Finansal Kısıtlar". Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi.

Doruk, Ö. T. (2019). Finansal Kısıtlar ve İhracat İlişkisi: Türkiye Metal Eşya, Makine ve Gereç Yapım İmalat Sanayisi için Bir İnceleme. Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 10(17), 596-614.

Farinas, J. C., & Marcos, M. (2010). Foreign Sourcing and Productivity: Evidence at the Firm Level. The World Economy, 33(3), 482-506.

Fazlıoğlu, B., Dalgıç, B. & Yereli, A.B. (2019). The Effect of Innovation on Productivity: Evidence From Turkish Manufacturing Firms. Industry and Innovation, 21(3), 439-460.

Hall, R. E. (2018). New Evidence on the Markup of Prices over Marginal Costs and The Role of Mega-Firms in The US Economy. NBER Working Paper Series No:24574.

Hanedar, E. Y. (2018). Firmaların İhracat Kararları ve Finansal Kısıtlar. Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6, 61-66.

Helpman, E., Melitz, M. J., & Yeaple, S. R. (2004). Export Versus FDI with Heterogeneous Firms. American Economic Review, 94(1), 300-316.

Hsieh, C.-T., & Klenow, P. J. (2009). Misallocation and manufacturing TFP in China and India. The Quarterly Journal of Economics, 124(4), 1403-1448.

Jafari, Y., Koppenberg, M., Hirsch, S., & Heckelei, T. (2023). Markups and Export Behavior: Firm-level Evidence from the French Food Processing Industry. American Journal of Agricultural Economics, 5, 174-194.

Kılıçaslan, Y., Sickles, R. C., Kayış, A. A. & Üçdoğruk Gürel, Y. (2017). Impact of ICT on the Productivity of The Firm: Evidence from Turkish Manufacturing. Journal of Productivity Analysis, 47(3), 277-289.

Loecker, J. D., & Warzynski, F. (2012). Markups and Firm-Level Export Status. American Economic Review, 102(6), 2437-2471.

Manova, K. (2013). Credit Constraints, Heterogeneous Firms, and International Trade. Review of Economic Studies, 80, 711-744.

Melitz, M. (2003). The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity. Econometrica, 71(6), 1695-1725.

Mogro, S. C., & Maldonado, P. C. (2022). Do Imports of Intermediate Inputs Generate Higher Productivity? Evidence from Ecuadorian Manufacturing Firms. The World Economy. 46, 1471-1521.

OECD. (2023). OECD Economic Surveys: Türkiye 2023. OECD Publishing.

Pane, D. D., & Patunru, A. A. (2022). The Role of Imported Inputs in Firm's Productivity and Export: Evidence From Indonesia. Review of World Economics. 159, 629-672.

Pirçekli, K. (2025). Yeni Yeni Dış Ticaret Teorisinde Heterojen Firma Modelleri: Türkiye İmalat Sanayi Üzerine İnceleme. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Doktora Tezi.

Saeed, S., Haq, M., & Bhatti, A. A. (2024). The Role of Moderators on Product Quality and Export Flows: The Case of Pakistan. Journal of Economic Impact. 6(1). 27-36.

Smeets, V., & Warzynski, F. (2013). Estimating Productivity with Multi-Product Firms, Pricing Heterogeneity and the Role of International Trade. Journal of International Economics, 90, 237-244.

Songur, D. Y. (2019). Dış Ticaretin Fiyat-Maliyet Eki Üzerine Etkisi: Türkiye İmalat Sanayii İçin Bir Uygulama. Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi.

Syverson, C. (2011). What determines productivity? Journal of Economic Literature, 49(2), 326-365.

Yaman, H., Çetin, D., & Dulupçu, M. A. (2020). OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamaları ve İleri Teknoloji İhracatı: Bir Panel Veri Analizi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 20(3), 193-208.

Yousaf, M. (2023). Labour Productivity and Firm Performance: Evidence From Certified Firms From EFQM Excellence Model. Total Quality Management, 34(3), 312-325.

Wong, Z., Chen, A., Hasary, F.T., & Li, R. (2023). Financing Constraints and Firm's Productivity Under the COVID-19 Epidemic Shock: Evidence of A-Shared Chinese Companies. The European Journal of Development Research. 35, 167-195.

World Bank (2022). Turkey Economic Monitor: Sailing Against the Tide. The World Bank.

SAĞLIKTA DÖNÜŞÜM PROGRAMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÜZERİNE TEORİK BİR DEĞERLENDİRME

Ferhat ORAK / Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ

T.C. Sağlık Bakanlığı, Mali Hizmetler Uzmanı, ferhat.orak@saglik.gov.tr, 0009-0007-7355-6156

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisat, filiz.elmas@hbv.edu.tr, 0000-0003-1891-0865

Özet

Sağlık hizmetleri, bireysel refahın geliştirilmesi, beşerî sermayenin güçlendirilmesi ve ekonomik büyümenin desteklenmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Sağlık hizmetlerinin ikame edilemezliği, ertelenemezliği, bilgi asimetrisi ve dışsallıklar gibi kendine özgü iktisadi nitelikleri, bu alanda kamu müdahalesini ve planlamayı gerekli kılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de 2003 yılında uygulamaya konulan Sağlıkta Dönüşüm Programını (SDP), sağlık politikaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki çerçevesinde teorik ve tarihsel açıdan değerlendirmektir.

Çalışmada öncelikle Türkiye'de Cumhuriyet döneminden itibaren sağlık politikalarının gelişimi ve sağlık sektörünün yapısal dönüşümü ele alınmaktadır. Bu kapsamda sağlık hizmetlerinin kavramsal çerçevesi, Türkiye'de sağlık politikalarının farklı dönemlerdeki gelişimi, SDP'nin gerekçeleri, amaçları, temel bileşenleri ve uygulama süreci incelenmektedir. Ayrıca ekonomik büyüme kavramı ve geleneksel ile modern büyüme modelleri çerçevesinde sağlık harcamalarının ve sağlık göstergelerindeki iyileşmelerin ekonomik büyümeyle ilişkisi değerlendirilmektedir.

Bu çalışma, Türkiye'de SDP'nin sağlık politikaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki bağlamında değerlendirilmesine yönelik kuramsal bir çerçeve sunmaktadır. Sağlık sektöründeki yapısal dönüşümün iktisadi boyutlarının ele alınması, sağlık politikalarının ekonomik büyüme perspektifinden incelenmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sağlıkta Dönüşüm Programı, Ekonomik Büyüme, Sağlık Politikaları, Sağlık Harcamaları, Beşerî Sermaye.

*Bu çalışma, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İktisat Anabilim Dalında Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ danışmanlığında hazırlanan, "Sağlıkta Dönüşüm Programının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi" başlıklı tezden üretilmiştir.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE HEALTH TRANSFORMATION PROGRAM AND ECONOMIC GROWTH: A THEORETICAL ASSESSMENT OF TÜRKİYE*

Ferhat ORAK / Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ

Ministry of Health of the Republic of Türkiye, Financial Services Specialist, ferhat.orak@saglik.gov.tr, 0009-0007-7355-61562

Ankara Hacı Bayram Veli University, Department of Economics, filiz.elmas@hbv.edu.tr,

0000-0003-1891-0865

Abstract

Health services play a significant role in enhancing individual well-being, strengthening human capital, and encouraging economic growth. The unique economic characteristics of health services—such as their irreplaceability, urgency, information asymmetry, and externalities—make public intervention and planning in this sector necessary. The purpose of this study is to evaluate the Health Transformation Program (HTP), implemented in Türkiye in 2003, from theoretical and historical perspectives within the framework of the relationship between health policies and economic growth.

The study first examines the development of health policies in Türkiye since the founding of the Republic and the structural transformation of the health sector. In this context, the conceptual framework of health services, the evolution of health policies in Türkiye across different periods, and the rationale, objectives, core components, and implementation process of the HRP are examined. Furthermore, the relationship between health expenditures and improvements in health indicators and economic growth is assessed within the framework of the concept of economic growth and traditional versus modern growth models.

This study provides a theoretical framework for evaluating the Health Transformation Program in Türkiye within the context of the relationship between health policies and economic growth. The examination of the economic dimensions of structural transformation in the health sector contributes to the analysis of health policies from the perspective of economic growth.

Keywords: Health Transformation Program, Economic Growth, Health Policies, Health Expenditures, Human Capital.

* This study is based on a thesis entitled *'The Impact of the Health Transformation Programme on Economic Growth'*, which was prepared under the supervision of Prof. Dr Filiz ELMAS SARAÇ at the Department of Economics, Institute of Postgraduate Education, Hacı Bayram Veli University, Ankara.

GİRİŞ

Sağlık, bireylerin yaşam kalitesi ve toplumsal refahın temel bileşenlerinden biridir. Ekonomik açıdan sağlık; bireylerin çalışma kapasitesi, öğrenme yeteneği, işgücü piyasasına katılımı ve üretkenliği üzerinde etkili olması nedeniyle beşerî sermaye ve ekonomik büyüme süreçleriyle yakından ilişkilidir. Sağlık düzeyindeki iyileşmeler işgücünün niteliğini ve üretim kapasitesini güçlendirebilir; sağlık hizmetlerinin finansman ve sunumunda etkinlik sağlanması ise kaynakların ekonomik ve toplumsal getirisini artırabilir (Mushkin, 1962; Grossman, 1972; Bloom ve Canning, 2000).

Sağlık hizmetlerinin belirsizlik, bilgi asimetrisi, dışsallık, ertelenemezlik ve sınırlı ikame gibi özellikleri, sağlık piyasasının tam rekabet koşullarında işlemesini güçleştirmektedir. Bu nitelikler kamu düzenlemesi, finansman ve planlama ihtiyacını ortaya koymaktadır. Sağlık politikalarının büyüme ile ilişkisi bu nedenle hizmet sunumunun organizasyonu ve harcama kaynaklarının etkin kullanımıyla birlikte ele alınmalıdır (Çelik, 2016; Phelps, 2017; Tengilimoğlu vd., 2015).

Türkiye'de sağlık politikaları Cumhuriyet'in kuruluşundan itibaren farklı dönemlerde şekillenmiş; koruyucu hizmetler, planlı örgütlenme, sosyalleştirme ve finansman sorunları politika gündeminde yer almıştır. 2003'te başlatılan Sağlıkta Dönüşüm Programı (SDP), sağlık sisteminin kurumsal ve işlevsel yapısını yeniden düzenlemeyi amaçlayan kapsamlı bir reform sürecidir. Programın erişim, hizmet sunumu, finansman, insan gücü ve bilgi sistemleri gibi alanlarda ortaya koyduğu dönüşüm, sağlık göstergeleri ve büyüme ilişkisini Türkiye bağlamında değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2003; Akdağ, 2012).

Bu çalışmanın amacı, SDP ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi yüksek lisans tezinin teorik bölümü temelinde tartışmak; sağlık hizmetlerinin iktisadi özelliklerini, büyüme teorilerinde sağlık sermayesinin konumunu ve sağlık göstergelerindeki değişimin büyüme bakımından anlamını bir araya getirmektir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Sağlık ve Sağlık Hizmetlerinin İktisadi Niteliği

Sağlık, hastalık veya sakatlığın bulunmaması şeklindeki dar tanımın ötesinde fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hâlini içeren bütüncül bir kavramdır. Sağlık hizmetleri ise birey ve toplum sağlığını koruma, geliştirme, hastalıkları önleme, teşhis ve tedavi etme amaçlarıyla sunulur (Callahan, 1973). Sağlık çıktıları yalnızca hizmet miktarıyla değil; yaşam süresi, yaşam kalitesi, hastalık yükü ve işlevsel kapasite gibi sonuçlarla da değerlendirilir.

Sağlık hizmetlerinde talep ve arz belirsizliği yüksektir; hastalıkların zamanı ve şiddeti önceden kesin biçimde öngörülemez. Hizmetin ertelenmesi hayati risk doğurabilir ve hastanın uzmanlık bilgisine erişimi sınırlı olduğundan bilgi asimetrisi ortaya çıkabilir. Aşılama gibi koruyucu hizmetler pozitif dışsallık yaratırken bulaşıcı hastalıklar negatif dışsallık doğurabilir. Rekabetin etik sınırları ve kâr amacı gütmeyen kurumların varlığı da sektörün özgün yapısını şekillendirmektedir. Bu özellikler kamusal düzenleme ve planlamayı gerekli kılan unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır (Çelik, 2016; Phelps, 2017; Tengilimoğlu vd., 2015).

Sağlık hizmetleri genel olarak koruyucu, tedavi edici, rehabilite edici ve sağlığın geliştirici hizmetler şeklinde sınıflandırılır. Koruyucu hizmetler hastalık oluşumunu önlemeyi; tedavi edici hizmetler teşhis ve tedaviyi, rehabilitasyon, kaybedilen işlevlerin geliştirilmesini; sağlığın geliştirilmesi ise birey ve toplumun sağlık üzerinde kontrolünü güçlendirmeyi hedefler. Bu hizmetlerin birbirini tamamlayıcı biçimde sunulması sistemin bütünlüğü ve kaynak etkinliği bakımından önemlidir (Başol ve Işık, 2015).

1.2. Türkiye'de Sağlık Politikalarının Tarihsel Gelişimi ve SDP

Cumhuriyet'in ilk döneminde bulaşıcı hastalıklarla mücadele ve koruyucu hizmetler öne çıkmıştır. 1930 tarihli Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, halk sağlığı uygulamalarına yasal temel sağlamıştır. Sağlık personeli eksikliği ve hizmetlerin ülke geneline yayılması ihtiyacı dönemin başlıca sorunları arasındadır (Akdağ, 2012; Ak, 2021).

1938–1960 döneminde planlı sağlık örgütlenmesi yaklaşımı belirginleşmiş; 1946'da hazırlanan Birinci On Yıllık Millî Sağlık Planı sağlık altyapısının geliştirilmesi, personel sayısının artırılması ve koruyucu hizmetlerin güçlendirilmesine yönelmiştir. 1960 sonrası sosyalleştirme yaklaşımı hizmetlerin ülke geneline yayılmasını hedeflemiştir. 1980 sonrası özel sektörün rolü artmakla birlikte finansman ve örgütlenme sorunları gündemde kalmıştır (Akdağ, 2012).

2003 yılında başlayan SDP, sağlık sisteminde kurumsal ve işlevsel dönüşüm hedefiyle düzenlenmiştir. Program; Bakanlığın düzenleyici rolünün güçlendirilmesi, Genel Sağlık Sigortası, aile hekimliği, sağlık insan gücünün geliştirilmesi, sağlık altyapısı ve sağlık bilgi sistemleri gibi alanlarla ilişkilendirilmiştir. Tezde program uygulaması 2003–2009 ilk fazı ve 2009–2014 ikinci fazı çerçevesinde açıklanır. İlk fazda Bakanlığın ve SGK'nın kurumsal kapasitesi, hizmetlerin yeniden yapılandırılması ve halk sağlığı öne çıkmış; ikinci fazda dönüşümün sürdürülmesi ve sosyal güvenlik reformu bağlamı ele alınmıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2003, 2023; Akdağ, 2012).

1.3. Ekonomik Büyüme Teorileri ve Sağlık Sermayesi

Ekonomik büyüme, reel üretim kapasitesi ve çıktı düzeyindeki artışla ifade edilir. Klasik ve neoklasik yaklaşımlar fiziki sermaye, emek, tasarruf, yatırım ve teknolojik ilerlemeyi temel belirleyiciler arasında değerlendirir. Harrod–Domar modeli sermaye birikimi ve yatırımın üretim kapasitesini artırıcı rolüne vurgu yaparken Solow–Swan modeli sermaye ve emek yanında teknolojik gelişmenin uzun dönem büyümedeki önemini ortaya koyar (Alkin, 1992; Berber, 2013; Koçak, 2016).

Bu modeller sağlık harcamalarını doğrudan büyüme değişkeni olarak kurmasa da sağlık sermayesi, işgücü etkinliği ve üretkenliği üzerinden model mekanizmalarıyla ilişkilendirilebilir. Sağlıklı işgücü daha uzun süre üretime katılabilir, hastalık kaynaklı işgücü kayıpları azalabilir ve fiziki sermayenin kullanım etkinliği yükselebilir. Sağlık bu nedenle emek faktörünün niteliğini etkileyen bir beşerî sermaye bileşeni olarak görülür (Bloom, Canning ve Sevilla, 2001; Weil, 2014).

İçsel büyüme teorileri beşerî sermaye, bilgi birikimi ve teknolojik ilerlemeyi büyümenin içsel kaynakları olarak ele alır. Lucas'ın beşerî sermaye yaklaşımında sağlık, bireyin bilgi ve becerilerini kullanabilmesi ve üretkenliğinin korunmasıyla ilişkilidir. Romer ve Aghion–Howitt çerçevesindeki yenilik ve teknoloji mekanizmaları açısından sağlık, öğrenme, araştırma-geliştirme ve teknolojiyi benimseme kapasitesini destekleyen bir unsur olarak değerlendirilir. Grossman'ın (1972) sağlık sermayesi modeli ise sağlığı üretkenliği ve yaşam süresini etkileyen bir yatırım stoku biçiminde ele alır.

Keynesyen bakış, sağlık harcamalarının kısa dönemde toplam talep ve ekonomik aktiviteyle bağlantısını tartışmaya imkân verir. Sağlık sektöründeki mal ve hizmet alımları, ücret ödemeleri ve yatırımlar talep oluşturabilir. Ancak bu etkinin kalıcı büyümeye dönüşmesi, kaynakların üretken kapasiteyi artıran alanlara yönelmesi ve harcamaların etkin yönetilmesiyle ilişkilidir. Sağlık harcamaları bu açıdan hem talep kanalı hem beşerî sermaye ve verimlilik kanalı üzerinden ele alınabilir (Bhargava vd., 2001; Akar, 2014).

1.4. Sağlık ve Büyüme İlişkisinin Temel Kanalları

Sağlık ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, sağlığın beşerî sermayenin temel bileşenlerinden biri olması ve ekonomik üretkenliği çeşitli mekanizmalar aracılığıyla etkilemesi çerçevesinde açıklanmaktadır. Sağlık düzeyindeki iyileşmeler, bireylerin çalışma kapasitesi ve verimliliğinin yanı sıra eğitim süreçleri, tasarruf davranışları ve teknolojik gelişmelere uyum sağlama yetenekleri üzerinde de etkili olabilmektedir. Bu doğrultuda sağlık ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, birbirini tamamlayan dört temel kanal üzerinden değerlendirilebilir (Bloom ve Canning, 2000; Weil, 2014).

Emek verimliliği kanalı: Sağlık statüsündeki iyileşme fiziksel ve zihinsel çalışma kapasitesini artırabilir, hastalık kaynaklı devamsızlığı azaltabilir ve çalışma sırasında performansı güçlendirebilir. Mushkin (1962), sağlığa yatırımı beşerî sermaye yatırımı çerçevesinde ele alır.

Eğitim ve bilişsel gelişim kanalı: Çocukluk çağındaki sağlık ve beslenme koşulları öğrenme kapasitesini etkileyebilir. Uzun yaşam beklentisi bireylerin eğitim gibi uzun vadeli getiri sağlayan yatırımlara yönelme teşvikini artırabilir. Sağlık ve eğitim bu bakımdan birbirini tamamlayan sermaye unsurlarıdır.

Tasarruf ve sermaye birikimi kanalı: Yaşam beklentisinin artması, emeklilik dönemine yönelik tasarruf davranışını etkileyebilir. Tasarrufların yatırımlara dönüşmesi sermaye birikimini ve üretim kapasitesini destekleyebilir (Bloom ve Canning, 2000, 2008). Bununla birlikte yaşlı bağımlılık oranı ve sosyal güvenlik yükleri ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü etkileyebilir.

Demografik Temettü (Fırsat Penceresi): Bebek ölüm oranlarının düşmesiyle başlayan demografik geçiş süreci, doğurganlık oranlarının azalmasıyla devam etmektedir. Bu süreçte çalışma çağındaki nüfusun toplam nüfus içerisindeki payının artması, kişi başına düşen gelirin yükselmesine katkı sağlayabilecek bir demografik fırsat penceresi oluşturmaktadır.

Sonuç olarak sağlık ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, yalnızca işgücünün fiziksel kapasitesiyle sınırlı olmayıp eğitim, tasarruf ve sermaye birikimi ile demografik dönüşüm süreçlerini de kapsayan çok boyutlu bir yapı sergilemektedir (Bloom ve Canning, 2000; Weil, 2014). Sağlık düzeyindeki iyileşmelerin ekonomik büyümeye katkısı; bireysel üretkenliğin artması, beşerî sermayenin güçlenmesi, tasarrufların yatırıma dönüşmesi ve çalışma çağındaki nüfusun toplam nüfus içerisindeki payının artması yoluyla ortaya çıkabilmektedir. Bununla birlikte söz konusu katkının düzeyi, sağlık hizmetlerinin niteliği, kaynakların etkin kullanımı ve ekonomik sistemin yapısal özellikleriyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle sağlık, ekonomik büyüme sürecinde yalnızca bir harcama alanı değil, aynı zamanda uzun dönemli üretkenliği ve kalkınmayı destekleyen stratejik bir beşerî sermaye unsuru olarak ele alınmalıdır (Orak, 2026).

2. BULGULAR

2.1. Sağlık Harcamaları, Gelir ve Yaşam Beklentisinin Karşılaştırmalı Görünümü

Sağlık harcamaları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki, sağlık hizmetlerine ayrılan kaynakların miktarının yanı sıra bu kaynakların sağlık göstergeleri üzerindeki etkileri çerçevesinde ele alınmaktadır. Sağlık düzeyindeki iyileşmeler; bireylerin yaşam süresini, işgücünün verimliliğini ve beşerî sermaye birikimini etkileyerek ekonomik büyüme sürecine katkı sağlayabilmektedir. Bu nedenle sağlık harcamalarının değerlendirilmesinde, harcama düzeyinin ekonomik gelişmişlik ve beklenen yaşam süresi gibi göstergelerle birlikte incelenmesi önem taşımaktadır.

Tablo 1. Seçilmiş ülke gruplarında sağlık harcamaları ve gelişmişlik göstergeleri

Ülke Grubu / Ülke	Sağlık Harcamalarının GSYH'ye Oranı (%)	Kişi Başına GSYH ($)	Beklenen Yaşam Süresi (Yıl)
OECD Ortalaması	9,2	48.000	80,3
ABD	16,6	76.000	77,5
Almanya	12,8	51.000	81,1
Türkiye	**4,6**	**10.600**	**78,6**
Kore Cumhuriyeti	8,8	35.000	83,5
Ortalama Düşük Gelir Grubu	5,1	700	64,0

Kaynak: (Orak, 2026)

Tablo 1'de, seçilmiş ülke ve ülke gruplarına ait sağlık harcamalarının GSYH içerisindeki oranı, kişi başına GSYH ve beklenen yaşam süresi göstergeleri bir arada sunularak ülkeler arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak ortaya konulmaktadır. Sağlık harcamaları payı ile yaşam beklentisinin aynı oranda değişmemesi, harcama hacminin tek başına sağlık performansını açıklamadığı, etkinlik ve hizmet organizasyonunun da değerlendirilmesi gerektiği teorik yaklaşımına işaret etmektedir.

2.2. Türkiye'de Seçilmiş Büyüme Göstergelerinin Zamansal Değişimi

Türkiye'de sağlık alanındaki gelişmeler, doğuşta beklenen yaşam süresi ve kişi başına düşen gelir gibi göstergeler çerçevesinde değerlendirilebilmektedir. 2000 yılı sonrasında yaşam beklentisindeki artış ile kişi başına düşen milli gelirdeki gelişimin birlikte seyretmesi, sağlık ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin göstergeleri arasında yer almaktadır (Aydemir ve Baylan, 2015).

Tablo 2. Türkiye'nin sağlık sermayesi göstergesi (Yaşam Beklentisi) ile ekonomik büyüme göstergesi (Kişi Başı GSYH) arasındaki uzun dönemli birlikte hareketi özetlemektedir:

Tablo 2. Türkiye'de sağlık sermayesi ve ekonomik büyüme göstergelerinin gelişimi (1990-2022)

Yıl	Doğuşta Beklenen Yaşam Süresi (Yıl)	İGE Değeri	Kişi Başına GSYH (SGP, 2017 $)
1990	64,7	598	13.800
2000	70,0	660	16.500
2010	74,2	749	22.100
2019	77,8	842	30.500
2022	78,6	855	37.200

Kaynak: (Orak, 2026)

Tabloda yer alan veriler doğrultusunda doğuşta beklenen yaşam süresi, İGE değeri ve satın alma gücü paritesine göre kişi başına GSYH'de artış yönlü bir seyir olduğu görülmektedir. Yaşam süresi 1990'da 64,7 yıl iken 2022'de 78,6 yıla; İGE 598'den 855'e; kişi başına GSYH ise 13.800 dolardan 37.200 dolara yükselmiştir. Bu göstergeler sağlık, gelir ve insani gelişme boyutlarının birlikte incelenmesini desteklemektedir.

2.3. SDP Sürecinde Sağlık Göstergelerindeki Değişim

Türkiye'de sağlık alanında gerçekleştirilen yapısal dönüşümler, sağlık hizmetlerinin finansmanı, örgütlenmesi ve sunum biçimlerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Bu dönüşüm sürecinin temel aşamalarından biri olan SDP, sağlık hizmetlerine erişimin genişletilmesi ve hizmet sunumunun geliştirilmesi hedefleri doğrultusunda şekillenmiştir. Program kapsamında Genel Sağlık Sigortası ve Aile Hekimliği Modeli gibi uygulamalar hayata geçirilmiş; sağlık sistemindeki değişimlerin temel sağlık göstergelerine yansımaları önem kazanmıştır (Şen ve Bingöl, 2018).

Tablo 3., SDP öncesi (2002) ile programın olgunluk dönemi ve güncel verileri (2012 ve 2022) arasındaki değişimi özetlemektedir:

Tablo 3. Sağlıkta Dönüşüm Programı sürecinde bazı sağlık göstergeleri

Gösterge	2002 (SDP Öncesi)	2012 (Ara Dönem)	2022 (Güncel Dönem)	Değişim (%)
Doğuşta Beklenen Yaşam Süresi (Yıl)	72,5	77,5	78,6	+8,4
Bebek Ölüm Hızı (1.000 Canlı Doğumda)	31,5	11,6	9,2	−70,8
Anne Ölüm Oranı (100.000 Canlı Doğumda)	64,0	15,4	12,6	−80,3
Kişi Başına Hekime Müracaat Sayısı	3,2	8,2	10,2	+218
Hastane Yatak Sayısı (10.000 Kişiye)	23,6	26,5	30,7	+30

Kaynak: (Orak, 2026)

Tabloda yer alan 2002, 2012 ve 2022 yılları karşılaştırması incelendiğinde, doğuşta beklenen yaşam süresi 72,5 yıldan 78,6 yıla yükseldiği, bebek ölüm hızı 1.000 canlı doğumda 31,5'ten 9,2'ye; anne ölüm oranı 100.000 canlı doğumda 64,0'tan 12,6'ya gerilediği görülmektedir. Ayrıca kişi başına hekim müracaatı 3,2'den 10,2'ye ve 10.000 kişiye düşen hastane yatak sayısı 23,6'dan 30,7'ye yükseldiği tespit edilmiştir.

Bu değişimler birlikte değerlendirildiğinde SDP'nin özellikle önlenebilir ölümlerin azaltılmasında olumlu performans sergilediği ve sağlık hizmetlerine fiziksel ve ekonomik erişim engellerinin büyük ölçüde aşıldığını göstermektedir. Ancak aynı zamanda sağlık sistemi üzerindeki talep baskısının arttığını da ortaya çıkarmaktadır.

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada SDP ile ekonomik büyüme ilişkisi, yüksek lisans tezinin teorik çerçevesi üzerinden değerlendirilmiştir. Sağlık ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki, büyüme teorileri çerçevesinde değerlendirildiğinde, sağlığın beşerî sermayenin temel bileşenlerinden biri olduğu görülmektedir. Klasik ve neoklasik yaklaşımlarda fiziksel sermaye ve emek faktörleri ön plana çıkarken, içsel büyüme teorileriyle birlikte beşerî sermayenin uzun dönemli büyüme sürecindeki rolü önem kazanmıştır. Bu doğrultuda sağlık düzeyindeki iyileşmeler; emek verimliliği, eğitim ve bilişsel gelişim, tasarruf ve sermaye birikimi ile demografik temettü kanalları aracılığıyla ekonomik büyümeyi destekleyebilecek bir unsur olarak ele alınmaktadır.

Türkiye'de sağlık politikaları hizmetlerin yaygınlaştırılması, örgütlenme ve finansman sorunlarının çözümü amacıyla farklı tarihsel aşamalardan geçmiştir. Türkiye'de Sağlıkta Dönüşüm Programı sonrasında sağlık göstergelerinde gözlenen gelişmeler, sağlık hizmetlerinin finansmanı ve sunumunda gerçekleştirilen değişimlerle birlikte değerlendirilmiştir. Bebek ve anne ölüm oranlarındaki azalma ile beklenen yaşam süresindeki artış, sağlık alanındaki gelişmelerin beşerî sermaye birikimi ve ekonomik büyüme açısından önemini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte sağlık göstergelerindeki iyileşmelerin ekonomik büyümeye katkısı, sağlık harcamalarının düzeyinin yanı sıra kaynakların etkin kullanımı ve sağlık hizmetlerinin niteliğiyle de ilişkilidir.

Sağlık ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi amacıyla sağlık harcamalarının yalnızca miktar bakımından değil, sağlık göstergeleri ve beşerî sermaye üzerindeki etkileri açısından da değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda, sağlık hizmetlerinde kaynakların etkin kullanımı, koruyucu sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi ve sağlık düzeyindeki iyileşmelerin emek verimliliği, eğitim ve bilişsel gelişim, tasarruf ve sermaye birikimi ile demografik temettü üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Sağlık politikalarının uzun vadeli ekonomik ve demografik gelişmelerle uyumlu biçimde ele alınması, sağlık sektörünün beşerî sermaye birikimine ve sürdürülebilir ekonomik büyümeye katkısının artırılması açısından önem arz etmektedir.

Sonuç olarak sağlık, toplumsal refahın temel unsuru olmasının yanı sıra ekonomik büyümenin beşerî sermaye ve verimlilik temelleriyle bağlantılıdır. SDP'nin teorik değerlendirmesi, sağlık hizmetlerinin erişilebilirliği ve niteliği ile kalkınma hedeflerinin birbirini tamamlayan politika alanları olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir. Sürdürülebilir büyüme yaklaşımı sağlık kaynaklarının etkin kullanımını, koruyucu hizmetlerin güçlendirilmesini ve demografik dönüşümün mali sonuçlarının öngörülmesini gerektirir.

KAYNAKLAR

Ak, S. (2021). Geçmişten Günümüze Türkiye'nin Sağlık Politikaları. *ASHD, 20*(1), 28–36.

Akar, S. (2014). Türkiye'de Sağlık Harcamaları, Sağlık Harcamalarının Nisbi Fiyatı ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 21*(1), 311–322.

Akdağ, R. (2012). *Türkiye Sağlıkta Dönüşüm Programı Değerlendirme Raporu (2003–2011)*. T.C. Sağlık Bakanlığı. Https://Sbu.Saglik.Gov.Tr/Ekutuphane/Kitaplar/Sdpturk.Pdf

Alkin, E. (1992). *Gelir ve Büyüme Teorisi* (2. Baskı). Filiz Kitabevi.

Aydemir, C., & Baylan, S. (2015). Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (13)*, 417–435.

Başol, E., & Işık, A. (2015). Türkiye'de Sağlık Politikalarında Güncel Gelişmeler: Sağlıkta Dönüşüm Programından Günümüze Bazı Değerlendirme Ve Öneriler. IAAOJ Social Science, 2(2), 1–26.

Berber, M. (2013). Makro İktisat (12. Baskı). Ekin Yayınları.

Bhargava, A., Jamison, D. T., Lau, L. J., & Murray, C. J. (2001). Modeling The Effects Of Health On Economic Growth. *Journal Of Health Economics, 20*(3), 423–440.

Bloom, D. E., & Canning, D. (2000). The Health And Wealth Of Nations. *Science, 287*(5456), 1207–1209. Https://Doi.Org/10.1126/Science.287.5456.1207

Bloom, D. E., & Canning, D. (2008). *Population Health And Economic Growth* (Commission On Growth And Development Working Paper No. 24). World Bank.

Bloom, D. E., Canning, D., & Sevilla, J. (2001). *The Effect of Health on Economic Growth: Theory And Evidence*.

Bloom, D. E., Kuhn, M., & Prettner, K. (2019). Health And Economic Growth. In *Oxford Research Encyclopedia Of Economics And Finance*. Oxford University Press.

Callahan, D. (1973). The WHO Definition Of "Health". *Studies—Hastings Center, 1*(3), 77–88.

Çelik, Y. (2016). *Sağlık Ekonomisi* (3. Baskı). Siyasal Kitabevi.

Grossman, M. (1972). On the concept of health capital and the demand for health. Journal of Political Economy, 80(2), 223–255.

Koçak, A. (2016). Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkileri: Türkiye Ve G8 Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama (Yüksek Lisans Tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Mushkin, S. J. (1962). Health As An İnvestment. Journal Of Political Economy, 70(5, Part 2), 129–157.

Orak, F. (2026). Sağlıkta dönüşüm programının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi (Tez No. 994740) [Yüksek lisans tezi, ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ]. Ulusal Tez Merkezi.

Phelps, C. E. (2017). Health Economics (6th Ed.). Routledge.

Şen, A., & Bingöl, N. (2018). Sağlık Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 9*(1), 89–106.

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2003). Sağlıkta Dönüşüm Programı. Https://Www.Saglik.Gov.Tr/TR,11415/Saglikta-Donusum-Programi.Html

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2023). Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2022. Https://Sbsgm.Saglik.Gov.Tr/TR-103624/Saglik-İstatistikleri-Yilliklari.Html

Tengilimoğlu, D., Akbolat, M., & Işık, O. (2015). Sağlık İşletmeleri Yönetimi (7. Baskı). Nobel Yayıncılık.

Weil, D. N. (2014). Health And Economic Growth. In P. Aghion & S. N. Durlauf (Eds.), Handbook Of Economic Growth (Vol. 2, Pp. 623–682). Elsevier.

SAĞLIK İŞLETMELERİNDE DEĞİŞKEN MALİYET YÖNTEMİNİN TAM MALİYET YÖNTEMİ KARŞISINDAKİ ÜSTÜNLÜKLERİ VE UYGULAMADA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER[1]

Yüksek Lisans Öğrencisi, Yeşim AKÇOKRAK[1] / Prof. Dr. Nesrin AKCA[2]

[1]Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı, akcokrakyesim@gmail.com, ORCID: 0009-0002-4165-7044.

[2]Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sağlık Yönetimi Bölümü, nakca@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5546-1443.

Özet

Kamu tarafından belirlenen tarifeler nedeniyle sağlık işletmelerinde hizmet fiyatları, kurumun katlandığı maliyetten bağımsız biçimde şekillenmektedir. Gelir tarafında hareket alanı oldukça dar olan yöneticiler için maliyetlerin doğru izlenmesi, kurumun varlığını sürdürebilmesinin temel koşullarından biri hâline gelmiştir. Ancak maliyet tutarı benimsenen hesaplama yaklaşımına göre değişebildiğinden, yöntem tercihi elde edilen bilginin niteliğini doğrudan belirlemektedir. Bu çalışmada, değişken maliyet yönteminin sağlık işletmelerinde tam maliyet yöntemine göre sağladığı avantajların ve uygulama sürecinde ortaya çıkan sorunların ilgili yazın çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Tam maliyet yöntemi, direkt ilk madde ve malzeme, direkt işçilik ve genel üretim giderlerinden oluşan üç gider unsurunun tamamını, sabit ya da değişken ayrımı yapmaksızın hizmet maliyetine yükleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda sabit tutarlar hizmetlere paylaştırıldığından, hasta sayısı düştüğünde hizmet başına maliyet de artmaktadır. Kaynak kullanımında bir değişiklik olmaksızın, yalnızca değişmeyen tutarın daha az hizmete bölünmesinden doğan bu artış, yöneticilerin hatalı değerlendirmeler yapmasına neden olabilmektedir. Değişken maliyet yöntemi ise giderleri önce sabit ve değişken olmak üzere ikiye ayıran, ardından hizmetin maliyetini yalnızca hizmet miktarıyla birlikte artıp azalan giderlerden hesaplayan bir yaklaşımdır. Hizmet sayısından bağımsız katlanılan sabit giderler ise hizmetlere dağıtılmaz; doğrudan o döneme gider olarak yazılır. Bu sayede birim maliyetler hacimdeki iniş çıkışlardan etkilenmemekte, ortak giderlerin paylaştırılmasından doğan hata riski azalmakta ve katkı payı bilgisi kısa vadeli kararlara dayanak oluşturmaktadır. Hizmetler depolanamadığından iki yaklaşım arasındaki fark, stoklara değil doğrudan birim maliyetlere yansımaktadır. Öte yandan giderlerin sınıflandırılmasında yöneticilerin kararlarının etkili olması, aynı gider kaleminin farklı kurumlarda farklı davranabilmesi, yöntemin ağırlıkla kısa vadeli bilgi sunması ve kurumların kayıt sistemlerinin fiili ve tam maliyet esasına göre kurulmuş olması nedeniyle kurum içi düzenleme gerekmesi yöntemin uygulanmasını zorlaştıran başlıca etkenlerdir. Bulgular, sağlık yöneticilerine hizmet hacmindeki değişimlerden arındırılmış, sade ve güvenilir maliyet bilgisi sunarak daha isabetli kararlar alınmasına katkı sağlayan değişken maliyet yönteminin, tek başına değil, diğer maliyetleme yöntemlerini tamamlayan bir karar destek aracı olarak kullanılmasının daha yararlı olacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık işletmeleri, değişken maliyet yöntemi, tam maliyet yöntemi, birim maliyet, katkı payı

[1] Bu çalışma, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

ADVANTAGES OF VARIABLE COSTING OVER FULL COSTING IN HEALTHCARE ORGANIZATIONS AND DIFFICULTIES ENCOUNTERED IN PRACTICE[1]

Master's Student, Yeşim AKÇOKRAK[1] / Prof. Dr. Nesrin AKCA[2]

[1]Kırıkkale University Institute of Health Sciences Department of Health Management, akcokrakyesim@gmail.com, ORCID: 0009-0002-4165-7044.

[2]Kırıkkale University Faculty of Health Sciences Department of Health Management, nakca@kku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5546-1443.

Abstract

Because prices in healthcare organizations are set by public tariffs, they are shaped independently of the costs incurred. For managers with little room to act on revenues, accurate cost monitoring has become a basic condition for institutional survival. However, since cost amounts vary with the calculation approach, the choice of method directly shapes the information obtained. This study aims to evaluate, through the literature, the advantages of variable costing over full costing in healthcare organizations and the problems arising in its implementation. Full costing assigns all three cost elements, namely direct materials, direct labor and manufacturing overhead, to service costs without distinguishing between fixed and variable costs. Since fixed amounts are thus shared among services, the cost per service rises when patient numbers fall. Arising without any change in resource use, solely from an unchanged amount being divided among fewer services, this increase may mislead managers. Variable costing, in contrast, separates costs into fixed and variable and calculates service cost only from costs that move with service volume. Fixed costs, incurred in the same amount regardless of output, are not allocated to services but recorded directly as period expenses. As a result, unit costs are unaffected by volume swings, allocation errors decline and contribution margin information supports short-term decisions. Because services cannot be stored, the difference appears directly in unit costs rather than in inventories. Nevertheless, the influence of managers' decisions on cost classification, the different behavior of the same cost item across institutions, the short-term focus of the information and the need for internal arrangements, since institutional records are kept on an actual and full cost basis, complicate implementation. The findings suggest that variable costing, which gives managers simple, reliable cost information free from volume effects, is most useful as a decision-support tool complementing other costing methods.

Keywords: Healthcare organizations, variable costing, full costing, unit cost, contribution margin

[1] This study is derived from the master's thesis conducted by the first author under the supervision of the second author.

GİRİŞ

Türkiye'de sağlık hizmetlerinin sunum bedeli, hizmeti sunan kuruluş tarafından değil, büyük ölçüde kamu kurumları tarafından belirlenmektedir. Fiyatın ilgili otoriteler tarafından belirlendiği bu yapıda, benzer nitelikteki hizmetlerin sunum maliyeti ise kurumlar arasında farklılık gösterebilmektedir. Özel sektörde faaliyet gösteren kâr amaçlı kuruluşlar ile toplumsal faydayı ön planda tutan kamu kuruluşları için de söz konusu yapı geçerlidir. Her iki grupta da mevcut kaynakların en uygun şekilde kullanılması, sunulan hizmetin maliyetinin belirlenmesine, giderlerin kontrol edilmesine ve gerektiğinde düşürülmesine dayanmaktadır. Bununla birlikte, maliyet bilgisinin yönetim açısından işlevsel bir değer taşıyabilmesi, bu bilginin doğru bir yöntemle üretilmesine bağlıdır; hatalı bir yöntem kullanılarak belirlenen maliyet verileri, yönetsel tercihleri de yanlış yöne taşıyabilmektedir (Bozdemir, 2019).

Sağlık kuruluşlarındaki bir hizmetin maliyetinin ne kadar olduğu tek bir hesaplama tekniğine dayanmamaktadır; kurum bünyesinde ihtiyaç duyulan bilgilerin çeşitliliği, farklı maliyet yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Söz konusu yöntemlerin bir kısmı, sunulan hizmetin maliyetine hangi gider kalemlerinin dâhil edileceğini konu edinmektedir. Bu yöntemler arasındaki tam maliyet yönteminde ilgili döneme ait tüm üretim giderleri, sabit ya da değişken nitelikte olmalarına bakılmaksızın hizmetlere yüklenmektedir. Normal maliyet yöntemine göre değişken giderler tamamıyla, sabit genel üretim giderlerinin ise yalnızca kullanılan kapasiteye karşılık gelen kısmı dikkate alınmaktadır. Değişken maliyet yöntemine göre hizmetlere yalnızca hizmet hacmine bağlı olarak değişen giderler dâhil edilirken, asal maliyet yöntemine göre hesaplama direkt ilk madde ve malzeme ile direkt işçilik giderleriyle sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle aynı hizmet için belirlenen maliyet tutarı, tercih edilen yönteme ve giderlerin sabit-değişken sınıflandırılmasında kullanılan tekniğe bağlı olarak değişebilmektedir (Özen, 2022).

Tercih edilen yöntemin hastanelerde önemli bir unsur hâline gelmesi, söz konusu kurumların gider yapısıyla doğrudan ilişkilidir. Antalya'da faaliyet gösteren bir kamu hastanesinde 2015 verileri esas alınarak gerçekleştirilen maliyet analizinde toplam giderlerin yarısından fazlasının (%57,32) istihdam edilen personele ait olduğu ve hastanenin sabit maliyetlerinin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada, başvuran hasta sayısının düşük kaldığı poliklinik ve kliniklerde birim maliyetlerin artış gösterdiği belirlenmiştir; polikliniker açısından söz konusu artış, hasta sayısının az olmasına karşın sabit maliyetlerin yüksek düzeyde olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Araştırmacılar elde edilen bulgular doğrultusunda, sabit maliyetlerin ayrıntılı olarak takip edilmesini, gerekli durumlarda söz konusu giderleri azaltacak önlemlerin alınmasını ve kapasite kullanım oranının artırılmasını önermiştir (Bülüç ve Ağırbaş, 2017). Bu tablo, sabit giderlerin hizmet maliyetine dâhil olup olmadığının birim maliyeti önemli ölçüde farklılaştıracağını ve dolayısıyla maliyet yöntemi tercihinin hastane yönetimi bakımından belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Sabit giderlerin bu kadar yüksek bir paya sahip olduğu hastanelerde, maliyetlerin sabit ve değişken kısımlarına ayrılması yöneticinin daha etkin kararlar almasına yardımcı olmaktadır. Geri ödeme tutarından hizmetle doğrudan ilişkilendirilen değişken giderlerin çıkarılması sonucunda elde edilen katkı payı, hizmetin sabit giderlerin karşılanmasına ne düzeyde katkı sağladığını göstermektedir. Nitekim İsviçre'de bir kamu hastanesinde, kullanılmayan ameliyathane süresinin saatlik katkı payı yüksek vakalara öncelik verilerek dağıtılması, geliş sırasına göre yapılan dağıtıma kıyasla önemli ölçüde daha yüksek gelir elde edilmesine olanak tanımıştır. Bununla birlikte araştırmacılar, kamu hastanelerinin toplumsal sorumlulukları nedeniyle bu ölçütün yalnızca atıl kapasiteyle sınırlı tutulmasını önermiştir (Saporito vd., 2023).

Bu doğrultuda çalışmada, sağlık işletmelerinde değişken maliyet yönteminin tam maliyet yöntemi karşısındaki üstünlükleri ile uygulamada karşılaşılan güçlükler ilgili yazın çerçevesinde incelenmektedir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Giderlerin Faaliyet Hacmi Karşısındaki Davranışına Göre Sınıflandırılması

Bir dönem süresince hizmet üretim miktarı değişse de toplam tutarı değişmeyen ve herhangi bir hizmet sunumu gerçekleşmese dahi kurumun karşılamak zorunda olduğu giderlere sabit gider adı verilmektedir. Sağlık işletmelerinde bu giderler; muayene, tetkik ve ameliyat sayıları, yatan ve yoğun bakımdaki hasta sayısı ya da hasta günü gibi ilgili göstergelerdeki değişimlere doğrusal biçimde karşılık vermemektedir. Çalışanlara belirli bir tutar üzerinden yapılan maaş ödemeleri, kira, taşıtların sigortası ile bina ve demirbaşlara ait amortismanlar bu grupta yer alan başlıca örneklerdir (Ağırbaş, 2020).

Değişken giderler ise hizmet hacmi yükseldikçe ya da azaldıkça toplam tutarı aynı doğrultuda ve orantılı şekilde değişen giderlerdir. İsviçre'deki bir kamu hastanesinin ameliyathanesinde yürütülen çalışmada bu giderler; ilaç, test reaktifi ve tek seferlik tüketilen malzeme gibi doğrudan ilgili hastayla ilişkilendirilebilen harcamalar olarak tanımlanmış, cihaz, bina ve maaş gibi kalemler ise çıktı hacmindeki değişimlere bağlı olarak değişmediği için bu gruba dâhil edilmemiştir (Saporito vd., 2023).

Karma giderler, yapısında sabit ve değişken bileşeni birlikte barındıran giderlerdir; bu nedenle geçerli faaliyet aralığında iki bileşenin birbirinden ayrılması gerekmektedir. Karma giderlerin bir çeşidi olan yarı sabit giderler, belirli bir faaliyet hacmi aralığında aynı düzeyde kalırken o aralığın sınırı aşıldığında basamak şeklinde yükselir (Bozdemir, 2019).

Giderlerin faaliyet miktarı esas alınarak ayrıştırılması, hastanelerde yürütülen maliyet analizlerinin de temel adımlarından birini oluşturmaktadır. Bir üniversite hastanesinde yapılan bölüm maliyet analizinde harcamalar, hizmet miktarı karşısındaki davranışlarına bakılarak iki gruba ayrılmış; personel maaşları, bilgi sistemleri hizmet alımı ve amortisman, sağlık hizmeti sunum miktarından etkilenmeyen giderler olarak sabit grupta ele alınmıştır. Maaş ve tazminatların tek başına toplam giderlerin yarısını (%50,50) oluşturduğu bu hastanede, hekimlere, hemşirelere ve öteki sağlık çalışanlarına yapılan performans ödemeleri ise maaş özelliği göstermesine rağmen belirli bir düzeyde sabit tutulmamış; hasta sayısı ve muayene sayısı gibi ölçütlere bağlı olarak farklı tutarlarda gerçekleşmiştir. Hastanenin faaliyetlerini destekleyen birimlerde oluşan giderlerin de hizmet üretiminin yoğunluğuna belirgin bir tepki vermediği vurgulanmıştır (Koçak ve Kısakürek, 2025). Elde edilen sonuçlar hastanelerde aynı gider türünün bir kısmının sabit kalırken diğer kısmının faaliyet hacmine bağlı olarak değişebildiğini ve giderlerin doğru sınıflandırılmasının maliyet bilgisinin güvenilirliği açısından önem taşıdığını göstermektedir**.**

1.2. Maliyetlerin Kapsamına Göre Maliyet Yöntemleri

Kurumun sunduğu hizmetlerin maliyeti, o kurumda kullanılan maliyet sisteminin belirlenen esasları çerçevesinde hesaplanmaktadır. Bu sistem, tek başına uygulanan bir teknikten ibaret değildir; kapsam, nitelik ve hesaplama biçimi bakımından birbirini destekleyen yöntemlerin bileşiminden ortaya çıkmaktadır. Söz konusu yöntemler bu üç ayrı başlık altında değerlendirilmektedir ve her başlık sistemin farklı bir boyutunu ele almaktadır. Bu yüzden maliyet sisteminin işler hâle gelmiş kabul edilmesi, üç başlığın her birinde tercih edilen bir yöntem bulunmasına bağlıdır (Akdoğan, 2004).

1.2.1. Tam Maliyet Yöntemi

Tam maliyet yaklaşımı doğrultusunda bir döneme ait üretim giderlerinin tamamı, hacimle değişen ve değişmeyen kalemler ayrıma tabi tutulmaksızın aynı süre içinde ortaya çıkan çıktılara paylaştırılır. Birim maliyetin hesaplanması amacıyla sabit ve değişken giderlerin toplamı üretim hacmine bölünmektedir. Tam maliyet yönteminin üstün yönü, giderlerin faaliyet hacmi karşısındaki davranışlarına göre ayrılmasını gerektirmemesi ve hesaplamanın uygulama kolaylığı sunmasıdır. Dezavantajı ise kısa dönem içinde hacme tepki vermeyen sabit

kısmın, üretim hacminin azaldığı dönemlerde birim maliyeti olduğundan yüksek, genişlediği dönemlerde ise olduğundan düşük göstermesidir (Yükçü vd., 2018).

$$TM = DİMM + DİG + GÜG \quad (1)$$

Eşitlikte TM tam maliyeti, DİMM direkt ilk madde ve malzeme giderlerini, DİG direkt işçilik giderlerini, GÜG ise genel üretim giderlerini ifade etmektedir.

1.2.2. Değişken Maliyet Yöntemi

Değişken maliyet yöntemi, kısmi maliyetleme yaklaşımını esas alır ve çıktıya ilişkin maliyeti yalnızca üretim hacmindeki değişimle paralel olarak artan veya azalan giderlerle oluşturur. Bu çerçevede çıktıya yüklenen unsurlar; direkt ilk madde ve malzeme giderleri, direkt işçilik giderleri ile genel üretim giderlerinin değişken bölümüdür. Genel üretim giderlerinin sabit bölümü ise çıktıyla ilişkilendirilmeden, oluştuğu dönemin gideri sayılarak doğrudan dönem sonuçlarına yansıtılır. Değişken maliyet yönteminin uygulanabilmesi, kurumdaki bütün giderlerin uygulamaya başlamadan iki gruba sınıflandırılmasını gerektirmektedir. Bu ön koşul yerine getirildiğinde yöntem, özellikle planlamaya ve yönetsel kararların alınmasına yönelik önemli bir bilgi kaynağı niteliği kazanmaktadır (Karakaya, 2004).

$$DM = DİMM + DİG + Değişken\ GÜG \quad (2)$$

Eşitlikte DM değişken maliyeti, DİMM direkt ilk madde ve malzeme giderlerini, DİG direkt işçilik giderlerini, Değişken GÜG ise genel üretim giderlerinin değişken kısmını ifade etmektedir.

Ancak hastanelerde personel giderinin büyük kısmını oluşturan maaşlar hizmet hacminden bağımsız olduğundan, direkt işçilik giderlerinin yalnızca hasta ve muayene sayısıyla birlikte değişen kısmı, örneğin performans ödemeleri, değişken maliyete dâhil edilebilmektedir (Koçak ve Kısakürek, 2025; Saporito vd., 2023).

1.3. Değişken Maliyet Yönteminin Esasları

1.3.1. Değişken Maliyet Yönteminin İşleyişi

Değişken maliyet yönteminin işleyişi, sabit giderlerin üretim gerçekleşme düzeyinden bağımsız olarak, üretim gerçekleşmese dahi ortaya çıkan giderler olduğu kabulüne dayanır. Bu nedenle yalnızca üretim miktarına bağlı giderler çıktıya yansıtılır; sabit kısım ise gerçekleştiği dönemde doğrudan gider olarak değerlendirilir. Dönem sonuçları da bu doğrultuda sunulur: ilk olarak satışlardan değişken giderler çıkarılarak katkı payına ulaşılır, ardından sabit üretim ve yönetim giderleri katkı payından çıkarılarak faaliyet kârı hesaplanır (Bozdemir, 2014).

1.3.2. Katkı Payı ve Katkı Oranı

Değişken maliyet yönteminin ürettiği temel ölçütlerden biri olan katkı payı, herhangi bir birimin sağladığı gelirden değişken giderler çıkarıldıktan sonra kalan ve önce sabit yükün karşılanmasına, ardından kâra ayrılan tutardır. Söz konusu tutarın toplam gelire bölünmesiyle tespit edilen katkı oranı, kazanılan her liralık gelirden sabit yüke ve kâra aktarılabilecek oranı ifade eder. Hastane yönetimi bakımından her bölümün veya işlemin söz konusu iki ölçüt temelinde izlenmesi, hangi hizmetlerin kuruma fayda sağladığının görülmesine ve doğru kararlar alınmasına imkân sağlamaktadır (Kısakürek vd., 2011).

2. DEĞİŞKEN MALİYET İLE TAM MALİYET SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Aynı verilerin iki yöntemde farklı sonuçlar ortaya çıkarmasının tek kaynağı, üretime ilişkin sabit genel giderlerin hangi hesap kaleminde takip edildiğidir. Tam maliyette bu tutar çıktının maliyetine dâhil edilirken, değişken maliyette gerçekleştiği dönemin kâr veya zarar hesabına yansıtılır. Dönem boyunca üretilen çıktının tamamı satılabildiğinde bu ayrım kâr üzerinde etkili olmaz ve iki yöntem de aynı sonucu ortaya koyar. Üretim miktarı satış miktarından fazla olduğunda ise tam maliyette satılmamış olan ürünlere düşen sabit pay stokta varlığını

sürdürdüğünden dönem kârı daha yüksek hesaplanmış olur; satış miktarının üretim miktarını aştığı dönemlerde bu kez önceki dönemden devreden sabit pay gidere dönüştüğü için tam maliyetle hesaplanan kâr tutarı azalır. Bu durum, tam maliyette yöneticinin sadece üretim miktarını artırarak kârı kısa vadede olduğundan yüksek göstermesine olanak sağlarken, değişken maliyet böyle bir yönlendirmeye olanak tanımamakta, katkı payı esaslı raporlama sayesinde başa baş ile hedef kâr analizlerini kolaylaştırmaktadır (Heisinger ve Hoyle, 2012).

Bununla birlikte, söz konusu kâr farkı, çıktısını stokta tutabilen işletmelerde gözlemlenmektedir. Hastaneler tarafından sunulan sağlık hizmetleri ise mallardan farklı olarak somut olmayan bir yapıya sahiptir; üretimi ve tüketimi aynı anda meydana geldiği için stoklanamamaktadır (Koçak ve Kısakürek, 2025). Bu nedenle sağlık işletmelerinde iki yöntem arasındaki ayrım, kâr tutarından çok hizmet başına hesaplanan maliyette kendini göstermektedir.

3. DEĞİŞKEN MALİYET YÖNTEMİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ

Faaliyet hacminden bağımsız genel giderlerin hizmetlerden ayrı izlenmesi, sağlık kurumlarında üretilen maliyet bilgilerinin yönetsel açıdan işe yarar olmasının temel koşuludur. Danimarka'daki kamu hastanelerinin maliyet verilerini analiz eden bir çalışmada, giderlerin tamamının kapasite kullanım düzeyi bilinmeden bölümlere paylaştırıldığı tam maliyet düzeninin yerel ve ulusal düzeyde sağlıklı planlama yapılmasını güçleştirdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, sadece hasta faaliyetiyle birlikte değişen giderlerin klinik bölümlerin kontrolünde olduğunu, idari nitelikteki genel giderlerin ise bölüm faaliyetinden bağımsız olduğunu vurgulamıştır. Bu genel giderlerin doğrudan giderlerle birleştirilerek bölümlere dağıtılmasının, maliyetlerin şeffaflığını azalttığı ve bölüm yöneticilerinin sorumluluğunda bulunan gider kalemleri üzerindeki etkisini zayıflattığı belirtilmiştir (Malmmose ve Lydersen, 2021). Elde edilen bu sonuç, sabit giderleri hizmetlere paylaştırmayan değişken maliyetlemenin, yöneticinin kontrol edebildiği maliyetleri görünür kılma yönünden sunduğu üstünlüğü güçlendirmektedir.

Değişken maliyet yönteminin güçlü yönleri yalnızca genel giderlerin dağıtılmamasıyla sınırlı değildir. Kurum içi raporlama süreçlerine yönelik olan ve katkı payını esas kabul eden bu yaklaşımda, birim başına hesaplanan maliyet faaliyet düzeyindeki dalgalanmalardan etkilenmez. Ayrıca gelir tablosu katkı payı düzenine göre hazırlanabilir: gelirlerden önce değişken tutarlar çıkarılır, sabit giderlerin tümü ise bu ara toplamın altında ayrı bir gider kalemi olarak gösterilir (Ergün, 2020).

4. UYGULAMADA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER

4.1. Değişken Maliyet Yönteminin Uygulanmasında Karşılaşılan Güçlükler

Değişken maliyet yönteminin hastanelerde uygulanmasını zorlaştıran ilk etken, giderlerin hacimle değişen kısmının saptanmasıdır (Bozdemir, 2014). Belli bir sınıra kadar sabit kalıp bu sınır aşıldığında değişen kalemler nedeniyle aynı gider farklı hastanelerde farklı sınıflandırılabilmektedir (Ağırbaş, 2020). Yöntemin sunduğu bilgi daha çok kısa dönemli kararlara yöneliktir; oysa fiyatların uzun vadede tam maliyeti karşılaması gerekmektedir (Bozdemir, 2014). Hastanelerin maliyet kayıtlarını çoğunlukla normal, tam ve fiili maliyet esasına göre tuttuğu belirlenmiştir (Çil Koçyiğit, 2017); bu durum yöntemin uygulanabilmesi için kurum içi düzenleme yapılmasını gerektirmektedir.

Bir üniversite hastanesindeki uygulama da bu tabloyu doğrulamaktadır: personel, demirbaş ve hasta kayıtlarının kurum içinde farklı idari birimlerde tutulması nedeniyle verilere erişimde zorluklar yaşanmış, bazı maliyetler hasta bazında takip edilmemiş ve araştırmacılar daha basit bir dağıtım yöntemiyle yetinmek zorunda kalmıştır. Yazarlar, kayıtlar bu denli dağınık olduğu sürece farklı maliyet yöntemlerinin uygulanamadığını vurgulamıştır (Koçak ve Kısakürek, 2025).

4.2. Sağlık İşletmelerinde Maliyet Analizinde Karşılaşılan Güçlükler

Türkiye'de dört farklı hastane türünde görev yapan mali yöneticilere uygulanan bir ankette, maliyet analizinde en çok soruna neden olan etkenler olarak sağlık hizmetlerinin farklılaşması ve tahmin edilmesi zor bir yapıya sahip olması, gider türleri ile gider yerlerinin karmaşık ve iç içe geçmiş olması ve maliyet kalemlerinin hesaplanmasındaki güçlükler öne çıkmıştır. Aynı kalemlerin hekimler, hemşireler ve öteki çalışanlar tarafından birden fazla birimde kullanılması da ayrıştırmayı zorlaştıran bir etken olarak belirlenmiştir (Arslan Çilhoroz ve Bozdemir, 2020). Bir hastane uygulamasında ise ilaç kullanımının bölüm bazında değil, hasta bazında kaydedilmesi ve demirbaş kayıtlarının birimlere göre sınıflandırılmaması, giderlerin bölüm düzeyinde izlenmesini güçleştiren temel sorunlar arasında yer almıştır (Gizer ve Atış, 2022). Kamu hastanelerinde de sabit varlıkların faaliyetler arasında dengeli kullanılmaması amortismanın güvenilir bir şekilde dağıtılmasını mümkün kılmamaktadır; olağanüstü durumlara hazırlıklı bulunmak ve hizmetin sürdürülebilirliği gibi kamusal gerekçelerle kullanılmayan kapasite de her zaman verimsizlik olarak yorumlanamamaktadır (Önder ve Duyar, 2026).

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Değişken maliyet yönteminin hastanelere sunabileceği katkı, Türkiye'de hizmet fiyatlarının kurum dışındaki unsurlar tarafından belirlendiği gerçeğiyle birlikte değerlendirilmelidir. Bingöl'de ikinci basamak hizmet veren kamuya ait bir hastanenin 2014–2023 dönemi poliklinik verilerini ele alan çalışmada, yalnızca 2020 yılı dışında hastanenin üstlendiği toplam maliyetin Sosyal Güvenlik Kurumundan talep edilen tutarı geçtiği ve paket hâlinde belirlenen fiyatların çoğu yıl birim maliyetlerin altında kaldığı görülmüştür; son yıllarda fiyatlarda yapılan artışlara rağmen zarar sürmüştür (Aydemir, 2025). Satış fiyatını kendisi belirleyemeyen bir kurumun finansal dengesini koruyabilmesi, katlandığı maliyetleri ayrıntılı biçimde incelemesine ve kontrol etmesine bağlıdır.

Maliyet analizleri hastane yöneticisine mali açıdan etkin karar alma, boş kapasiteyi giderme, malzeme kullanımını denetleme ve kurumu önceki yıllarla ya da benzer kurumlarla kıyaslama olanağı tanımaktadır (Akca, 2021). Değişken maliyetlemenin sabit ile değişken giderleri ayrı sunması, bu yararların özellikle kapasite kullanımı düzeyi ve hizmet türleri açısından karar alma boyutunda belirginleşmesini sağlamaktadır. Sabit giderlerin de değişken giderler kadar önem taşıdığı uzun dönemli planlamada tam maliyet bilgisi öne çıkarken, kısa vadeli seçimlerde ve birim performansının değerlendirilmesinde aynı bilgi yöneticiyi yanıltabilmektedir (Horngren vd., 2011, akt. Ergün, 2020). Bu nedenle değişken maliyet yöntemi, tam maliyetin yerine geçen bir seçenek olarak değil, kısa vadeli kararlarda onu tamamlayan bir karar destek aracı olarak ele alınmalıdır.

Bu doğrultuda hastanelerde değişken maliyet bilgisinin elde edilebilmesi için öncelikle kayıt altyapısının geliştirilmesi gerekmektedir. Elektrik ile su giderinin her birim için ayrı sayaçlarla ölçülmesi, demirbaş ile bakım onarım kayıtlarının birim bazında tutulması ve gider kalemlerinin sabit ile değişken kısımlarının istatistiksel yöntemler aracılığıyla bileşenlerine ayrılması bu altyapının temel unsurları arasındadır (Gizer ve Atış, 2022). Elde edilen maliyet bilgisinin yönetsel kararlarda ve ödeme işlemleri sırasında girdi olarak kullanılması, maliyet çözümlemelerinin düzenli aralıklarla yinelenmesi ve ödeme yapan kurumun ödeme ölçütlerini belirlerken hastanelerin maliyet çalışmalarını hesaba katması önerilmektedir (Aydemir, 2025). Böylece değişken maliyet bilgisi kurum içi kararlara katkı sağlarken, sabit giderleri de kapsayan tam maliyet bilgisiyle birlikte kullanıldığında sağlık hizmetlerinin fiyatlandırılmasına yönelik politikalara da gerekli verileri sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

Ağırbaş, İ. (2020). *Sağlık kurumlarında maliyet yönetimi ve maliyetleme*. Siyasal Kitabevi.

Akca, N. (2021). Palyatif bakımda maliyet analizi. H. Özveren ve E. Gülnar (Ed.), *Palyatif bakım ve hemşirelik* içinde (ss. 697–710). Akademisyen Kitabevi.

Akdoğan, N. (2004). *Tekdüzen muhasebe sisteminde maliyet muhasebesi uygulamaları* (6. baskı). Gazi Kitabevi.

Arslan Çilhoroz, İ. ve Bozdemir, E. (2020). Hastane işletmelerinde maliyet analizi yapılırken karşılaşılan zorlukların incelenmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19*(75), 1354–1370. https://doi.org/10.17755/esosder.641487

Aydemir, İ. (2025). Poliklinik birim maliyetlerinin belirlenmesi: İkinci basamak bir kamu hastanesinde yapılan bir araştırma. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25*(1), 397–418. https://doi.org/10.18037/ausbd.1562337

Bozdemir, E. (2014). Değişken maliyet yönteminin ihale teklif kararlarında uygulanmasının önemi ve bir uygulama örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10*(1), 1–12.

Bozdemir, E. (2019). *Sağlık işletmelerinde maliyet muhasebesi ve analizi*. Gazi Kitabevi.

Bülüç, F. ve Ağırbaş, İ. (2017). Hastanelerde maliyet analizi: Kamu hastanesi örneği. *Sosyal Güvenlik Dergisi, 7*(2), 181–210.

Çil Koçyiğit, S. (2017). Hastane işletmelerinin maliyet muhasebesi sistemlerini tespit etmeye yönelik bir araştırma: Ankara ili özel hastaneler örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 9*(3), 637–667. https://doi.org/10.20491/isarder.2017.316

Ergün, İ. (2020). Birleşik imalatta kapsamına göre maliyetleme sistemleri ve kâr üzerine etkileri: Un fabrikalarında bir uygulama. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi, 9*(2), 141–164.

Gizer, Z. ve Atış, C. (2022). Sağlık işletmeciliğinde maliyet ve yönetim muhasebesi sisteminin oluşturulması: Bir hastane uygulaması. *Akdeniz İİBF Dergisi, 22*(1), 84–101. https://doi.org/10.25294/auiibfd.929802

Heisinger, K. ve Hoyle, J. B. (2012). *Managerial accounting* (v1.0). Saylor Academy. https://saylordotorg.github.io/text_managerial-accounting/

Karakaya, M. (2004). *Maliyet muhasebesi: Enflasyon muhasebesi uygulamalı, yeni gelişmelerle bütünleşmiş*. Gazi Kitabevi.

Kısakürek, M. M., Yılmaz, A. ve Kılıç, E. (2011). Cumhuriyet Üniversitesi hastanesi anjiyo ünitesi maliyet-hacim-kâr analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 10*(37), 42–59.

Koçak, H. ve Kısakürek, M. M. (2025). The importance of cost analysis for hospitals: Implementation in a university hospital. *Journal of Economics and Administrative Sciences, 26*(2), 400–420. https://doi.org/10.37880/cumuiibf.1513103

Malmmose, M. ve Lydersen, J. P. (2021). From centralized DRG costing to decentralized TDABC: Assessing the feasibility of hospital cost accounting for decision-making in Denmark. *BMC Health Services Research, 21*, Article 835. https://doi.org/10.1186/s12913-021-06807-4

Önder, B. ve Duyar, M. (2026). Kamusal sağlıkta maliyetleme ve siyaset: SDFTM'nin yönetsel ve siyasal işlevleri. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi, 12*(2), 246–265. https://doi.org/10.30855/gjeb.2026.12.2.005

Özen, İ. (2022). Hastanelerde maliyet yöntemleri ve maliyet yönetim sistemi. S. Yılmaz (Ed.), *Yönetim ve organizasyon araştırmaları* içinde (ss. 173–191). Akademisyen Kitabevi.

Saporito, A., La Regina, D., Perren, A., Gabutti, L., Anselmi, L., Cafarotti, S. ve Mongelli, F. (2023). Contribution margin per hour of operating room to reallocate unutilized operating room time: A cost-effectiveness analysis. *Brazilian Journal of Anesthesiology, 73*(3), 243–249. https://doi.org/10.1016/j.bjane.2021.03.024

Yükçü, S., İçerli, M. Y. ve Yükçü, C. (2018). Normal maliyetlemenin teori ve uygulaması. *İşletme Araştırmaları Dergisi, 10*(2), 499–511. https://doi.org/10.20491/isarder.2018.441

SAĞLIK ÇALIŞANLARINDA TÜKENMİŞLİK ARAŞTIRMALARININ COVID-19 PANDEMİSİ ÖNCESİ VE SONRASI TEMATİK EVRİMİ

Dr. Öğr. Gör. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ1/ Dr. Öğr. Üyesi Işıl KIROĞLU ARSLAN2

1 Akdeniz Üniversitesi, Kumluca Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, mcelepli@akdeniz.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-2122-405X

2 Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü

isilkiroglu@ardahan.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-1122-4582

Özet

Bu araştırmanın amacı, sağlık çalışanlarında tükenmişlik konusundaki bilimsel yayınların COVID-19 öncesi ve sonrası dönemlerdeki kavramsal eğilimlerini ve tematik gelişimini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Araştırma, karşılaştırmalı bibliyometrik analiz yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Bilimsel yayınlara Web of Science ve Scopus veri tabanlarında tükenmişlik ve sağlık çalışanlarıyla ilişkili anahtar kelimeler kullanılarak gerçekleştirilen taramalar yoluyla ulaşılmıştır. İnceleme dönemi, COVID-19 öncesi (2000–2019) ve COVID-19 başlangıcı ve sonrası (2020–2026) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Birleştirilmiş veri setinde gerçekleştirilen tükenmişlik terimi ön eleme sonucunda 18.008 yayın analiz kapsamına alınmıştır. Bibliyometrik analizler R programlama dili ve bibliometrix paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bilimsel üretim göstergeleri, yazar anahtar kelimeleri, zamansal eğilimler ve tematik haritalar dönemler arasında karşılaştırılmıştır. İncelenen yayınların 6.585'i (%36,6) COVID-19 öncesi döneme, 11.423'ü (%63,4) COVID-19 başlangıcı ve sonrası döneme aittir. İlk dönemde 1.645 bilimsel kaynak ve 19.610 yazar belirlenirken, ikinci dönemde bu sayılar sırasıyla 2.220 ve 46.550 olarak hesaplanmıştır. Yayın başına ortalama ortak yazar sayısı 3,92'den 5,57'ye yükselmiştir. Anahtar kelime analizinde COVID-19 öncesinde “stress”, “job satisfaction”, “nurses” ve “nursing” kavramları öne çıkarken, ikinci dönemde “COVID-19”, “mental health”, “resilience” ve “anxiety” kavramlarının belirginleştiği görülmüştür. Tematik haritalarda “burnout” her iki dönemde motor temalar arasında yer alırken, “emotional exhaustion” ve “compassion fatigue” temalarının konumlarında dönemsel farklılaşmalar gözlenmiştir. Bulgular, tükenmişlik araştırmalarının COVID-19 başlangıcı ve sonrasında yayın hacmi ve kavramsal yönelim bakımından farklılaştığını göstermektedir. Özellikle ruh sağlığı, psikolojik dayanıklılık ve merhamet yorgunluğu gibi konuların araştırma gündemindeki görünürlüğünün değişmesi, sağlık çalışanlarının tükenmişliğinin çok boyutlu bir çerçevede değerlendirilmesinin önemine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tükenmişlik, Sağlık Çalışanları, COVID-19, Bibliyometrik Analiz, Tematik Evrim

THE THEMATIC EVOLUTION OF RESEARCH INTO BURNOUT AMONG HEALTHCARE WORKERS BEFORE AND AFTER THE COVID-19 PANDEMIC

Lecturer, PhD. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ1/ Assist. Prof. Işıl KIROĞLU ARSLAN2

1 Akdeniz University, Vocational School of Kumluca, Management and Organization Department, mcelepli@akdeniz.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-2122-405X

2 Ardahan University, Faculty of Health Sciences, Health Management Department

isilkiroglu@ardahan.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-1122-4582

Abstract

The objective of this study is to undertake a comparative analysis of the conceptual trends and thematic development in scientific publications on burnout among healthcare workers during the periods preceding and following the emergence of the Coronavirus pandemic. The study was designed using a comparative bibliometric analysis approach. Scientific publications were identified through searches of the Web of Science and Scopus databases using keywords related to burnout and healthcare workers. The study period was divided into two phases: the pre-pandemic phase (2000–2019) and the pandemic phase (2020–2026). Following a preliminary screening of the term 'burnout' in the combined dataset, 18,008 publications were included in the analysis. The bibliometric analyses were executed utilising the R programming language and the bibliometrix package. A comparison was made of scientific output indicators, author keywords, temporal trends and thematic maps across the periods. Of the publications examined, 6,585 (36.6 per cent) relate to the pre-pandemic period, whilst 11,423 (63.4 per cent) relate to the period from the onset of the pandemic onwards. While 1,645 scientific sources and 19,610 authors were identified in the initial period, these figures were calculated as 2,220 and 46,550 respectively in the subsequent period. The average number of co-authors per publication increased from 3.92 to 5.57. In the keyword analysis, the concepts of “stress”, “job satisfaction”, “nurses” and “nursing” were prominent prior to the emergence of the pandemic. In the second period, the concepts of “COVID-19”, “mental health”, “resilience” and “anxiety” became more prominent. While “burnout” was identified as a core theme across both periods in the thematic maps, period-specific variations were evident in the positioning of the themes of “emotional exhaustion” and “compassion fatigue”. The findings indicate that research on burnout differed in terms of publication volume and conceptual orientation at the onset of the pandemic and thereafter. The prominence of topics such as mental health, psychological resilience and compassion fatigue on the research agenda is of particular interest, as it highlights the importance of assessing healthcare workers' burnout within a multidimensional framework.

Keywords: Burnout, Healthcare Workers, COVID-19, Bibliometric Analysis, Thematic Evolution

Giriş

Sağlık çalışanlarında tükenmişlik, çalışma yaşamının bireysel ve örgütsel boyutlarının birlikte değerlendirilmesini gerektiren araştırma konularından biridir. İş Talepleri-Kaynakları (JD-R) kuramına göre, yüksek iş talepleri ve yetersiz iş kaynakları tükenmişliğin gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Çalışanların erişebildikleri iş kaynakları ise iş taleplerinin tükenmişlik üzerindeki olumsuz etkisini hafifletebilmektedir (Bakker, Vries, 2021).

COVID-19 pandemisinin başlangıcı, sağlık çalışanlarında tükenmişlik literatürünün dönemsel olarak karşılaştırılması açısından önemli bir zaman olduğu söylenebilir. Pandemi öncesinde ele alınan araştırma konularının sonraki dönemde nasıl konumlandığının incelenmesi, alanın kavramsal sürekliliğinin ve değişen yönelimlerinin anlaşılmasına yardımcı olabilir. Bu değerlendirmede yayın sayılarının yanında araştırmalarda kullanılan anahtar kelimelerin, kavramsal kümelerin ve temalar arasındaki bağlantıların da dikkate alınması gerekmektedir. Böylece bilimsel üretimin niceliksel gelişimi ile araştırma gündeminin içerik bakımından farklılaşması birlikte değerlendirilebilir.

Bu araştırmanın amacı, sağlık çalışanlarında tükenmişlik konusundaki bilimsel yayınların COVID-19 öncesi (2000–2019) ve COVID-19 başlangıcı ve sonrası (2020–2026) dönemlerdeki bibliyometrik özelliklerini ve tematik yapılarını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Web of Science ve Scopus veri tabanlarından elde edilen 18.008 yayın üzerinden bilimsel üretim göstergeleri, yazar anahtar kelimeleri, zamansal eğilimler ve tematik haritalar değerlendirilmiştir. Çalışma, iki dönemde öne çıkan araştırma konularını ve kavramsal bağlantıları görünür kılarak sağlık çalışanlarında tükenmişlik literatürünün gelişiminin anlaşılmasına ve gelecekteki araştırma konularının belirlenmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 2019'dan itibaren tükenmişliği kronik ve yönetilemeyen iş yeri stresinden kaynaklanan bir sendrom olarak tanımlamış ve ICD-11 kapsamında sağlık durumunu veya sağlık hizmetleriyle teması etkileyen faktörler arasında ele almıştır (Bianchi, Schonfeld, 2023). Embriaco ve arkadaşları (2007), iş bağlamında uzun süreli bitkinlik ve işe yönelik ilginin azalmasıyla açıklanmaktadır. Tükenmişlik, kronik bitkinlik, işe yönelik sinizm ve azalmış mesleki yeterlik ile karakterize edilen, işle ilişkili bir sendromdur (Maslach ve diğerleri, 2001). Maslach ve Leiter (2016), tükenmişliği tükenme, işe karşı sinizm ve uzaklaşma ile yetersizlik ve başarı eksikliği duyguları ile ele almaktadır. Yazarlar ayrıca iş yükü, kontrol, ödüllendirme, iş yerindeki sosyal ilişkiler, adalet ve değerler gibi çalışma yaşamı alanlarının tükenmişlikle ilişkisini tartışmaktadır.

Bu çalışmada sağlık çalışanlarında tükenmişlik literatürünün kavramsal yapısı, yayınlarda kullanılan yazar anahtar kelimeleri ve bunların birlikte görülme ilişkileri üzerinden ele alınmaktadır. Anahtar kelime sıklıkları araştırma konularının görünürlüğünü, tematik haritalar ise kavramsal kümelerin birbirleriyle bağlantılarını ve kendi içlerindeki yapılanmalarını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu doğrultuda stres, iş doyumu, ruh sağlığı, psikolojik dayanıklılık ve merhamet yorgunluğu gibi kavramlar, tükenmişlikle eş anlamlı oldukları varsayılmadan araştırma gündemindeki ilişkili konular olarak incelenmektedir. Dönemler arasındaki farklılıklar da sağlık çalışanlarının tükenmişlik düzeylerindeki değişimin değil, bilimsel literatürün kavramsal yönelimlerinin göstergeleri olarak yorumlanmaktadır.

2. YÖNTEM

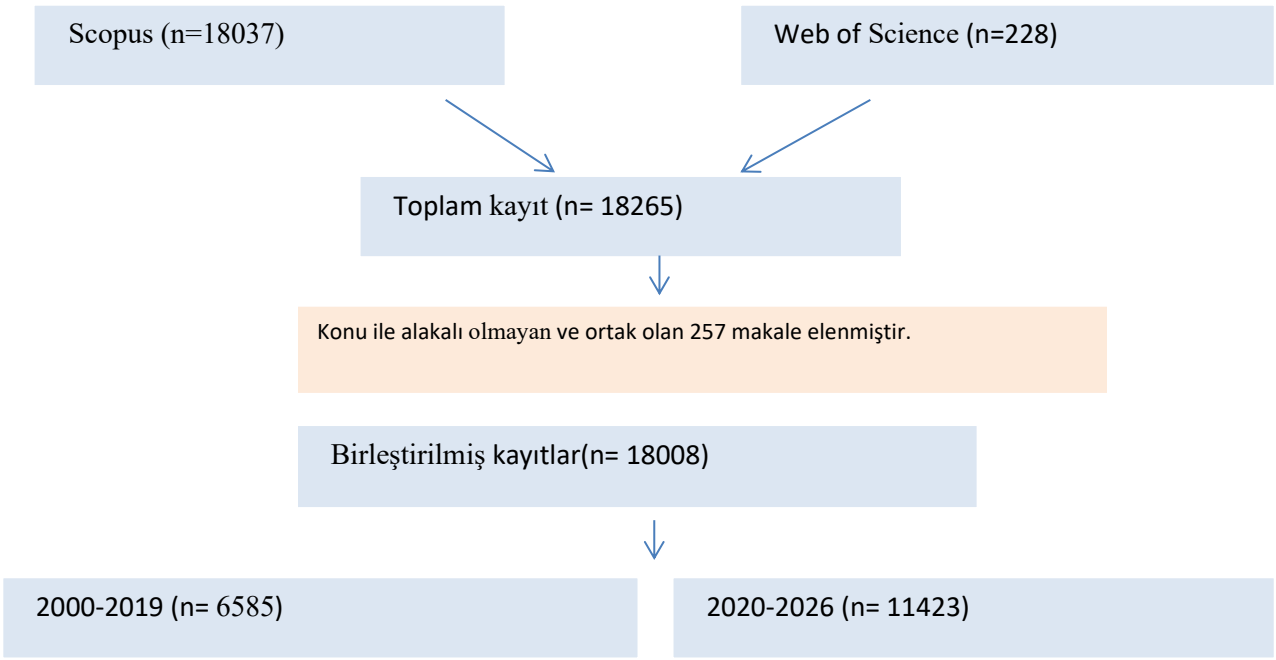
Bu araştırmanın amacı, sağlık çalışanlarında tükenmişlik konusundaki bilimsel yayınların COVID-19 öncesi (2000–2019) ve COVID-19 başlangıcı ve sonrası (2020–2026) dönemlerdeki bibliyometrik özelliklerini, kavramsal yapılarını ve tematik eğilimlerini karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu doğrultuda, iki dönemde öne çıkan araştırma temalarının belirlenmesi, anahtar kelimeler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması, temaların merkezilik ve yoğunluk düzeyleri açısından değerlendirilmesi ve araştırma odaklarında meydana gelen

değişimlerin incelenmesi amaçlanmaktadır. Araştırmanın, sağlık çalışanlarında tükenmişlik literatürünün gelişimini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koyarak gelecekteki araştırmalar için potansiyel çalışma alanlarının belirlenmesine katkı sağlaması beklenmektedir. Bu amaca ulaşmak için beş araştırma sorusu belirleyebiliriz:

Sağlık çalışanlarında tükenmişlik konusundaki bilimsel yayınların yıllara göre dağılımı COVID-19 öncesi ve sonrası dönemlerde nasıl farklılaşmaktadır?

- COVID-19 öncesi ve sonrası dönemlerde en sık kullanılan anahtar kelimeler ve öne çıkan araştırma konuları nelerdir?
- İki dönemde araştırma temalarının merkezilik ve yoğunluk düzeyleri nasıl farklılaşmaktadır?
- Anahtar kelimeler arasındaki eş oluşum ilişkileri ve kavramsal kümeler dönemler arasında nasıl değişmektedir?
- Pandemi başlangıcı ve sonrasında hangi araştırma temaları daha görünür hâle gelmiş, hangi konuların göreli önemi değişmiştir?

Şekil 1. Sağlık Çalışanlarında Tükenmişlik Araştırmalarına İlişkin Bibliyografik Kayıtların Belirlenmesi ve Ön Eleme Süreci



Araştırma kapsamında Web of Science ve Scopus veri tabanlarında gerçekleştirilen taramalar sonucunda Scopus'tan 18.037, Web of Science'tan 228 olmak üzere toplam 18.265 bibliyografik kayıt elde edilmiştir. Veri setlerinin birleştirilmesi ve ön eleme işlemleri sonucunda 257 kayıt analiz kapsamı dışında kalmış ve 18.008 kayıt üzerinden bibliyometrik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bu kayıtların 6.585'i 2000–2019 dönemine, 11.423'ü ise 2020–2026 dönemine aittir. Bibliyografik kayıtların belirlenmesi, birleştirilmesi ve ön eleme süreci Şekil 1'de sunulmuştur.

3. BULGULAR

Araştırma kapsamında incelenen bilimsel yayınların COVID-19 öncesi (2000–2019) ve COVID-19 başlangıcı ve sonrası (2020–2026) dönemlere göre bibliyometrik özellikleri Şekil 2'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Şekil 2. COVID-19 Öncesi ve COVID-19 Başlangıcı ve Sonrası Dönemlerde Tükenmişlik Araştırmalarının Bibliyometrik Göstergelerinin Karşılaştırılması

COVID-19 Öncesi ve Sonrası
Bibliyometrik Göstergelerin Karşılaştırılması

	2000–2019	2020–2026
Yayın Sayısı	6.585	11.423
Kaynak Sayısı	1.645	2.220
Yazar Sayısı	19.610	46.550
Yazar Anahtar Kelimesi	7.083	14.000
Yıllık Büyüme Oranı	%10,05	%3,43
Yayın Başına Ortalama Atıf	56,43	14,83
Yayın Başına Ortak Yazar	3,92	5,57
Tek Yazarlı Yayın	1.215	647

Not: Veriler Scopus ve Web of Science veri tabanlarından elde edilen, 2000–2026 dönemine ait 18.008 bibliyografik kayıt üzerinden hesaplanmıştır. Yıllık büyüme oranları ve atıf ortalamaları ilgili dönemlerin kendi bibliyometrik özelliklerini yansıtmaktadır

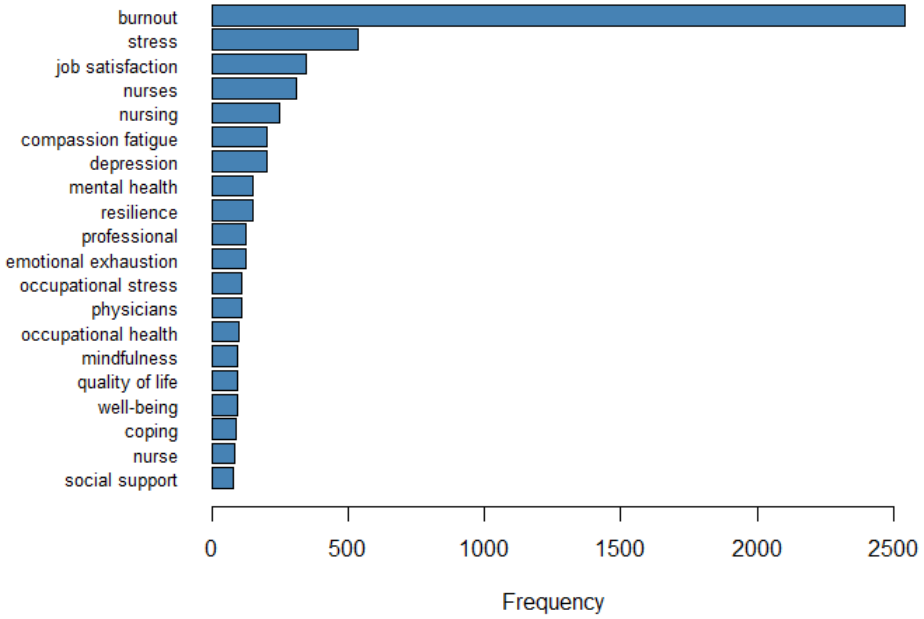
Şekil 2 incelendiğinde, COVID-19 öncesi dönemde 6.585 bilimsel yayın bulunurken, COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde bu sayının 11.423 olduğu görülmektedir. Toplam yayınların %36,6'sı ilk dönemde, %63,4'ü ise ikinci dönemde yer almaktadır. Bilimsel yayınların yayımlandığı kaynak sayısı ilk dönemde 1.645 iken ikinci dönemde 2.220'ye ulaşmıştır. Benzer şekilde, yazar sayısı 19.610'dan 46.550'ye yükselmiştir. Bu bulgular, incelenen veri setinde 2020–2026 döneminin daha yüksek yayın hacmi ve daha geniş yazar katılımıyla temsil edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, dönemlerin farklı uzunluklarda olması nedeniyle toplam yayın sayılarındaki farklılık doğrudan pandeminin etkisi olarak yorumlanmamalıdır. Araştırmaların kavramsal çeşitliliği açısından değerlendirildiğinde, farklı yazar anahtar kelimesi sayısının COVID-19 öncesi dönemde 7.083, COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde ise 14.000 olduğu belirlenmiştir. İkinci dönemde daha fazla farklı anahtar kelimenin bulunması, incelenen literatürün kavramsal çeşitliliğinde genişlemeye işaret etmektedir. Yıllık yayın büyüme oranı COVID-19 öncesi dönemde %10,05, COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde ise %3,43 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, ikinci dönemde toplam yayın sayısının daha yüksek olmasına karşın dönem içindeki yıllık bileşik büyüme oranının daha düşük olduğunu göstermektedir. Yayın başına ortalama atıf sayısı ise ilk dönemde 56,43, ikinci dönemde 14,83 olarak belirlenmiştir. Atıf ortalamalarındaki farklılık değerlendirilirken, COVID-19 öncesinde yayımlanan çalışmaların daha uzun bir atıf birikim süresine sahip olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Bilimsel iş birliği göstergeleri incelendiğinde, yayın başına ortalama ortak yazar sayısının 2000–2019 döneminde 3,92, 2020–2026 döneminde ise 5,57 olduğu görülmektedir. Buna karşılık tek yazarlı yayın sayısı ilk dönemde

1.215 iken ikinci dönemde 647 olarak belirlenmiştir. Tek yazarlı yayınların toplam yayınlar içerisindeki oranı sırasıyla yaklaşık %18,5 ve %5,7'dir. Bu bulgular, ikinci dönemde çok yazarlı araştırmaların daha belirgin bir ağırlık kazandığını göstermektedir.

Genel olarak bibliyometrik göstergeler, incelenen tükenmişlik literatürünün COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde yayın hacmi, yazar katılımı, anahtar kelime çeşitliliği ve ortak yazarlık özellikleri bakımından farklılaştığını ortaya koymaktadır. Bu farklılaşmanın kavramsal boyutunun daha ayrıntılı değerlendirilmesi amacıyla sonraki aşamada yazar anahtar kelimelerinin dağılımı ve tematik yapıları incelenmiştir.

Şekil 3. COVID-19 Öncesi Dönemde (2000–2019) Tükenmişlik Araştırmalarında En Sık Kullanılan 20 Yazar Anahtar Kelimesi

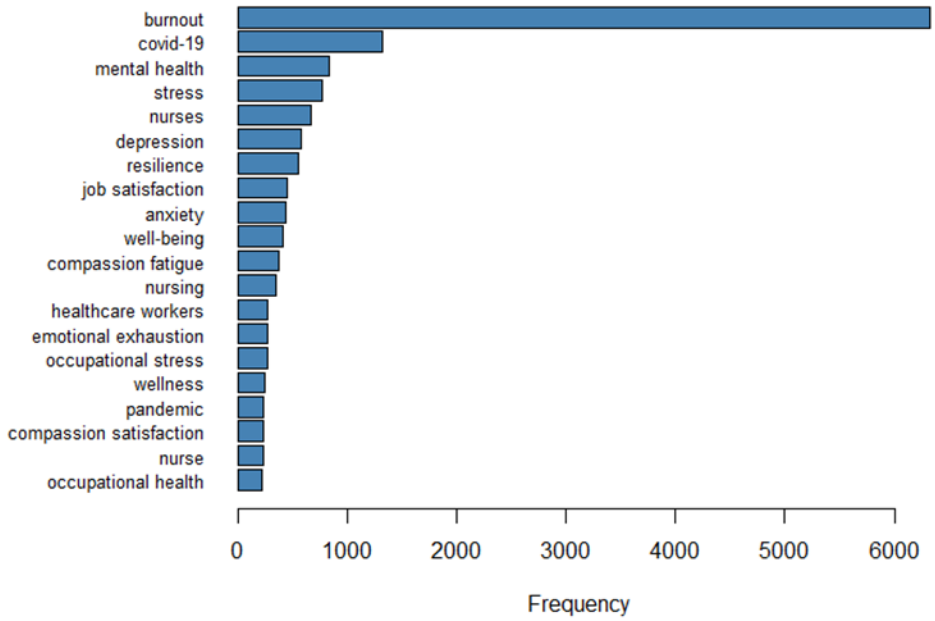


Not: Grafik, 2000–2019 dönemindeki 6.585 yayının yazar anahtar kelimeleri (DE alanı) esas alınarak oluşturulmuştur. Yatay çubuklar ilgili anahtar kelimelerin kullanım sıklığını göstermektedir.

COVID-19 öncesi dönemde (2000–2019) tükenmişlik araştırmalarının kavramsal yönelimlerini belirlemek amacıyla yazar anahtar kelimelerinin kullanım sıklıkları incelenmiştir. Bu dönemde en sık kullanılan 20 yazar anahtar kelimesinin dağılımı Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3 incelendiğinde, burnout (tükenmişlik) kavramının diğer anahtar kelimelere kıyasla belirgin biçimde daha yüksek kullanım sıklığına sahip olduğu görülmektedir. Bu kavramı sırasıyla stress (stres), job satisfaction (iş doyumu), nurses (hemşireler) ve nursing (hemşirelik) izlemektedir. Söz konusu dağılım, COVID-19 öncesi dönemde tükenmişlik araştırmalarının özellikle çalışma yaşamındaki stres faktörleri, iş doyumu ve hemşirelik mesleğiyle ilişkili konular etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Grafikte compassion fatigue (merhamet yorgunluğu), depression (depresyon), mental health (ruh sağlığı) ve resilience (psikolojik dayanıklılık) kavramlarının da öne çıktığı görülmektedir. Bu bulgu, pandemi öncesinde tükenmişlik araştırmalarının yalnızca mesleki stres ve iş doyumuyla sınırlı kalmadığını; çalışanların psikolojik durumları, duygusal deneyimleri ve bireysel başa çıkma kaynaklarıyla ilişkili konuları da kapsadığını göstermektedir. Bununla birlikte emotional exhaustion (duygusal tükenme), occupational stress (mesleki stres), occupational health (iş sağlığı) ve professional kavramlarının dağılımda yer alması, tükenmişliğin mesleki ve örgütsel bağlamda incelendiğini ortaya koymaktadır. Mindfulness (bilinçli farkındalık), quality of life (yaşam kalitesi), well-being (iyi oluş), coping (başa çıkma) ve social support (sosyal destek) gibi kavramların bulunması

ise araştırma alanında çalışanların psikolojik kaynakları ve iyilik hâlleriyle ilişkili konuların da ele alındığını göstermektedir. Genel olarak COVID-19 öncesi dönemde tükenmişlik araştırmalarının kavramsal yapısında stres, iş doyumu ve hemşirelik alanının belirgin bir ağırlığa sahip olduğu; bununla birlikte ruh sağlığı, duygusal tükenme, merhamet yorgunluğu ve psikolojik dayanıklılık gibi konuların da araştırma gündeminde yer aldığı belirlenmiştir. Bu dağılım, COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde ortaya çıkan kavramsal farklılaşmaların değerlendirilmesi açısından karşılaştırmalı bir temel oluşturmaktadır.

Şekil 4. COVID-19 Başlangıcı ve Sonrası Dönemde (2020–2026) Tükenmişlik Araştırmalarında En Sık Kullanılan 20 Yazar Anahtar Kelimesi

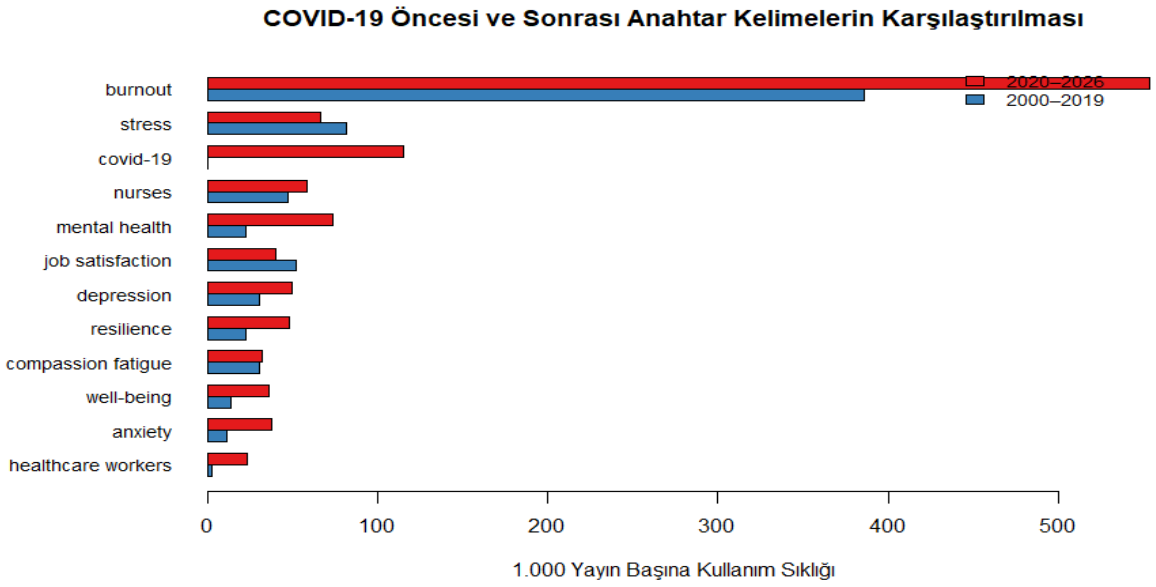


Not: Grafik, 2020–2026 dönemindeki 11.423 yayının yazar anahtar kelimeleri (DE alanı) esas alınarak hazırlanmıştır. Yatay çubuklar anahtar kelimelerin kullanım sıklığını göstermektedir.

COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde (2020–2026) tükenmişlik araştırmalarının kavramsal yönelimlerini belirlemek amacıyla yazar anahtar kelimelerinin kullanım sıklıkları incelenmiş ve en sık kullanılan 20 anahtar kelime Şekil 4'te sunulmuştur. Şekil 4 incelendiğinde, burnout (tükenmişlik) kavramının en yüksek kullanım sıklığına sahip olduğu, bu kavramı sırasıyla COVID-19, mental health (ruh sağlığı), stress (stres) ve nurses (hemşireler) anahtar kelimelerinin izlediği görülmektedir. Özellikle COVID-19 kavramının ikinci sırada yer alması, pandemiyle ilişkili araştırmaların bu dönemdeki tükenmişlik literatüründe önemli bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte mental health kavramının üst sıralarda bulunması, tükenmişliğin ruh sağlığıyla ilişkili boyutlarının araştırma gündeminde belirgin bir yer tuttuğu görülmektedir. Araştırmalarda depression (depresyon), resilience (psikolojik dayanıklılık), anxiety (anksiyete) ve well-being (iyi oluş) kavramlarının öne çıkması, tükenmişlik konusunun psikolojik belirtiler ve bireysel psikolojik kaynaklarla birlikte ele alındığını göstermektedir. COVID-19 öncesi dönemde de yer alan bu kavramların ikinci dönemde en sık kullanılan anahtar kelimeler arasındaki konumları, araştırma gündemindeki psikolojik boyutların önemini ortaya koymaktadır. Mesleki ve örgütsel bağlam açısından değerlendirildiğinde, nurses (hemşireler), nursing (hemşirelik), healthcare workers (sağlık çalışanları), occupational stress (mesleki stres) ve occupational health (iş sağlığı) kavramlarının öne çıktığı görülmektedir. Bu dağılım, tükenmişlik araştırmalarının sağlık çalışanlarının mesleki deneyimleri, çalışma koşulları ve iş ortamıyla ilişkili konuları kapsamaya devam ettiğini göstermektedir.

Ayrıca job satisfaction (iş doyumu) kavramının ilk 20 anahtar kelime arasında yer alması, pandemi öncesi araştırma gündeminde önemli bir konuma sahip olan iş doyumunun sonraki dönemde de incelenen konular arasında bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte compassion fatigue (merhamet yorgunluğu), compassion satisfaction (merhamet doyumu) ve emotional exhaustion (duygusal tükenme) kavramlarının dağılımda yer alması, sağlık çalışanlarının duygusal deneyimlerine yönelik araştırma ilgisinin devam ettiğine işaret etmektedir. Özellikle merhamet doyumunun en sık kullanılan anahtar kelimeler arasında bulunması, tükenmişlik araştırmalarında mesleki deneyimlerin yalnızca olumsuz yönlerinin değil, olumlu duygusal boyutlarının da ele alındığını düşündürmektedir.

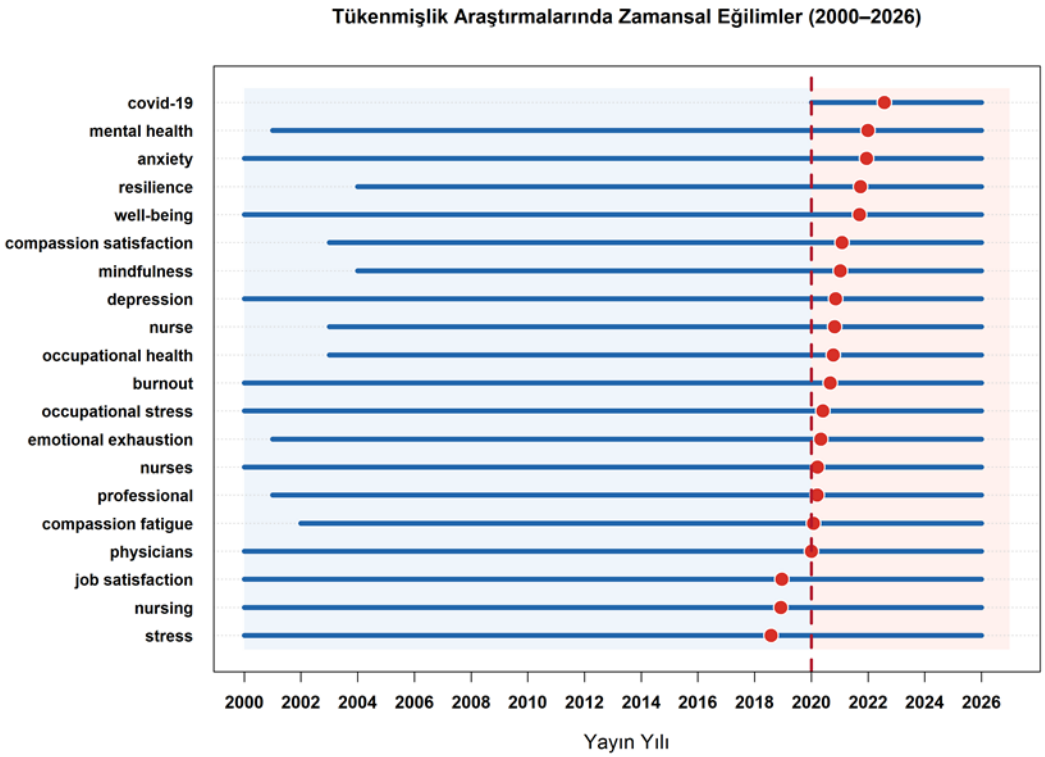
Şekil 5. COVID-19 Öncesi ve COVID-19 Başlangıcı ve Sonrası Dönemlerde Yazar Anahtar Kelimelerinin Normalize Edilmiş Kullanım Sıklıklarının Karşılaştırılması



Sağlık çalışanlarında tükenmişlik araştırmalarının COVID-19 öncesi ve sonrası dönemlerdeki kavramsal farklılaşmasını değerlendirmek amacıyla yazar anahtar kelimelerinin kullanım sıklıkları karşılaştırılmıştır. Şekil 5 incelendiğinde, burnout (tükenmişlik) kavramının her iki dönemde de en yüksek kullanım sıklığına sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu kavramın 1.000 yayın başına kullanım sıklığının COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, tükenmişliğin her iki dönemde de araştırma alanının merkezî kavramı olma özelliğini koruduğunu göstermektedir.

Dönemler arasındaki farklılaşma özellikle psikolojik sağlık ve bireysel psikolojik kaynaklarla ilişkili kavramlarda belirginleşmektedir. Mental health (ruh sağlığı), anxiety (anksiyete), depression (depresyon), resilience (psikolojik dayanıklılık) ve well-being (iyi oluş) anahtar kelimelerinin normalize edilmiş kullanım sıklıkları, COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemde daha yüksek düzeydedir. Bu durum, tükenmişlik araştırmalarında psikolojik belirtilerin yanı sıra bireylerin psikolojik dayanıklılığı ve iyi oluşuyla ilişkili konuların daha görünür hale geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte, COVID-19 öncesi dönemde öne çıkan stress (stres) ve job satisfaction (iş doyumu) kavramlarının 1.000 yayın başına kullanım sıklıklarının ikinci dönemde daha düşük olduğu görülmektedir. Bu bulgu, söz konusu kavramların araştırma gündeminden çıktığını değil, incelenen yayınlar içerisindeki göreli ağırlıklarının azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla tükenmişlik araştırmalarında çalışma yaşamının geleneksel psikososyal değişkenleri önemini korumakla birlikte, araştırma gündeminin psikolojik sağlıkla ilişkili farklı kavramları daha fazla kapsayacak biçimde çeşitlendiği söylenebilir.

Şekil 6. Sağlık Çalışanlarında Tükenmişlik Araştırmalarının Zamansal Anahtar Kelime Eğilimleri (2000–2026)

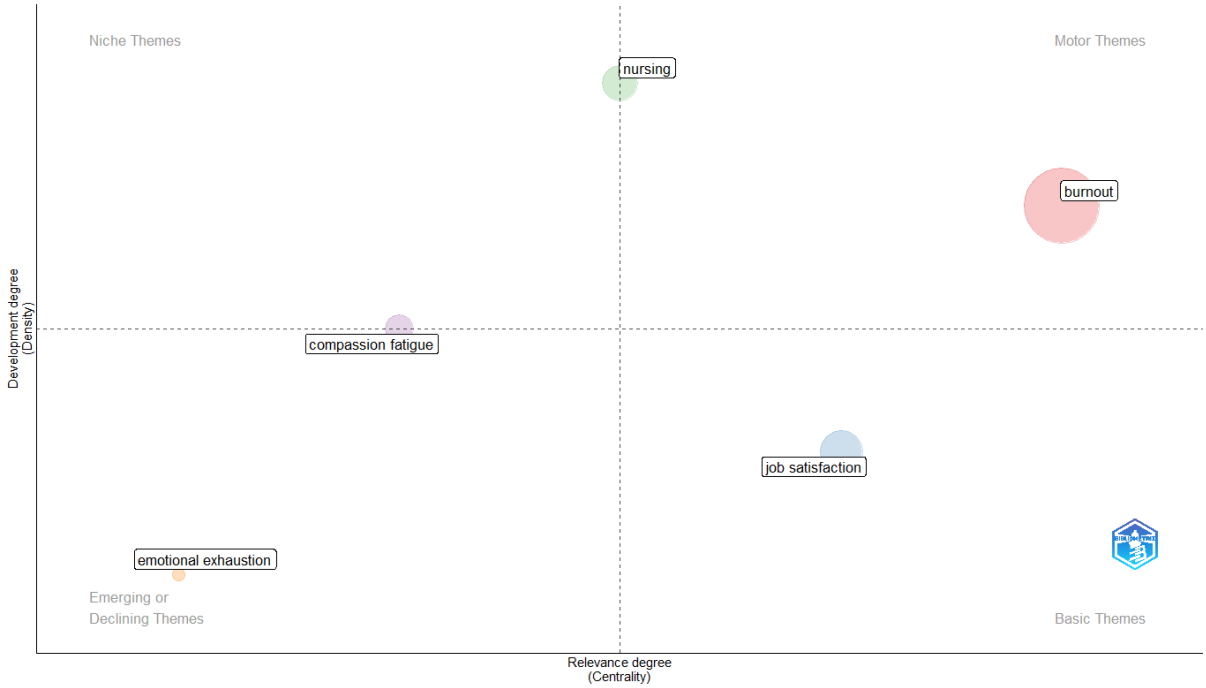


Sağlık çalışanlarında tükenmişlik araştırmalarının 2000–2026 yılları arasındaki kavramsal gelişimini incelemek amacıyla yazar anahtar kelimelerinin zamansal dağılımları analiz edilmiştir. Bu kapsamda öne çıkan 20 anahtar kelimenin gözlemlendiği zaman aralıkları ve kullanım sıklıklarına göre ağırlıklandırılmış ortalama yılları değerlendirilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, burnout (tükenmişlik), stress (stres), job satisfaction (iş doyumu), nursing (hemşirelik) ve physicians (hekimler) gibi kavramların incelenen dönemin erken yıllarından itibaren araştırma literatüründe yer aldığı görülmektedir. Özellikle stress, job satisfaction ve nursing kavramlarının ağırlıklandırılmış ortalama yıllarının 2019 öncesinde konumlanması, bu kavramların kullanımının COVID-19 öncesi yayınlarda görece daha erken yıllarda yoğunlaştığını göstermektedir. Buna karşılık burnout kavramının ağırlıklandırılmış ortalama yılının 2020 sonrasında bulunması, tükenmişlik kavramının tüm inceleme dönemine yayılmakla birlikte sonraki yıllardaki yayınlarda da güçlü biçimde temsil edildiğine işaret etmektedir.

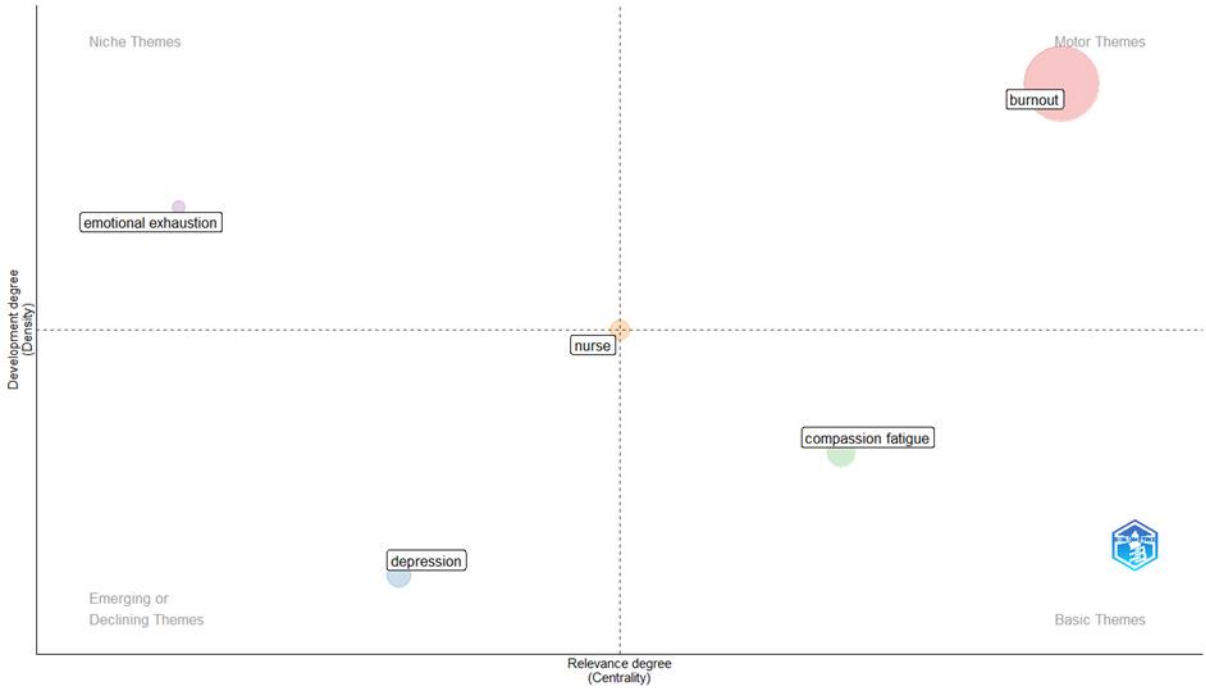
Psikolojik sağlıkla ilişkili kavramlar değerlendirildiğinde, mental health (ruh sağlığı), anxiety (anksiyete), resilience (psikolojik dayanıklılık) ve well-being (iyi oluş) anahtar kelimelerinin ağırlıklandırılmış ortalama yıllarının yaklaşık 2022 çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bulgu, söz konusu kavramların özellikle COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemdeki yayınlarda daha belirgin bir konuma sahip olduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu kavramların bir bölümünün pandemi öncesi yıllardan itibaren gözlemlenmesi, ruh sağlığı ve psikolojik kaynaklara ilişkin araştırma ilgisinin COVID-19 ile başlamadığını göstermektedir. Benzer şekilde, compassion satisfaction (merhamet doyumu), mindfulness (bilinçli farkındalık) ve depression (depresyon) kavramlarının ağırlıklandırılmış ortalama yıllarının 2020 sonrasında yer alması, bu konuların incelenen yayınlarda daha yakın dönemlerde yoğunlaştığına işaret etmektedir. Özellikle merhamet doyumu ve bilinçli farkındalık kavramlarının zamansal konumları, tükenmişlik araştırmalarında çalışanların duygusal deneyimleri ve psikolojik kaynaklarının ele alınmaya devam ettiğini göstermektedir.

Mesleki bağlamla ilişkili occupational health (iş sağlığı), occupational stress (mesleki stres), emotional exhaustion (duygusal tükenme), nurses (hemşireler) ve physicians (hekimler) kavramlarının farklı yıllara yayıldığı görülmektedir. Bu dağılım, tükenmişliğin mesleki ve örgütsel boyutlarının incelenen dönem boyunca araştırma gündeminde bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, söz konusu kavramların ağırlıklandırılmış ortalama yıllarının birbirinden farklılaşması, araştırma ilgisinin zamansal yoğunluğunun tüm kavramlarda aynı olmadığını göstermektedir.

Şekil 7. COVID-19 Öncesi Dönemde (2000–2019) Tükenmişlik Araştırmalarının Tematik Haritası



Şekil 8. COVID-19 Başlangıcı ve Sonrası Dönemde (2020–2026) Tükenmişlik Araştırmalarının Tematik Haritası



Not: Tematik haritalar, yazar anahtar kelimelerinin birlikte görülme ilişkileri esas alınarak oluşturulmuştur.

Tematik haritalar, araştırma alanındaki kavramsal kümelerin merkezilik (centrality) ve yoğunluk (density) düzeylerine göre konumlandırılmasına olanak sağlamaktadır. Merkezilik, bir temanın araştırma alanındaki diğer temalarla bağlantı düzeyini; yoğunluk ise ilgili temanın kendi içindeki gelişmişlik düzeyini yansıtmaktadır. Bu

doğrultuda temalar, motor temalar, temel temalar, niş temalar ve gelişen veya gerileyen temalar olmak üzere dört kategoride değerlendirilmektedir. COVID-19 öncesi ve sonrası dönemlere ilişkin tematik haritalar sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulmuştur.

COVID-19 öncesi döneme ait tematik harita (Şekil 7) incelendiğinde, burnout (tükenmişlik) temasının yüksek merkezilik ve yoğunluk düzeyleriyle motor temalar bölgesinde konumlandığı görülmektedir. Nursing (hemşirelik) temasının merkezilik ve yoğunluk eksenlerinin kesişimine yakın, üst bölgede yer alması ise hemşirelik araştırmalarının belirli bir içsel gelişmişlik düzeyine sahip olduğunu, ancak araştırma alanındaki merkezî konumunun sınırda bulunduğunu göstermektedir. Aynı dönemde job satisfaction (iş doyumu) temasının temel temalar bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bu konum, iş doyumunun araştırma alanındaki diğer temalarla ilişkili olmakla birlikte kendi içindeki tematik gelişmişliğinin görece sınırlı olduğunu göstermektedir. Compassion fatigue (merhamet yorgunluğu) temasının düşük merkezilik ve yoğunluk eksenlerinin kesişimine yakın konumlanması, bu temanın araştırma alanındaki bağlantı ve gelişmişlik düzeylerinin sınırda olduğunu ortaya koymaktadır. Emotional exhaustion (duygusal tükenme) temasının ise gelişen veya gerileyen temalar bölgesinde bulunması, söz konusu temanın düşük merkezilik ve yoğunluk değerleriyle karakterize edildiğini göstermektedir.

COVID-19 başlangıcı ve sonrası döneme ait tematik harita (Şekil 8) değerlendirildiğinde, burnout temasının motor temalar bölgesindeki konumunu koruduğu görülmektedir. Bu bulgu, tükenmişliğin her iki dönemde de araştırma alanının merkezî ve gelişmiş temalarından biri olduğunu göstermektedir. Buna karşılık emotional exhaustion temasının ikinci dönemde niş temalar bölgesinde yer alması dikkat çekmektedir. Yüksek yoğunluk ve düşük merkezilikte olan bu konum, duygusal tükenme temasının kendi içinde daha gelişmiş, ancak araştırma alanının diğer temalarıyla görece sınırlı bağlantılara sahip bir küme olarak yapılandığını göstermektedir. İkinci dönemde compassion fatigue temasının temel temalar bölgesinde konumlandığı görülmektedir. Bu durum, merhamet yorgunluğunun araştırma alanındaki diğer temalarla bağlantılı bir kavramsal küme olarak yer aldığını, ancak kendi içindeki gelişmişlik düzeyinin görece düşük olduğunu göstermektedir. Nurse (hemşire) temasının merkezilik ve yoğunluk eksenlerinin kesişimine yakın konumlanması ise temanın her iki ölçüt bakımından sınırda bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanında depression (depresyon) temasının gelişen veya gerileyen temalar bölgesinde yer alması, söz konusu temanın ikinci dönemde düşük merkezilik ve yoğunluk düzeyleriyle temsil edildiği görülmektedir.

İki dönem birlikte değerlendirildiğinde, tükenmişlik temasının motor temalar bölgesindeki konumunu koruduğu, buna karşılık bazı kavramsal kümelerin tematik konumlarında farklılaşmalar bulunduğu görülmektedir. Özellikle emotional exhaustion temasının COVID-19 öncesi dönemde gelişen veya gerileyen temalar bölgesinde yer alırken ikinci dönemde niş temalar bölgesinde konumlanması, bu temanın dönemler arasında farklı bir içsel yapılanma sergilediğine işaret etmektedir. Benzer şekilde, compassion fatigue temasının ilk dönemde eksenlerin kesişimine yakın konumdan ikinci dönemde temel temalar bölgesine geçmesi, merhamet yorgunluğunun araştırma alanındaki kavramsal ilişkiler bakımından farklılaştığını düşündürmektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırma, sağlık çalışanlarında tükenmişlik konusundaki bilimsel üretimin COVID-19 öncesi ve COVID-19 başlangıcı ve sonrası dönemlerde yayın hacmi ve ortak yazarlık özellikleri bakımından farklılaştığını ortaya koymaktadır. İncelenen 18.008 yayının 6.585'i 2000–2019, 11.423'ü ise 2020–2026 dönemine aittir. İkinci dönemde daha kısa bir zaman aralığında daha fazla yayın bulunması, incelenen veri setinde bilimsel üretimin bu dönemde yoğunlaştığını göstermektedir. Yayın başına ortalama ortak yazar sayısının 3,92'den 5,57'ye yükselmesi de çok yazarlı çalışmaların belirginleştiğini göstermektedir.

Anahtar kelime analizleri, araştırma gündeminde süreklilikle birlikte bir çeşitlenme bulunduğunu göstermiştir. Normalize edilmiş sıklıklara göre stres ve iş doyumunun göreli ağırlığı ikinci dönemde azalırken ruh sağlığı,

anksiyete, depresyon, psikolojik dayanıklılık ve iyi oluş kavramları daha görünür hale gelmiştir. Bu bulgu, mesleki konuların araştırma gündeminden çıktığı anlamına gelmemekte; psikolojik belirtiler ve bireysel kaynaklarla ilişkili konuların literatürde daha fazla yer bulduğunu göstermektedir.

Çalışmanın katkısı, sağlık çalışanlarında tükenmişlik araştırmalarındaki yayın gelişimini ve kavramsal farklılaşmayı aynı karşılaştırmalı çerçevede sunmasıdır. Bulgular doğrultusunda gelecekteki araştırmalarda, ruh sağlığı ve psikolojik dayanıklılık gibi konuların iş yükü, örgütsel destek ve çalışma koşullarıyla birlikte incelenmesi önerilebilir. Bununla birlikte sonuçlar, kullanılan veri tabanları, tarama ölçütleri, veri temizleme işlemleri ve analiz tercihleriyle sınırlıdır. Dönemlerin farklı uzunlukları, 2026 yılının tamamlanmamış olması ve tematik haritaların her dönem için ayrı hesaplanması da karşılaştırmalarda dikkate alınmalıdır. Farklı meslek gruplarını ve ülke bağlamlarını karşılaştıran çalışmalar, burada belirlenen araştırma yönelimlerinin daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Bakker, A. B., & de Vries, J. D. (2021). Job Demands–Resources theory and self-regulation: New explanations and remedies for job burnout. Anxiety, *Stress, & Coping*, 34(1), 1–21. https://doi.org/10.1080/10615806.2020.1797695

Bianchi, R., & Schonfeld, I. S. (2023). Examining the evidence base for burnout. Bulletin of the World Health Organization, 101(11), 743–745. https://doi.org/10.2471/BLT.23.289996

Embriaco, N., Papazian, L., Kentish-Barnes, N., Pochard, F., & Azoulay, E. (2007). Burnout syndrome among critical care healthcare workers. Current Opinion in Critical Care, 13(5), 482–488. https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e3282efd28a

Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. Annual Review of Psychology, 52(1), 397–422. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397

Maslach, C., & Leiter, M. P. (2016). Understanding the burnout experience: Recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*, 15(2), 103–111. https://doi.org/10.1002/wps.20311

YÖNETİM ALANINDA SOSYAL GİRİŞİMCİLİK ARAŞTIRMALARI: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ (2017–2026)

Dr. Öğr. Üyesi Işıl KIROĞLU ARSLAN 1/ Dr. Öğr. Gör. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ2

1 Ardahan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü

isilkiroglu@ardahan.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-1122-4582

2 Akdeniz Üniversitesi, Kumluca Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü,
mcelepli@akdeniz.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-2122-405X

Özet

Sosyal girişimcilik, toplumsal sorunlara girişimci yaklaşımlarla çözüm geliştirilmesini ve sosyal değer yaratılmasını merkeze alan bir araştırma alanıdır. Sosyal amaçların ekonomik sürdürülebilirlikle birlikte ele alınması, bu alanı strateji, örgütlenme, kaynak yönetimi ve performans gibi yönetim konularıyla ilişkilendirmektedir. Bu çalışmanın amacı, yönetim alanındaki sosyal girişimcilik araştırmalarının son on yıldaki gelişimini ve tematik yapısını incelemektir. Araştırmanın veri seti, Web of Science Core Collection veri tabanında "social entrepreneurship","social entrepreneur", "social enterprise" kelime gruplarının sorgusunun konu (Topic) alanında taranmasıyla oluşturulmuştur. Araştırma son on yıl içerisinde yayımlanan, Business ve Management kategorilerinde sınıflandırılan makalelerle sınırlandırılmış ve 4.150 yayına ulaşılmıştır. Araştırmada yayınların yıllara göre dağılımının, öne çıkan bilimsel kaynakların, yazarların ve ülkelerin bibliyometrik yöntemlerle incelenmesi; anahtar kelime birliktelikleri, tematik harita ve tematik evrim analizleriyle alanın kavramsal yapısının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Araştırmanın, sosyal girişimcilik çalışmalarında öne çıkan yönetim temalarını görünür kılması ve gelecekteki araştırmalara yönelik bir çerçeve sunması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal girişimcilik, sosyal girişim, yönetim, bilimsel haritalama, tematik analiz.

RESEARCH ON SOCIAL ENTREPRENEURSHIP IN THE FIELD OF MANAGEMENT: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS (2017–2026)

Assist. Prof. Işıl KIROĞLU ARSLAN1/ Lecturer, PhD. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ2

1Ardahan University, Faculty of Health Sciences, Health Management Department

isilkiroglu@ardahan.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-1122-4582

2Akdeniz University, Vocational School of Kumluca, Management and Organization Department, mcelepli@akdeniz.edu.tr, https://orcid.org/0000-0002-2122-405X

Abstract

Social entrepreneurship is a field of research centred on the development of solutions to social problems through entrepreneurial approaches, with a view to creating social value. The integration of social objectives with economic sustainability establishes a connection between this field and management issues such as strategy, organisation, resource management and performance. The objective of this study is to examine the development and thematic structure of research on social entrepreneurship within the domain of management over the past decade. The dataset for this study was compiled by searching the *topic* field in the Web of Science Core Collection database using the search terms “social entrepreneurship”, “social entrepreneur”, and “social enterprise”. The study was constrained to articles published within the last decade and categorised under the *Business* and *Management* classifications, yielding a total of 4,150 publications. The objective of the present study is to utilise bibliometric methods to analyse the distribution of publications by year, as well as to identify prominent scientific sources, authors and countries. In addition, the study will assess the conceptual structure of the field through analyses of keyword co-occurrences, thematic mapping and thematic evolution. It is anticipated that the study will underscore pivotal management themes in the domain of social entrepreneurship research and furnish a framework for future research endeavours.

Keywords: Social entrepreneurship, social enterprise, management, scientific mapping, thematic analysis.

GİRİŞ

Toplumsal sorunların çözülebilmesi için ekonomik kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Toplumsal sorunların çözülmesi sosyal değerlerin oluşturulmasını sağlamakta bu da sosyal girişimciliği ön plana çıkarmaktadır. Singhwal ve diğerlerinin (2026) sosyal girişimler üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada, girişimcilik yöneliminin sosyal etki ve finansal sürdürülebilirlikle pozitif ilişkili bulunduğunu belirtmiştir. Bu çerçevede sosyal girişimcilik, sosyal amaçların strateji, örgütlenme ve performans süreçleriyle nasıl bütünleştirildiğinin anlaşılması açısından ele alınabilir.

Sosyal girişimciliğin yönetim alanıyla kurduğu bu çok boyutlu ilişki, konuya ilişkin bilimsel çalışmaların hangi kavramlar etrafında geliştiğinin ve araştırma gündeminin zaman içerisinde nasıl şekillendiğinin incelenmesini anlamlı kılmaktadır. Alanın kavramsal yapısının görünür kılınması, gelecekteki araştırmalara yönelik soruların geliştirilmesi açısından yararlı olacaktır.

Bu çalışmada, yönetim alanındaki sosyal girişimcilik araştırmalarının son on yıldaki yayın gelişiminin ve tematik yapısının incelenmesi amaçlanmaktadır. Web of Science Core Collection veri tabanından elde edilen makaleler üzerinden bilimsel üretimin dağılımı, öne çıkan araştırma aktörleri ve anahtar kelimeler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Ayrıca tematik harita ve tematik evrim analizleri aracılığıyla araştırma konularının alan içerisindeki konumlarının ve dönemler arasındaki değişimlerinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Bu yönüyle çalışma, sosyal girişimcilik literatürünün yönetim bilimleri açısından değerlendirilmesine ve gelecekte araştırılabilecek konuların belirlenmesine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

1. KURAMSAL ÇEREVE

Sosyal girişimcilik girişimcilik faaliyetlerinin sosyal amaçları da kapsaması anlamına gelmektedir (Cherrier ve diğerleri, 2018). Sosyal girişimciler yeni işletmeler kurarak ya da mevcut kuruluşları yenilikçi bir biçimde yöneterek toplumsal refahı arttıracak faaliyetler oluştururlar (Zahra ve diğerleri, 2009). Başka bir ifade ile sosyal eşitsilik içeren koşulların iyileştirilerek daha iyi koşullar sağlanmasını sağlayan girişimciliktir (Martin, Osberg, 2007). İncelenen literatür doğrultusunda sosyal girişimcilik, sosyal amaçları içeren faaliyetleri destekleyen ekonomik faaliyetlerin yürütüldüğü hibrit bir girişimcilik olarak tanımlanabilir (Williams ve diğerleri, 2023).

Yönetim ve Organizasyon literatürü incelendiğin de sosyal girişimcilik kavramının mikro (birey), mezo (örgüt) ve makro (kurumsal) düzeyde çok boyutlu olarak incelendiği görülmektedir (García-Jurado ve diğerleri; 2021). Mikro düzeydeki araştırmalar girişimcilerin değerlerine, bilişsel süreçlerine odaklanırken, mezo düzeydeki araştırmalar ise kaynak bağımlılığı ve mele örgüt yapılarına odaklanmaktadır (Wang, Yee; 2023). Makro düzeydeki çalışmalar ise yasal düzenlemeler, bölgesel kalkınma e kurumsal eğişim sistemlerini araştırmaktadır (Saebi ve diğerleri, 2018).

2. YÖNTEM

Bu çalışma, yönetim alanındaki sosyal girişimcilik araştırmalarının gelişimini ve kavramsal yapısını incelemek amacıyla bibliyometrik analiz ve bilimsel haritalama yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Araştırmanın veri kaynağı Web of Science Core Collection veri tabanıdır. İnceleme birimini, belirlenen tarama ölçütlerini karşılayan bilimsel makaleler oluşturmaktadır.

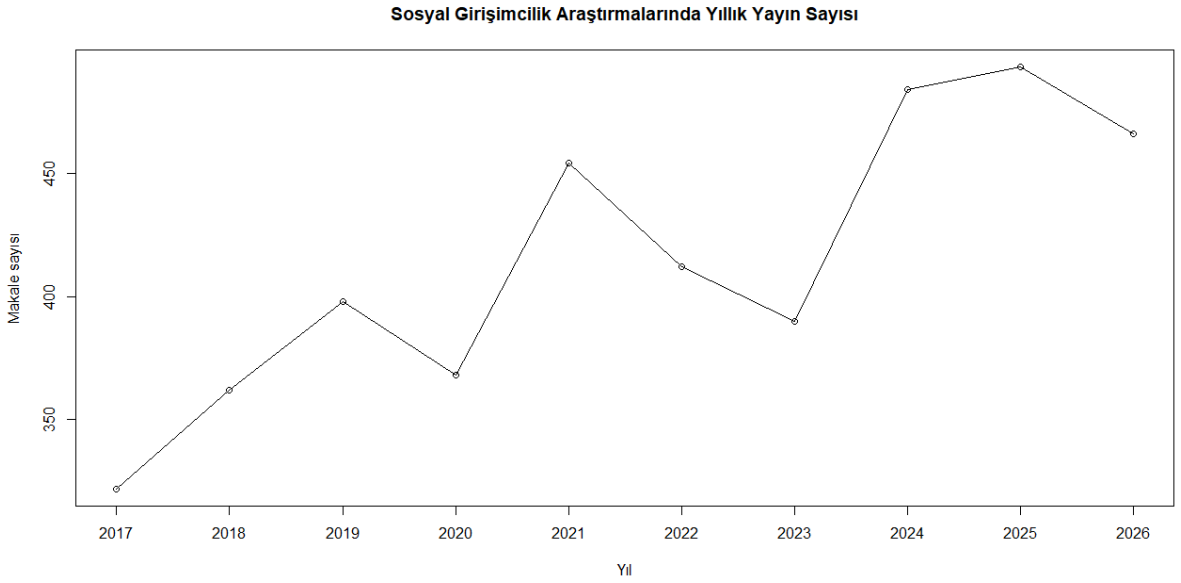
Literatür taramasında “social entrepreneurship” OR “social entrepreneur” OR “social enterprise” arama sorgusu kullanılmıştır. Sorgu, Web of Science veri tabanının konu (Topic) alanında yürütülmüştür. Tarama son on yıllık dönemle sınırlandırılmış; belge türü olarak yalnızca makaleler seçilmiş ve yönetim odağını sağlamak amacıyla Web of Science kategorilerinden Business ve Management kapsamındaki yayınlar incelemeye alınmıştır. Bu filtreler sonucunda 4.150 makaleye ulaşılmıştır. Bu sayı, veri temizleme öncesindeki tarama sonucunu ifade etmektedir.

Analiz öncesinde bibliyografik kayıtların eksik bilgi, yinelenen kayıt ve anahtar kelimelerdeki yazım farklılıkları açısından kontrol edilmesi planlanmaktadır. Aynı kavramı temsil eden farklı yazımların birleştirilmesinde kavramsal eşdeğerlik esas alınacak; birbiriyle ilişkili olmakla birlikte farklı anlam taşıyan kavramlar ayrı tutulacaktır. Veri hazırlama işlemleri sonrasında analiz kapsamına alınan nihai yayın sayısı 4149.

Verilerin R ortamında bibliometrix paketi ve Biblioshiny arayüzü kullanılarak analiz edilmesi planlanmaktadır. Betimleyici analizlerde yayınların yıllara göre dağılımı, öne çıkan dergiler, yazarlar, ülkeler ve atıf alan yayınlar incelenecektir. Kavramsal yapının değerlendirilmesinde yazar anahtar kelimelerinin birlikte görülme ilişkilerinden yararlanılacaktır. Tematik harita analizinde temalar, alanın diğer temalarıyla ilişkilerini gösteren merkezilik ve kendi iç gelişmişliklerini gösteren yoğunluk boyutları üzerinden değerlendirilmiştir. Tematik evrim analizinde ise belirlenen alt dönemler arasında araştırma temalarının sürekliliği ve değişimi incelenmiştir. Analizlerde kullanılan dönem sınırları, eşik değerleri ve diğer parametreler bulgularla birlikte açıklanmıştır.

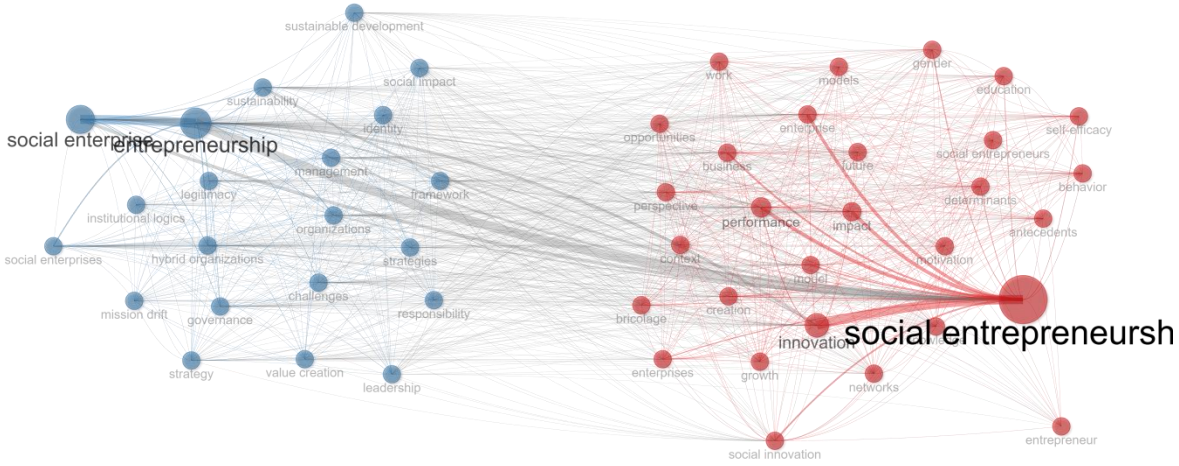
3. BULGULAR

Şekil 1. Yönetim Alanında Sosyal Girişimcilik Araştırmalarının Yıllara Göre Dağılımı (2017–2026)



Şekil 1'de, sosyal girişimcilik araştırmalarına ilişkin yıllık yayın sayılarının dalgalı bir seyir izlemekle birlikte dönem başına kıyasla arttığı görülmektedir. Yayın sayısı 2017 yılında 322 iken 2019 yılında 398'e yükselmiş, 2020 yılında ise 368'e gerilemiştir. 2021 yılında 454 yayına ulaşılmasının ardından 2022 ve 2023 yıllarında düşüş yaşanmış; yayın sayısı sırasıyla 412 ve 390 olarak gerçekleşmiştir. Bu düşüşü izleyen 2024 yılında 484, 2025 yılında ise 493 makale yayımlanmıştır. Böylece incelenen dönemde en yüksek yıllık yayın sayısına 2025 yılında ulaşılmıştır. Bulgular, veri seti kapsamında sosyal girişimciliğe yönelik bilimsel üretimin kesintisiz bir artış göstermediğini, ancak dönem sonunda başlangıç düzeyinin üzerinde olduğunu ortaya koymaktadır. 2026 yılı için kaydedilen 466 yayın, yılın tamamını kapsamadığından bu değer üzerinden yıllık üretimde azalma olduğu sonucuna varılamaz.

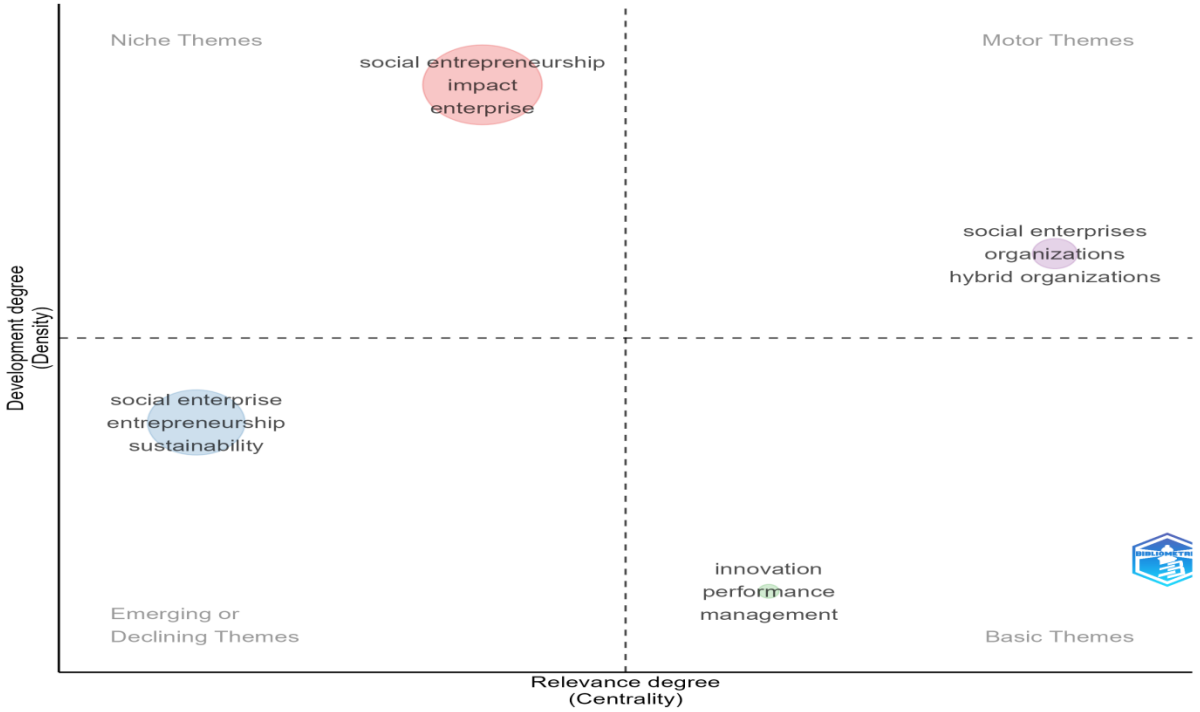
Şekil 2. Sosyal Girişimcilik Araştırmalarında Anahtar Kelimelerin Birlikte Görülme Ağı



Şekil 2'de, sosyal girişimcilik araştırmalarında kullanılan kavramların birlikte görülme ilişkileri ve iki farklı renk grubunda kümelenmesi görülmektedir. Mavi grupta "management" (yönetim), "organizations" (örgütler), "identity" (kimlik), "governance" (yönetişim) ve "challenges" (zorluklar) gibi kavramlar seçilebilmektedir. Bu kavramlar, literatürün sosyal girişimlerin örgütsel özellikleri ve yönetim süreçleriyle ilişkili yönüne işaret etmektedir. Kırmızı grupta ise "innovation" (yenilik), "performance" (performans), "impact" (etki), "business" (işletme) ve "opportunities" (fırsatlar) gibi kavramlar görülmektedir. Bu görünüm, sosyal girişimcilik çalışmalarında yenilik, faaliyet sonuçları ve girişim fırsatlarının da ele alındığını düşündürmektedir.

İki renk grubu arasındaki bağlantılar, bu araştırma konularının birbirinden tamamen bağımsız olmadığını ve aynı yayınlarda birlikte ele alınabildiğini göstermektedir. Yönetim bilimleri perspektifinden değerlendirildiğinde ağ, sosyal girişimciliğin örgütlenme ve yönetişim süreçleri ile yenilik, performans ve etki konularını bir araya getiren bir araştırma alanı olarak incelendiğini göstermektedir.

Şekil 3. Sosyal Girişimcilik Araştırmalarının Tematik Haritası

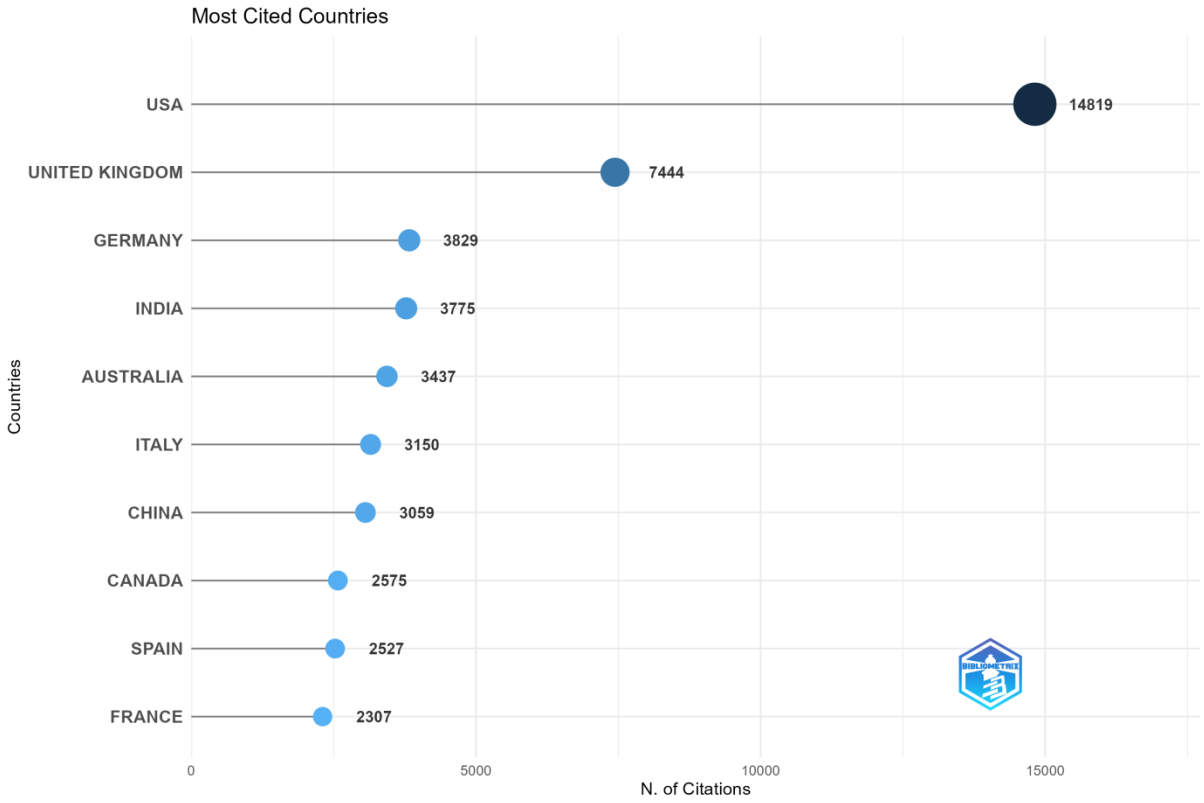


Şekil 3, sosyal girişimcilik araştırmalarındaki temaları merkezilik ve yoğunluk boyutlarına göre göstermektedir. Merkezilik, bir temanın diğer temalarla bağlantısını; yoğunluk ise tema içerisindeki kavramların kendi aralarındaki ilişkilerinin gelişmişliğini ifade etmektedir.

Sağ üst bölgede bulunan "social enterprises", "organizations" ve "hybrid organizations" kümesi, yüksek merkezilik ve yoğunluk özellikleriyle motor temalar arasında yer almaktadır. Bu konum, sosyal girişimlerin örgütsel yapıları ve hibrit örgütlenme biçimlerinin incelenen ağda hem kendi içerisinde gelişmiş hem de diğer temalarla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Sağ alt bölgede yer alan "innovation", "performance" ve "management" kümesi ise temel temalar arasındadır. Bu kümenin konumu, yenilik, performans ve yönetim konularının diğer temalarla bağlantılı olduğunu, ancak küme içi yoğunluğunun görece düşük kaldığını göstermektedir.

Sol üst bölgede bulunan "social entrepreneurship", "impact" ve "enterprise" kümesi, kendi içerisinde güçlü bağlantılara sahip olmakla birlikte diğer temalarla bağlantıları görece sınırlı olan niş temalar arasında konumlanmaktadır. Sol alt bölgedeki "social enterprise", "entrepreneurship" ve "sustainability" kümesi ise düşük merkezilik ve yoğunluk göstermektedir. Bununla birlikte, yalnızca bu haritaya dayanarak söz konusu temaların yükselişte mi yoksa gerilemekte mi olduğu belirlenemez; bu ayrım için dönemler arası karşılaştırma gereklidir.

Şekil 4. Sosyal Girişimcilik Araştırmalarında En Fazla Atıf Alan On Ülke



Şekil 4 incelendiğinde, analiz kapsamındaki yayınların ülkelere göre toplam atıf dağılımında ABD'nin 14.819 atıfla ilk sırada, Birleşik Krallık'ın ise 7.444 atıfla ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Bu ülkeleri Almanya (3.829), Hindistan (3.775), Avustralya (3.437), İtalya (3.150) ve Çin (3.059) izlemektedir. Kanada (2.575), İspanya (2.527) ve Fransa (2.307) da sıralamada yer almaktadır. Bulgular, incelenen veri setinde ABD ve Birleşik Krallık'ın toplam atıf bakımından öne çıktığını göstermektedir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yönetim alanındaki sosyal girişimcilik araştırmalarının 2017–2026 dönemindeki gelişimi ve tematik yapısı bibliyometrik analizlerle incelenmiştir. Yıllık yayın dağılımı, bilimsel üretimin dönem boyunca dalgalanmalar göstermekle birlikte başlangıç yılına kıyasla arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, 2026 yılı verilerinin yılın tamamını kapsamaması nedeniyle bu yıla ilişkin yayın sayısı önceki yıllarla karşılaştırılırken dikkatli olunmalıdır.

Anahtar kelimelerin birlikte görülme ağı ve tematik harita, sosyal girişimcilik araştırmalarında örgütsel yapı, yönetişim, yenilik, performans ve etki konularının öne çıktığını göstermektedir. Sosyal girişimler ve hibrit örgütlerle ilişkili kümenin motor temalar arasında bulunması, sosyal amaçlarla ekonomik faaliyetlerin birlikte yürütülmesinin örgütsel boyutunun incelenen literatürde belirgin bir yer tuttuğuna işaret etmektedir. Yenilik, performans ve yönetim kümesinin temel temalar arasında konumlanması ise bu konuların alanın diğer araştırma temalarıyla bağlantılı olduğunu göstermektedir. Ülkelerin toplam atıf dağılımında ABD ve Birleşik Krallık'ın öne çıkması, incelenen veri setindeki atıfların ülkelere eşit dağılmadığını ortaya koymaktadır.

Bulgular doğrultusunda, gelecekteki araştırmalarda sosyal girişimlerin sosyal amaçları ile ekonomik sürdürülebilirliklerini nasıl birlikte yönettiklerinin, hibrit örgütsel yapıların yönetsel süreçlere yansımalarının ve yenilik faaliyetlerinin sosyal etkiyle ilişkilerinin incelenmesi önerilebilir. Farklı ülke ve kurumsal bağlamları

karşılaştıran çalışmalar da bu süreçlerin bağlama göre nasıl değiştiğinin anlaşılmasına katkı sağlayabilir. Çalışma, Web of Science Core Collection veri tabanında Business ve Management kategorilerinde yer alan, belirlenen sorgu ve dönem kapsamındaki makalelerle sınırlıdır. Bu nedenle bulgular, sosyal girişimcilik literatürünün tamamına genellenmemelidir. Bu sınırlılıklar çerçevesinde çalışma, sosyal girişimcilik araştırmalarının yönetim alanındaki yayın gelişimini ve kavramsal yapısını birlikte değerlendiren bir görünüm sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Cardella, G. M., Hernández-Sánchez, B. R., Monteiro, A. A., & Sánchez-García, J. C. (2021). Social entrepreneurship research: Intellectual structures and future perspectives. *Sustainability*, 13(14), Article 7532. https://doi.org/10.3390/su13147532

Cherrier, H., Goswami, P., & Ray, S. (2018). Social entrepreneurship : Creating value in the context of institutional complexity. *Journal of Business Research*, 86, 245-258. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.10.056

García-Jurado, A., Pérez-Barea, J. J., & Nova, R. J. (2021). A new approach to social entrepreneurship: A systematic review and meta-analysis. *Sustainability*, 13(5), Article 2754. https://doi.org/10.3390/su13052754

Klarin, A., & Suseno, Y. (2023). An integrative literature review of social entrepreneurship research: Mapping the literature and future research directions. *Business & Society*, 62(3), 565–611. https://doi.org/10.1177/00076503221101611

Martin, R. L., & Osberg, S. (2007). Social Entrepreneurship: The Case for Definition. *Stanford Social Innovation Review*, 5, 29-39. https://doi.org/10.48558/TSAV-FG11

Saebi, T., Foss, N. J., & Linder, S. (2019). Social entrepreneurship research: Past achievements and future promises. *Journal of Management*, 45(1), 70–95. https://doi.org/10.1177/0149206318793196

Singhwal, P., Batra, T., Shukla, D., Thapliyal, R., Mishra, A., & Srivastava, N. (2026). Entrepreneurial orientation in social enterprises: Balancing social impact and financial sustainability. *International Journal of Drug Delivery Technology*, 16(7s), 256–263. https://doi.org/10.25258/ijddt.16.7s.29

Wang, A. W., & Yee, C. M. (2023). A literature review of social entrepreneurship. *Open Journal of Business and Management*, 11(5), 2232–2246. https://doi.org/10.4236/ojbm.2023.115123

Williams, T. A., Nason, R., Wolfe, M. T., & Short, J. C. (2023). Seizing the moment—Strategy, social entrepreneurship, and the pursuit of impact. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 17(1), 3–18. https://doi.org/10.1002/sej.1456

Zahra, S. A., Gedajlovic, E., Neubaum, D. O., & Shulman, J. M. (2009). A typology of social entrepreneurs: Motives, search processes and ethical challenges. *Journal of Business Venturing*, 24(5), 519–532. https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2008.04.007

GÜVEN, ALGILANAN DEĞER VE YEŞİL YIKAMA BAĞLAMINDA YEŞİL PAZARLAMA İLE TÜKETİCİ ALGISI İLİŞKİSİNİN TEMATİK SENTEZİ

Rashid BADIROV [1] / Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ [2]

[1] İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, İşletme Yönetimi Yüksek Lisans Programı, İstanbul, Türkiye.
rashid.badirov@mail.com, ORCID: 0009-0009-0820-2026

[2] İstanbul Gedik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul, Türkiye,
burcin.gumus@gedik.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4225-2313

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yeşil pazarlama uygulamaları ile tüketici algısı arasındaki ilişkiyi güven, algılanan kalite, algılanan değer, marka imajı ve satın alma niyeti boyutlarında değerlendirmektir. Yeşil ürün, fiyat, dağıtım ve tutundurma uygulamaları ile yeşil yıkama algısı birlikte ele alınmıştır. Araştırma, 2000–Haziran 2026 dönemini kapsayan sistematik literatür taraması ve nitel tematik senteze dayanmaktadır. DergiPark, TR Dizin, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve Google Scholar üzerinden belirlenen 152 kayıttan seçilen 35 akademik çalışma senteze dahil edilmiştir. Çalışma seçiminin raporlanmasında PRISMA 2020 akış mantığından yararlanılmıştır. Bununla birlikte, tarama kayıtlarının ve tam metin aşamasındaki dışlama gerekçelerinin ayrıntılı tutulmaması incelemenin tekrarlanabilirliğini sınırlandırmaktadır.

Sentez bulguları, açık ve doğrulanabilir çevresel iddiaların ürün performansıyla desteklendiğinde olumlu tüketici değerlendirmeleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Güvenilir ve anlaşılır eko-etiketler bilgi belirsizliğinin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Buna karşılık, gerekçelendirilemeyen fiyat primleri, belirsiz çevreci mesajlar ve yeşil yıkama şüphesi güven ve satın alma niyeti açısından engel oluşturabilmektedir. Olumlu çevresel tutumların satın alma davranışına dönüşmesi ise fiyat, erişilebilirlik ve ürün performansı gibi koşullara bağlıdır. Araştırma tasarımlarının ve bağlamlarının çeşitliliği nedeniyle bu sonuçlar ortak bir nedensel etki büyüklüğü olarak yorumlanmamıştır.

Çalışma, yeşil pazarlama karması ile yeşil yıkama algısını tüketici değerlendirmeleri çerçevesinde bütünleştirmektedir. Sonuçlar, işletmelerin çevresel iletişimi ürün, fiyat, dağıtım ve kurumsal uygulamalarla tutarlı biçimde yönetmesinin önemine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Pazarlama, Tüketici Algısı, Tüketici Güveni, Satın Alma Niyeti, Yeşil Yıkama.

A THEMATIC SYNTHESIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GREEN MARKETING AND CONSUMER PERCEPTION IN THE CONTEXT OF TRUST, PERCEIVED VALUE, AND GREENWASHING

Rashid BADIROV [1] / Assist. Prof. Dr. Tuğbay Burçin GÜMÜŞ [2]

[1] Istanbul Gedik University, Institute of Graduate Studies, Department of Business Administration, Master's Program in Business Administration, Istanbul, Türkiye.
rashid.badirov@mail.com, ORCID: 0009-0009-0820-2026

[2] Istanbul Gedik University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Istanbul, Türkiye.

burcin.gumus@gedik.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4225-2313

Abstract

This study aims to evaluate the relationship between green marketing practices and consumer perception across consumer trust, perceived quality, perceived value, brand image, and purchase intention. Green product, pricing, distribution, and promotion practices are examined alongside perceived greenwashing. The research employs a systematic literature review and qualitative thematic synthesis covering publications from 2000 to June 2026. Of the 152 records identified through DergiPark, TR Dizin, the YÖK National Thesis Center, and Google Scholar, 35 academic studies were included in the synthesis. The study selection process was reported using the PRISMA 2020 flow framework. However, incomplete search records and the lack of detailed reasons for full-text exclusions limit the reproducibility of the review.

The synthesis indicates that clear and verifiable environmental claims are associated with favourable consumer evaluations when supported by product performance. Credible and understandable eco-labels can help reduce information uncertainty. Conversely, unjustified price premiums, ambiguous environmental messages, and suspected greenwashing can create barriers to consumer trust and purchase intention. The translation of positive environmental attitudes into purchasing behaviour depends on conditions such as price, accessibility, and product performance. Given the diversity of research designs and contexts, these findings should not be interpreted as establishing a common causal effect size.

The study integrates the green marketing mix and perceived greenwashing within a framework of consumer evaluations. The findings highlight the importance of managing environmental communication consistently with product, pricing, distribution, and corporate practices.

Keywords: Green Marketing, Consumer Perception, Consumer Trust, Purchase Intention, Greenwashing.

GİRİŞ

İşletmelerin çevresel sorumluluklarını tüketicilere nasıl aktardığı, yeşil pazarlamanın temel tartışma alanlarından biridir. Bir ürünün çevreci olarak tanıtılması, tüketicinin bu ürünü kaliteli, güvenilir veya fiyatına değer bulacağını tek başına göstermemektedir. Tüketiciler çevresel iddiaları ürünün işlevsel özellikleri, fiyatı, erişilebilirliği ve markaya ilişkin önceki deneyimleriyle birlikte değerlendirmektedir. Bu nedenle yeşil pazarlama ile tüketici algısı arasındaki ilişkinin pazarlama karmasının bütününü kapsayan bir çerçevede ele alınması gerekmektedir (Peattie ve Crane, 2005; Polonsky, 2011; Dangelico ve Vocalelli, 2017).

Çevresel iletişimin yaygınlaşması, iddiaların güvenilirliğine ilişkin soruları da beraberinde getirmektedir. Belirsiz ifadeler, kapsamı açıklanmayan etiketler veya gerçek uygulamalarla desteklenmeyen mesajlar, çevreci bir izlenim oluştururken tüketicinin değerlendirmesini yanıltabilir. Yeşil yıkama olarak ele alınan bu sorun, çevresel iletişim ile kurumsal uygulamalar arasındaki tutarlılığın incelenmesini gerekli kılmaktadır (Lyon ve Montgomery, 2015; Szabo ve Webster, 2021).

Bu çalışmanın amacı, yeşil ürün, fiyat, dağıtım ve tutundurma uygulamaları ile tüketici algısı arasındaki ilişkiyi güven, algılanan kalite, algılanan değer, marka imajı ve satın alma niyeti boyutlarında değerlendirmektir. Çalışma, yeşil yıkama algısını ve olumlu çevresel tutumların satın alma davranışına dönüşmesini sınırlandıran koşulları aynı sentez içinde ele almaktadır. Katkısı, yeni bir nedensel model sınamaktan ziyade, farklı araştırma tasarımlarından elde edilen bilgileri ortak temalar etrafında ilişkilendirmesidir.

1 KURAMSAL ÇERÇEVE

Yeşil pazarlama, çevresel sorumluluğun ürün geliştirme, fiyatlandırma, dağıtım ve iletişim kararlarına yansıtılmasını içermektedir. Bu yaklaşımda çevresel fayda, tüketiciye sunulan değer önerisinin bir parçasıdır. Çevresel iddiaların sürdürülebilir bir karşılık bulması, işletmenin sunduğu ürünün ve yürüttüğü süreçlerin bu iddiaları desteklemesini gerektirmektedir (Belz ve Peattie, 2012; Ottman, 2011). Dangelico ve Vocalelli (2017), yeşil pazarlama tanımlarını ve araçlarını sistematik olarak inceleyerek uygulamaların yaşam döngüsü ve pazarlama stratejisi çerçevesinde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Kumar (2016) ise literatürdeki araştırma eğilimlerini sınıflandırmaktadır.

Tüketici algısı bu çalışmada tek bir sonuç değişkeni olarak değerlendirilmemektedir. Güven, çevresel iddianın ve markanın inanılırlığına; algılanan kalite, ürünün beklenen performansına; algılanan değer, elde edilen faydaların katlanılan maliyetlerle karşılaştırılmasına; marka imajı ise işletme hakkında oluşan genel değerlendirmelere karşılık gelmektedir. Satın alma niyeti, davranışa yönelik bir eğilimi ifade etmektedir. Bu boyutlar ilişkili olabilse de birbirlerinin yerine kullanılmaları, araştırma sonuçlarının kapsamını aşan çıkarımlara yol açabilir.

Özellikle niyet ile gerçekleşmiş davranış arasındaki ayrım önemlidir. Tüketicinin çevreci bir ürüne yönelik olumlu tutumu, yüksek fiyat, sınırlı bulunabilirlik veya performans kaygısı nedeniyle satın almaya dönüşmeyebilir. Young vd. (2010) ile Joshi ve Rahman (2015), bu tutum ve davranış boşluğunun yorumlanmasında temel başvuru kaynaklarıdır. Davari ve Strutton (2014) ise pazarlama karması kararlarını bu boşluğun azaltılması çerçevesinde tartışmaktadır.

2 YÖNTEM

2.1 Araştırma deseni ve kapsam

Araştırma, sistematik literatür taraması ve nitel tematik senteze dayanmaktadır. Birincil veri toplanmamış; anket, görüşme veya deney gerçekleştirilmemiştir. Sistematik inceleme yaklaşımı araştırma sorularının belirlenmesi, kaynakların seçilmesi, uygunluk değerlendirmesi ve bulguların bir araya getirilmesi bakımından kullanılmıştır (Tranfield vd., 2003; Okoli, 2015; Snyder, 2019). Çalışma seçiminin raporlanmasında PRISMA 2020 akış

mantığından yararlanılmıştır. PRISMA, burada bir analiz yöntemi olarak değil, seçim sürecinin raporlanmasına yönelik bir çerçeve olarak ele alınmaktadır (Page vd., 2021).

İnceleme beş araştırma sorusu etrafında düzenlenmiştir: AS1: Yeşil pazarlama tüketici algısının hangi boyutlarıyla ilişkilidir? AS2: Yeşil ürün özellikleri ve eko-etiketler tüketici güveni bakımından nasıl değerlendirilmektedir? AS3: Yeşil fiyatlandırma algılanan değer ve satın alma niyetiyle nasıl ilişkilidir? AS4: Yeşil tutundurma ve yeşil yıkama algısı marka güveni açısından ne ifade etmektedir? AS5: Bireysel ve bağlamsal faktörler bu ilişkileri nasıl farklılaştırmaktadır?

Tarama, 2000–Haziran 2026 dönemini kapsamaktadır. DergiPark, TR Dizin, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve Google Scholar kullanılmış; kaynakça ve atıf zincirleri üzerinden destekleyici kontroller yapılmıştır. Türkçe ve İngilizce olarak yeşil pazarlama, sürdürülebilir pazarlama, tüketici algısı, algılanan değer, yeşil satın alma niyeti, eko-etiket ve yeşil yıkama kavramları ile pazarlama karması bileşenlerine ilişkin terimler birleştirilmiştir. Scopus, Web of Science, EBSCO ve ProQuest sistematik olarak taranmamıştır.

2.2 Çalışmaların seçimi ve değerlendirilmesi

Dahil etme ölçütleri; tüketici boyutuyla ilişkili yeşil pazarlama veya sürdürülebilir tüketim konusunu ele alma, Türkçe ya da İngilizce yayımlanma, belirlenen dönemde yer alma, akademik ve bibliyografik olarak doğrulanabilir olma ve araştırma sorularına kuramsal veya ampirik katkı sunma şeklinde belirlenmiştir. Konuyla doğrudan ilişkili olmayan teknik çalışmalar, akademik olmayan içerikler, mükerrer kayıtlar ve temel bilgilerine veya tam metnine erişilemeyen yayınlar kapsam dışında tutulmuştur.

Tablo 1. Çalışma seçim sürecinin sayısal özeti

Aşama	Kayıt sayısı
Belirlenen toplam kayıt	152
Çıkarılan mükerrer kayıt	31
Başlık ve özet düzeyinde incelenen kayıt	121
Başlık ve özet aşamasında dışlanan kayıt	62
Tam metni değerlendirilen çalışma	59
Tam metin aşamasında dışlanan çalışma	24
Nihai senteze dahil edilen çalışma	35

Kaynak: Tezde raporlanan çalışma seçim verileri.

Kalite değerlendirmesinde araştırma amacının açıklığı, yöntemin veya kuramsal çerçevenin yeterliliği, bulguların araştırma sorularıyla ilgisi, kanıt ve argümanların açıklığı ve konuya katkı olmak üzere beş ölçüt kullanılmıştır. Her ölçüt 0–2 arasında değerlendirilmiş; toplam 10 puan üzerinden 7 puanlık dahil etme eşiği benimsenmiştir. Bu ölçütler inceleme için oluşturulmuş olup doğrulanmış standart bir ölçek veya evrensel bir kesme değeri olarak sunulmamaktadır. Sayısal puanlar, farklı araştırma tasarımlarının aynı kanıt gücüne sahip olduğu anlamına gelmemektedir.

2.3 Veri çıkarma ve tematik sentez

Çalışmalar yazar ve yıl, yöntem veya yayın türü, örneklem ya da bağlam, pazarlama boyutu ve temel katkı açısından değerlendirilmiştir. Manuel kodlama araştırmacı tarafından yürütülmüş; ilgili bulgular ürün ve eko-etiket, fiyat ve değer, tutundurma ve yeşil yıkama, dağıtım ve bütünleşik pazarlama karması ile bireysel ve bağlamsal faktörler altında birleştirilmiştir. Bir çalışma birden fazla temaya katkı sağladığında ilgili temalarda birlikte kullanılmıştır. Örneğin fiyat ve bulunabilirlik engelleri, tutum ve davranış boşluğu çerçevesinde; yanıltıcı iddia algısı ve olumsuz ürün değerlendirmeleri ise yeşil yıkama çerçevesinde yorumlanmıştır.

Nihai küme kuramsal yayınlar, literatür incelemeleri, ampirik araştırmalar ve lisansüstü tezlerden oluşmaktadır. İnceleme yayınları ve birincil çalışmaların birlikte bulunması nedeniyle benzer bulgular bağımsız kanıtların sayısal toplamı olarak değerlendirilmemiştir. Çalışmaların tasarım ve bağlam farklılıkları gözetilmiş; meta-analiz, ortak etki büyüklüğü hesabı veya kalite puanlarıyla ağırlıklandırılmış nicel bir analiz yapılmamıştır.

2.4 Yöntemsel sınırlılıklar

Tarama kaynağı bazında kayıt sayıları, bütün filtreler ve Google Scholar sonuç aralığı ayrıntılı olarak kaydedilmemiştir. Ayrıca tam metin aşamasında dışlanan 24 çalışmanın gerekçeleri çalışma bazında tutulmadığından bu gerekçelerin sayısal dağılımı sunulamamaktadır. Bu durum taramanın tekrarlanabilirliğini ve seçimin bağımsız olarak denetlenmesini sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla PRISMA 2020 raporlama gerekliliklerinin tamamının karşılandığı ileri sürülmemektedir. Kodlamanın tek araştırmacı tarafından yürütülmesi ve çalışmaların dil, erişim ve veri kaynağı kapsamıyla sınırlı olması da yorumlarda dikkate alınmıştır.

3 BULGULAR

Bulgular, seçilen 35 çalışmanın karşılaştırmalı değerlendirmesidir. Aşağıdaki temalar, kaynaklarda bildirilen sonuçları bir araya getirmekte; tüketici düzeyindeki bulgular ile işletme veya paydaş düzeyindeki sonuçlar arasındaki ayrımı korumaktadır.

3.1 Yeşil ürün ve eko etiketler

Yeşil ürün çalışmalarındaki ortak bulgu, çevresel niteliğin tek başına yeterli olmadığı ve ürün performansıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğidir. D'Souza vd. (2006) yeşil ürün stratejisini kurumsal yaklaşım ve ürün özellikleriyle birlikte ele alırken, Kumar ve Ghodeswar (2015) satın alma kararında çevresel yararın yanı sıra kalite, performans ve somut tüketici faydalarının önemini vurgulamaktadır.

Eko-etiket çalışmalarında bilgi sağlama ve güven oluşturma işlevleri öne çıkmaktadır. Testa vd. (2015), eko-etiketlerin güvenilir ve anlaşılır olduğunda etkili bir pazarlama aracına dönüşebildiğini göstermiştir. Grankvist ve Biel (2007), tüketici tutumlarının eko-etiketli gıda tercihiyle ilişkisini ortaya koyarken; Sirieix vd. (2013) farklı sürdürülebilirlik etiketlerinin birlikte kullanımının algıyı değiştirebildiğini belirtmiştir. Panopoulos vd. (2023) ise eko-etiket bilgisi ile kullanıcı tarafından üretilen içeriğin satın alma niyeti üzerinde etkili olabildiğini göstermektedir.

Yeşil ürün ve eko-etiket çalışmalarının karşılaştırılması, çevresel özelliklerin tüketici değerlendirmesinde tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. D'Souza vd. (2006) ve Kumar ve Ghodeswar (2015), ürünün işlevsel özellikleri ve tüketiciye sağladığı faydalar üzerinde dururken; Testa vd. (2015), Grankvist ve Biel (2007) ve Sirieix vd. (2013) etiket bilgisi ve etiketli ürünlerin değerlendirilmesine odaklanmaktadır. Panopoulos vd. (2023) ise eko-etiketleri kullanıcı tarafından üretilen içerikle birlikte ele alarak bilgi kaynağının önemini incelemektedir. Dolayısıyla bu çalışmalar birbirini tamamlamakla birlikte aynı ilişkiyi aynı araştırma tasarımıyla sınamamaktadır. Özellikle gıda etiketlerine ilişkin bulguların bütün ürün kategorilerine doğrudan aktarılması sınırlıdır. AS2 açısından ortak çıkarım, eko-etiketlerin tüketici güvenini destekleme potansiyelinin etiketin anlaşılabilirliği,

kaynağının güvenilirliği ve ürün özellikleriyle tutarlılığı çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğidir. Bununla birlikte etiket tercihi veya satın alma niyetine ilişkin bir bulgu, doğrudan güven ölçümü ya da gerçekleşmiş satın alma davranışıyla eşdeğer kabul edilmemelidir.

3.2 Yeşil fiyat ve algılanan değer

Yeşil fiyatlandırma çalışmalarının ortak noktası, tüketicilerin yalnızca çevresel iddia nedeniyle daha yüksek fiyatı otomatik olarak kabul etmediğini göstermesidir. Atılgan (2019) yeşil fiyatı çevresel maliyetler ile tüketicinin algıladığı fayda arasındaki denge üzerinden ele almaktadır. Kumar ve Ghodeswar (2015) kalite ve işlevsel faydanın önemini vurgularken, Joshi ve Rahman (2015) fiyatın yeşil satın alma davranışının önündeki temel engellerden biri olabileceğini göstermektedir.

Young vd. (2010) tarafından ele alınan tutum-davranış boşluğu fiyatlandırma açısından özellikle önemlidir. Tüketici çevre dostu bir ürünü olumlu değerlendirse bile fiyat farkı, bulunabilirlik veya performans belirsizliği nedeniyle satın alma kararını erteleyebilir. Djaadi (2016) da Türkiye ve Cezayir bağlamında yeşil pazarlama ile satın alma davranışını karşılaştırarak yeşil ürün tercihinin tek bir pazarlama unsuruyla açıklanamayacağını desteklemektedir.

Yeşil fiyatlandırmaya ilişkin çalışmaların ortak noktası, çevresel duyarlılığın daha yüksek fiyatı kabul etmek için tek başına yeterli bir açıklama oluşturmamasıdır. Bununla birlikte çalışmaların sunduğu kanıtların niteliği farklıdır. Atılgan (2019), yeşil fiyatlandırmayı literatür üzerinden değerlendirirken; Kumar ve Ghodeswar (2015) tüketicilerin yeşil ürün satın alma kararlarıyla ilişkili faktörleri ampirik olarak incelemektedir. Young vd. (2010) tutum ile davranış arasındaki boşluğu ele almakta, Joshi ve Rahman (2015) ise farklı araştırmalardaki satın alma engellerini birlikte değerlendirmektedir. Bu kaynaklar fiyatın önemini desteklese de aynı ürün, tüketici grubu veya fiyat primi üzerinde doğrudan karşılaştırılabilir sonuçlar sunmamaktadır. AS3 açısından sentez sonucu, fiyat farkının tüketicinin algıladığı işlevsel, ekonomik ve çevresel faydalarla birlikte yorumlanması gerektiğidir. Mevcut bulgular bütün tüketiciler için geçerli bir kabul edilebilir fiyat primi belirlemeye veya fiyat farkının satın alma üzerindeki etkisini tek bir büyüklükle açıklamaya olanak vermemektedir.

3.3 Yeşil tutundurma ve yeşil yıkama

Yeşil reklam mesajlarının etkisi, mesajın yalnızca dikkat çekici olmasına değil, güvenilir ve hedef kitle açısından anlamlı olmasına bağlıdır. Ahuja (2015) yeşil reklam ile tüketici farkındalığı ve satın alma niyeti arasındaki ilişkiyi incelerken, Kim ve Cha (2021) yeşil reklamın etkisinin tüketici özelliklerine göre farklılaşabildiğini göstermektedir. Bu bulgular aynı reklam mesajının bütün tüketiciler üzerinde aynı düzeyde etki oluşturmadığını ortaya koymaktadır.

Yeşil yıkama literatürü, çevresel iletişim ile gerçek uygulamalar arasındaki uyumsuzluğun güven üzerindeki sonuçlarını daha açık biçimde göstermektedir. de Jong vd. (2020), çevresel iddialardaki yalan ve yarı doğrulara tüketici tepkilerinin olumsuzlaştığını ortaya koymuştur. Szabo ve Webster (2021), algılanan yeşil yıkamanın ürün ve çevresel performans değerlendirmelerini zayıflatabildiğini; Torelli vd. (2020) ise tutarsız çevresel iletişimin paydaş algısı ve güven üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabildiğini göstermektedir.

Boncinelli vd. (2023), gıda ambalajında kullanılan yeşil görsel kodların ürünün gerçek özelliklerinden bağımsız biçimde kullanıldığında yanıltıcı çevresel çağrışımlar oluşturabileceğini incelemiştir. Lyon ve Montgomery (2015) ise yeşil yıkamayı kurumsal teşvikler ve bilgi asimetrisi bağlamında ele almaktadır. Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde tüketici güveninin korunması için çevresel iddiaların şeffaf, ölçülebilir ve gerçek uygulamalarla tutarlı olması gerektiği görülmektedir.

Yeşil tutundurma ve yeşil yıkama çalışmalarında karşılaştırılması gereken temel ayrım, çevresel mesajın olumlu değerlendirilmesini sağlayan özellikler ile yanıltıcı olarak algılanmasına yol açan özelliklerdir. Ahuja (2015) ve

Kim ve Cha (2021), yeşil reklamı tüketici değerlendirmeleri ve satın alma niyeti açısından ele alırken; de Jong vd. (2020), Szabo ve Webster (2021) ve Torelli vd. (2020) yanıltıcı veya tutarsız çevresel iletişime yönelik tepkilere odaklanmaktadır. Boncinelli vd. (2023), ambalajdaki görsel kodları inceleyerek bu tartışmayı sözel iddiaların ötesine taşımaktadır. Lyon ve Montgomery (2015) ise yeşil yıkamaya ilişkin kavramsal açıklamalar sunmaktadır. Bu nedenle kavramsal açıklamalar, deneysel sonuçlar ve diğer ampirik ilişkiler aynı düzeyde nedensellik kanıtı olarak yorumlanmamalıdır. AS4 bakımından ortak çıkarım, çevresel iletişimin tüketici açısından değerinin yalnızca mesajın görünürlüğüne değil, doğrulanabilirliğine ve gerçek uygulamalarla tutarlılığına bağlı olduğudur. Bununla birlikte güven, marka imajı, ürün değerlendirmesi ve satın alma niyeti farklı sonuç değişkenleridir; birindeki olumsuzluk diğerlerinin tamamında aynı düzeyde değişim gerçekleştiğini göstermemektedir.

3.4 Yeşil dağıtım ve pazarlama karması

Pazarlama karmasını bütünleşik biçimde ele alan çalışmalar, tek bir yeşil pazarlama unsurunun etkisinin sınırlı kalabileceğini göstermektedir. Davari ve Strutton (2014), ürün, fiyat, dağıtım ve tutundurma stratejilerini birlikte değerlendirerek çevresel tutum ile davranış arasındaki ilişkinin pazarlama karmasının bütününden etkilendiğini vurgulamaktadır. Leonidou vd. (2013) da işletme düzeyindeki yeşil pazarlama karmasının pazar ve performans sonuçlarıyla ilişkisini ortaya koyarak bütüncül yaklaşımı desteklemektedir.

Mahmoud (2018), yeşil pazarlama karması unsurları ile satın alma niyeti arasındaki ilişkiyi doğrudan ele almaktadır. Hashem ve Al-Rifai (2011), Batı Asya'daki üç Arap ülkesinde yeşil pazarlama karması ile işletmeye ilişkin zihinsel imaj arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir. Genoveva ve Levina (2019), The Body Shop müşterileri bağlamında yeşil pazarlama karmasını satın alma niyeti üzerinden incelerken; Mukonza ve Swarts (2020), perakende sektöründe yeşil pazarlama stratejilerinin kurumsal imaj ve performansla ilişkisini göstermektedir.

Dağıtım boyutu, bu bütünleşik yapı içinde kurumsal çevresel sorumluluğun görünür unsurlarından biridir. Bir ürünün çevre dostu olarak sunulmasının yanında lojistik, ambalajlama ve erişilebilirlik kararlarının da aynı iddiayı desteklemesi marka algısına yansımaktadır. Bu nedenle yeşil dağıtımın etkisi genellikle tek başına değil, pazarlama karmasının diğer unsurlarıyla birlikte değerlendirilmektedir.

Pazarlama karmasına ilişkin çalışmalar bütünleşik bir değerlendirmeyi desteklemekle birlikte, araştırmaların analiz düzeyleri ve sonuç değişkenleri farklılaşmaktadır. Leonidou vd. (2013) işletme düzeyindeki pazarlama uygulamalarını ve performans sonuçlarını ele alırken; Mahmoud (2018) satın alma niyetine, Hashem ve Al-Rifai (2011) işletmeye ilişkin zihinsel imaja, Mukonza ve Swarts (2020) ise kurumsal imaj ve iş performansına odaklanmaktadır. Bu ayrım, işletme performansına ilişkin bulguların doğrudan tüketici güveni veya satın alma davranışının kanıtı olarak kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Ayrıca pazarlama karmasının birlikte değerlendirildiği araştırmalardan hareketle yeşil dağıtımın bağımsız katkısını kesin biçimde ayırmak mümkün olmayabilir. AS1 açısından ortak sonuç, ürün, fiyat, dağıtım ve tutundurma uygulamalarının tüketiciye sunulan değer ve kurumsal tutarlılık çerçevesinde birlikte ele alınmasının gerekliliğidir. Ancak hangi unsurun daha belirleyici olduğu, ilgili araştırmanın tasarımı, sektörü ve ölçtüğü sonuç değişkeni dikkate alınarak açıklanmalıdır.

3.5 Bireysel faktörler ve tutum ile davranış boşluğu

Bireysel ve bağlamsal farklılıklar, yeşil pazarlama mesajlarının tüketiciler üzerindeki etkisini değiştirebilmektedir. Çevresel duyarlılık, kişisel değerler, bilgi düzeyi, gelir ve fiyat duyarlılığı ile önceki marka deneyimi bu değerlendirmede öne çıkan faktörlerdir. Fraj ve Martinez (2007), ekolojik tüketici davranışı ile bireysel tutum ve özellikler arasındaki ilişkiyi ampirik olarak incelemiştir. Joshi ve Rahman (2015) ise fiyat, güven, bilgi, sosyal etki ve erişilebilirlik gibi bağlamsal unsurların yeşil satın alma davranışında belirleyici olduğunu göstermektedir.

Sarıoğlu (2022), yeşil ürün algısı ve çevresel tutumun satın alma davranışıyla ilişkisini ele alırken, Sevin ve Onurlubaş (2025) çevresel kaygı, duyarlılık ve algılanan kalite ile satın alma niyeti arasındaki ilişkileri incelemektedir. Berber (2024) ise kişisel bakım ve hijyen ürünleri bağlamında yeşil pazarlama karması ile marka sadakati arasındaki ilişkiyi değerlendirmektedir. Bu çalışmalar tüketici algısının yalnızca ürün özelliklerine değil, bireysel değerlendirme çerçevelerine ve ürün bağlamına da bağlı olduğunu göstermektedir.

Young vd. (2010) ve Joshi ve Rahman (2015) tarafından vurgulanan tutum-davranış açığı, bu bulguları birleştiren temel açıklamadır. Çevre bilincine sahip bir tüketici bile, yüksek fiyat farkı algılarsa, ürüne erişemezse, performansı hakkında şüpheleri varsa veya markaya güven duymuyorsa satın almaktan kaçınabilir. Bu nedenle, olumlu algı ile satın alma davranışı arasındaki ilişkinin koşullu olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 2. Tematik sentezin karşılaştırmalı özeti

Tema	Öne çıkan koşul	Yorum sınırı
Ürün ve eko-etiket	Performans ile doğrulanabilir ve anlaşılır çevresel bilgi	Etiket tercihi güven ölçümüyle eşdeğer değildir.
Fiyat ve değer	Fiyat farkının somut faydalarla ilişkilendirilmesi	Ortak bir kabul edilebilir fiyat primi hesaplanmamıştır.
Tutundurma ve yeşil yıkama	Mesaj ile gerçek uygulama arasındaki tutarlılık	Güven, imaj ve niyet ayrı sonuç değişkenleridir.
Dağıtım ve pazarlama karması	Erişilebilirlik ve uygulamaların bütünlüğü	Dağıtımın bağımsız katkısı her çalışmada ayrıştırılamaz.
Bireysel ve bağlamsal faktörler	Bilgi, duyarlılık ve satın alma koşulları	Olumlu tutum gerçekleşmiş davranışı garanti etmez.

Kaynak: İncelenen çalışmaların tematik değerlendirmesinden oluşturulmuştur.

4 SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Sentez, yeşil pazarlamanın tüketici açısından karşılığının çevresel iddianın varlığından çok, iddianın hangi koşullarda sunulduğu ve desteklendiğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir. Ürünün performansı, fiyat ile fayda arasındaki denge, satış kanallarının erişilebilirliği ve iletişimin doğrulanabilirliği birlikte değerlendirilmelidir. Bu yorum Peattie ve Crane'in (2005) söylem ile uygulama arasındaki uyuma yönelik eleştirileri ve Polonsky'nin (2011) daha geniş bir dönüşüm perspektifiyle tutarlıdır.

Araştırma soruları birlikte ele alındığında, tüketici algısının güven, kalite, değer ve marka imajı boyutlarında şekillendiği; satın alma niyetinin ise bu değerlendirmelerle ilişkili olmakla birlikte davranıştan ayrı tutulması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Eko-etiketler bilgi belirsizliğini azaltma potansiyeli taşımakta, ancak işlevleri kaynağın güvenilirliği ve bilginin anlaşılabilirliğiyle sınırlanmaktadır. Fiyat primi tüketicinin algıladığı faydayla gerekçelendirilemediğinde olumlu çevresel değerlendirmeler satın alma için yeterli olmayabilmektedir.

Yeşil yıkama teması, diğer bulguları birbirine bağlayan bir güven sorunu ortaya koymaktadır. İşletme çevresel bir özellik hakkında güçlü bir mesaj verirken ürünün niteliğini veya uygulamanın kapsamını açıklayamıyorsa, aynı iletişim tüketicinin şüphelerini artırabilir. Bununla birlikte mevcut sentez, güvenin bütün ilişkilerde

istatistiksel bir aracı değişken olduğunu kanıtlamamaktadır. Burada güvenin bütünleştirici önemi, farklı kaynakların karşılaştırılmasına dayanan bir yorumdur.

İşletmeler açısından ilk öneri, çevresel iddiaların kapsamını açıkça belirtmek ve iddianın hangi ürün, süreç veya yaşam döngüsü aşaması için geçerli olduğunu gösterebilmektir. Sertifika ve eko-etiketler kullanılıyorsa bunların kaynağı ve değerlendirme ölçütleri anlaşılır biçimde sunulmalıdır. Ürünün çevresel özellikleriyle birlikte kalite, dayanıklılık ve kullanım performansı da görünür kılınmalıdır. Fiyat farkı iletişiminde tüketicinin sağlayabileceği somut faydalar açıklanmalı; doğrulanmamış tasarruf veya üstünlük vaatlerinden kaçınılmalıdır.

Dağıtım ve iletişim kararları da aynı çerçevede yönetilmelidir. Ürünün satış noktalarında bulunması, tüketicinin ürüne erişmek için katlandığı çaba ve ambalaj kararları çevreci değer önerisinin uygulanabilirliğini belirleyen unsurlardır. İletişimde kullanılan doğa imgeleri ve genel çevreci ifadeler, dayanağı açıklanan bilgilerle desteklenmelidir. Bu öneriler sentezden türetilen yönetimsel çıkarımlardır; uygulandıklarında belirli bir satış artışını garanti eden deneysel sonuçlar olarak değerlendirilmemelidir.

Çalışmanın katkısı, yeşil pazarlama karması ve yeşil yıkama algısını tüketici değerlendirmelerinin farklı boyutlarıyla birlikte ele almasıdır. Bununla birlikte veri kaynağı kapsamı, kayıt eksiklikleri, tek araştırmacıyla kodlama ve yöntemsel heterojenlik, sonuçların genellenmesini sınırlandırmaktadır. Gelecek incelemelerde uluslararası veri tabanlarının genişletilmesi, arama tarihlerinin ve dizgilerinin eksiksiz saklanması, tam metin dışlama gerekçelerinin kaydedilmesi ve bağımsız değerlendiricilerle seçim ve kodlama yapılması önerilmektedir. Ampirik araştırmalarda ise fiyat duyarlılığı, ürün kategorisi ve eko-etiket güvenilirliği gibi koşullar altında niyet ile gerçekleşmiş satın alma arasındaki ilişkinin sınanması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Ahuja, K. (2015). A study of green advertising and its impact on consumer purchase intention. International Journal of Applied Research, 1(7), 39-43.

Atılgan, K. Ö. (2019). Stratejik yeşil pazarlama bağlamında yeşil fiyatlandırma literatürünün incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 28(3), 50-58.

Belz, F. M., & Peattie, K. (2012). Sustainability marketing: A global perspective. Chichester, England: John Wiley & Sons.

Berber, G. (2024). Yeşil pazarlama karmasının marka sadakatine etkisi: Kişisel bakım ve hijyen ürünleri örneği (Yayımlanmamış doktora tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Rize.

Boncinelli, F., Gerini, F., Piracci, G., Bellia, R., & Casini, L. (2023). Effect of executional greenwashing on market share of food products: An empirical study on green-coloured packaging. Journal of Cleaner Production, 391, 136258.

D'Souza, C., Taghian, M., Lamb, P., & Peretiatkos, R. (2006). Green products and corporate strategy: An empirical investigation. Society and Business Review, 1(2), 144-157.

Dangelico, R. M., & Vocalelli, D. (2017). Green marketing: An analysis of definitions, strategy steps, and tools through a systematic review of the literature. Journal of Cleaner Production, 165, 1263-1279.

Davari, A., & Strutton, D. (2014). Marketing mix strategies for closing the gap between green consumers' pro-environmental beliefs and behaviors. Journal of Strategic Marketing, 22(7), 563-586. doi:10.1080/0965254X.2014.914059

de Jong, M. D., Huluba, G., & Beldad, A. D. (2020). Different shades of greenwashing: Consumers' reactions to environmental lies, half-lies, and organizations taking credit for following legal obligations. Journal of Business and Technical Communication, 34(1), 38-76.

Djaadi, N. (2016). Yeşil pazarlama uygulamalarının tüketici satın alma davranışı üzerindeki etkisi: Türkiye ve Cezayir örneği (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

Fraj, E., & Martinez, E. (2007). Ecological consumer behaviour: An empirical analysis. International Journal of Consumer Studies, 31(1), 26-33.

Genoveva, G., & Levina, L. (2019). The green marketing mix: A review of customers' Body Shop purchase intention. Jurnal Muara Ilmu Ekonomi dan Bisnis, 3(2), 400-409.

Grankvist, G., & Biel, A. (2007). Predictors of purchase of eco-labelled food products: A panel study. Food Quality and Preference, 18(4), 701-708. doi:10.1016/j.foodqual.2006.11.002

Hashem, T. N., & Al-Rifai, N. A. (2011). The influence of applying green marketing mix by chemical industries companies in three Arab States in West Asia on consumer's mental image. International Journal of Business and Social Science, 2(3).

Joshi, Y., & Rahman, Z. (2015). Factors affecting green purchase behaviour and future research directions. International Strategic Management Review, 3(1-2), 128-143. doi:10.1016/j.ism.2015.04.001

Kim, W., & Cha, S. (2021). How attributes of green advertising affect purchase intention: The moderating role of consumer innovativeness. Sustainability, 13(16), 8723.

Kumar, P. (2016). State of green marketing research over 25 years (1990-2014): Literature survey and classification. Marketing Intelligence & Planning, 34(1), 137-158.

Kumar, P., & Ghodeswar, B. M. (2015). Factors affecting consumers' green product purchase decisions. Marketing Intelligence & Planning, 33(3), 330-347.

Leonidou, C. N., Katsikeas, C. S., & Morgan, N. A. (2013). Greening the marketing mix: Do firms do it and does it pay off? Journal of the Academy of Marketing Science, 41(2), 151-170. doi:10.1007/s11747-012-0317-2.

Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2015). The means and end of greenwash. Organization & Environment, 28(2), 223-249.

Mahmoud, T. O. (2018). Impact of green marketing mix on purchase intention. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 5(2), 127-135.

Mukonza, C., & Swarts, I. (2020). The influence of green marketing strategies on business performance and corporate image in the retail sector. Business Strategy and the Environment, 29(3), 838-845.

Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. Communications of the Association for Information Systems, 37(1), 879-910.

Ottman, J. A. (2011). The new rules of green marketing: Strategies, tools, and inspiration for sustainable branding. San Francisco, CA: Berrett-Koehler Publishers.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Panopoulos, A., Poulis, A., Theodoridis, P., & Kalampakas, A. (2023). Influencing green purchase intention through eco labels and user-generated content. Sustainability, 15(1), 764.

Peattie, K., & Crane, A. (2005). Green marketing: Legend, myth, farce or prophesy? Qualitative Market Research: An International Journal, 8(4), 357-370.

Polonsky, M. J. (2011). Transformative green marketing: Impediments and opportunities. Journal of Business Research, 64(12), 1311-1319.

Sarıoğlu, C. İ. (2022). Yeşil ürün algısının ekolojik ürün satın alma davranışına etkisinde çevreye yönelik tutumun aracılık etkisi. Journal of Emerging Economies and Policy, 7(2), 565-577.

Sevin, H., & Onurlubaş, E. (2025). Yeşil pazarlama kapsamında çevresel kaygı, çevresel duyarlılık ve algılanan kalitenin yeşil ürün satın alma niyeti üzerine etkisi. Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(2), 91-105.

Sirieix, L., Delanchy, M., Remaud, H., Zepeda, L., & Gurviez, P. (2013). Consumers' perceptions of individual and combined sustainable food labels: A UK pilot investigation. International Journal of Consumer Studies, 37(2), 143-151.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 104, 333-339.

Szabo, S., & Webster, J. (2021). Perceived greenwashing: The effects of green marketing on environmental and product perceptions. Journal of Business Ethics, 171, 719-739.

Testa, F., Iraldo, F., Vaccari, A., & Ferrari, E. (2015). Why eco-labels can be effective marketing tools: Evidence from a study on Italian consumers. Business Strategy and the Environment, 24(4), 252-265.

Torelli, R., Balluchi, F., & Lazzini, A. (2020). Greenwashing and environmental communication: Effects on stakeholders' perceptions. Business Strategy and the Environment, 29(2), 407-421.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. British Journal of Management, 14(3), 207-222.

Young, W., Hwang, K., McDonald, S., & Oates, C. J. (2010). Sustainable consumption: Green consumer behaviour when purchasing products. Sustainable Development, 18(1), 20-31. doi:10.1002/sd.394.

DİJİTALLEŞEN MUHASEBE MESLEĞİNDE ETİK SORUNLAR: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME

Doktora Öğrencisi, (Eda POLAT)1/ Doç. Dr, (Ferhat BİTLİSLİ) 2

1Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksek Okulu, Muhasebe ve Finansman , 2510237203@ogr.mehmetakif.edu.tr,

ORCID: 0009-0009-4304-0612

2Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksek Okulu, Muhasebe ve Finansal Yönetimi Bölümü, fbitlisli@mehmetakif.edu.tr,

ORCID: 0000-0003-1638-8786

Özet

Muhasebe uygulamalarında dijital teknolojilerin giderek daha fazla kullanılması, mesleki faaliyetlerin yürütülme biçimlerini dönüştürmüş ve etik sorumlulukların yeniden değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşüm sürecinde muhasebe mesleğinde ortaya çıkan etik sorunları kavramsal bir bakış açısı çerçevesinde incelemektir. Bu doğrultuda dijital dönüşümün muhasebe mesleği üzerindeki etkileri, muhasebe uygulamalarında kullanılan başlıca dijital teknolojiler ve muhasebe meslek etiğinin temel ilkeleri ele alınmaktadır. Söz konusu dönüşümün bileşenleri olarak muhasebe yazılımları, bulut bilişim sistemleri, yapay zekâ uygulamaları, blokzincir teknolojisi ve elektronik muhasebe uygulamaları üzerinde özellikle durulmaktadır. Dijitalleşmeyle ilişkili etik sorunlar; veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve hesap verebilirlik, algoritmik karar verme süreçlerinde adalet ile mesleki bağımsızlık ve çıkar çatışmaları olmak üzere dört temel boyutta tartışılmaktadır. Bu boyutlar, teknolojik gelişmelerin muhasebe meslek mensuplarının üstlendikleri sorumluluklar ve mesleki muhakemeleriyle nasıl bir etkileşim içerisinde olduğunu değerlendirmeye yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Yapılan kavramsal değerlendirme, dijital teknolojilerin muhasebe süreçlerini hızlandırma ve finansal bilgilerin işlenmesini kolaylaştırma bakımından çeşitli olanaklar sunmasına rağmen mesleki etik sorumlulukları ortadan kaldırmadığını göstermektedir. Finansal verilerin korunması, teknolojik sistemler tarafından üretilen çıktıların açıklanabilirliği, algoritmik değerlendirmelerin tarafsızlığı ve muhasebe meslek mensuplarının bağımsız mesleki muhakemesi, birbiriyle ilişkili konular olarak öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda dijital sistemlerin insan gözetimi altında kullanılması, muhasebe meslek mensuplarının dijital yetkinliklerinin geliştirilmesi ve etik risklere ilişkin farkındalık düzeylerinin artırılması temel gereklilikler olarak değerlendirilmektedir. Tartışmada, teknolojik verimliliğin gizlilik, tarafsızlık, mesleki yeterlilik ve bağımsızlık ilkeleriyle birlikte ele alınarak değerlendirilmesinin önemi vurgulanmaktadır. Çalışma, muhasebe mesleğinin dijital dönüşümünde ortaya çıkan etik sorunların anlaşılmasına yönelik bütünleşik bir kavramsal çerçeve sunmakta ve dijital teknolojilerin kullanımında etik ilkelerin süregelen önemine dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Muhasebe Mesleği, Meslek Etiği, Yapay Zekâ, Etik Sorunlar.

ETHICAL ISSUES IN THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ACCOUNTING PROFESSION: A CONCEPTUAL ASSESSMENT

PhD Student, (Eda POLAT)1/ Assoc. Prof. Dr, (Ferhat BİTLİSLİ)2

1Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Zeliha Tolunay School of Applied Technology and Management, Accounting and Finance, 2510237203@ogr.mehmetakif.edu.tr,

ORCID: 0009-0009-4304-0612

2Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Zeliha Tolunay School of Applied Technology and Management, Department of Accounting and Financial Management, fbitlisli@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1638-8786

Abstract

The growing use of digital technologies in accounting practices has transformed professional activities and created a need to reconsider ethical responsibilities. This study aims to examine the ethical issues arising in the accounting profession during digital transformation from a conceptual perspective. To this end, it addresses the effects of digital transformation on the accounting profession, the major technologies used in accounting practices, and the fundamental principles of professional accounting ethics. Particular attention is given to accounting software, cloud computing, artificial intelligence, blockchain technology, and electronic accounting applications as components of this transformation. Ethical issues associated with digitalization are discussed across four dimensions: data security and confidentiality, transparency and accountability, fairness in algorithmic decision-making, and professional independence and conflicts of interest. These dimensions provide a framework for considering how technological developments interact with accountants' responsibilities and professional judgment. The conceptual assessment indicates that, although digital technologies offer opportunities to accelerate accounting processes and facilitate the processing of financial information, they do not eliminate professional ethical responsibilities. The protection of financial data, the explainability of technology-generated outputs, the impartiality of algorithmic assessments, and accountants' independent professional judgment emerge as interrelated concerns. Accordingly, maintaining human oversight of digital systems, developing accounting professionals' digital competencies, and increasing awareness of ethical risks are essential considerations. The discussion emphasizes the importance of evaluating technological efficiency together with confidentiality, objectivity, professional competence, and independence. The study provides an integrated conceptual framework for understanding ethical issues in the digital transformation of the accounting profession and highlights the continuing importance of ethical principles in the use of digital technologies.

Keywords: Digitalization, Accounting Profession, Professional Ethics, Artificial Intelligence, Ethical Issues

GİRİŞ

Dijital teknolojilerin gelişmesi ve iş süreçlerinde giderek daha fazla kullanılması, muhasebe mesleğinin faaliyet alanlarında ve çalışma biçimlerinde önemli değişikliklere yol açmıştır. Geleneksel olarak kayıt tutma, sınıflandırma ve raporlama işlevleriyle ilişkilendirilen muhasebe uygulamaları, günümüzde dijital sistemlerin sunduğu imkânlarla daha geniş bir yapıya kavuşmuştur. Özellikle yapay zekâ, bulut bilişim ve blokzincir gibi teknolojilerin muhasebe süreçlerine dâhil edilmesi, finansal bilgilerin işlenmesini ve değerlendirilmesini kolaylaştırırken meslek mensuplarının görev ve sorumluluklarını da etkilemektedir. Bu değişim, muhasebe mesleğinde teknolojik bilgi ve becerilerin önemini artırmakta, mesleki faaliyetlerin değişen koşullara uyum sağlayacak biçimde yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Pargmann vd., 2023; Tiron-Tudor vd., 2022).

Dijitalleşmenin muhasebe uygulamalarına sağladığı kolaylıklar, beraberinde bazı etik sorunları da gündeme getirmektedir. Finansal bilgilerin elektronik ortamlarda saklanması ve paylaşılması, veri güvenliği ve gizlilik bakımından çeşitli riskler oluştururken yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımı, mesleki kararların nasıl oluşturulduğu ve bu kararlardan kimin sorumlu olduğu sorularını ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanında algoritmik değerlendirmelerin tarafsızlığı, teknolojik sistemlere aşırı bağımlılık ve mesleki bağımsızlığın korunması da dijital dönüşüm sürecinde üzerinde durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Dolayısıyla teknolojik gelişmelerin muhasebe mesleğine etkilerinin yalnızca işlemlerin hızlanması ve verimliliğin artması açısından ele alınması yeterli görülmemekte, bu gelişmelerin mesleki etik ilkeler üzerindeki etkilerinin de değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Bellikli, 2024: 2-3; Lehner vd., 2022: 109-110).

Bu çalışmanın amacı, dijitalleşme sürecinde muhasebe mesleğinde ortaya çıkan etik sorunları kavramsal açıdan incelemek ve söz konusu sorunları muhasebe meslek etiğinin temel ilkeleri çerçevesinde değerlendirmektir. Bu doğrultuda öncelikle dijitalleşmenin muhasebe mesleğine etkileri ve muhasebe uygulamalarında kullanılan dijital teknolojiler ele alınmakta, ardından etik kavramı ve muhasebe meslek etiğinin temel ilkeleri açıklanmaktadır. Çalışmanın devamında ise dijital dönüşüm sürecinde karşılaşılan etik sorunlar; veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve hesap verebilirlik, algoritmik karar verme süreçlerinde adalet ile mesleki bağımsızlık ve çıkar çatışmaları başlıkları altında incelenmektedir. Böylece dijitalleşmeyle birlikte değişen muhasebe uygulamalarının mesleki etik bakımından ortaya çıkardığı sorunların bir bütün olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

1. DİJİTALLEŞME VE MUHASEBE MESLEĞİ

Dijitalleşmenin gelişim süreci, sanayi devrimleriyle birlikte yaşanan teknolojik dönüşümler çerçevesinde değerlendirilebilir. Mekanik üretimin ön plana çıktığı Birinci Sanayi Devrimi ve elektrik enerjisinin kullanımıyla seri üretimin yaygınlaştığı İkinci Sanayi Devrimi'nin ardından, Üçüncü Sanayi Devrimi ile elektronik sistemler ve bilgi teknolojileri üretim süreçlerinde daha belirgin hâle gelmiştir. Bilgi teknolojilerindeki ilerlemeler ve otomasyonun yaygınlaşması, dijitalleşmenin gelişimine önemli bir zemin hazırlamış ve dijital teknolojilerin zaman içerisinde farklı alanlarda daha yoğun biçimde kullanılmasını beraberinde getirmiştir (Mert, Güner & Duyar, 2022).

Bu dönüşüm, Dördüncü Sanayi Devrimi ile birlikte daha ileri bir boyuta ulaşmış; nesnelerin interneti ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojilerin gelişmesiyle fiziksel ve dijital süreçler arasındaki etkileşim güçlenmiştir (Xu vd., 2018). Yapay zekâ gibi akıllı teknolojilerin bu yapıya dâhil olması ise dijital ve fiziksel sistemlerin daha bütünleşik biçimde çalışmasına katkı sağlamıştır (Radanliev vd., 2022). Bu doğrultuda dijitalleşme, yalnızca analog veya fiziksel unsurların dijital biçime dönüştürülmesiyle sınırlı kalmamakta; dijital teknolojilerin benimsenmesi ve kullanılmasıyla iş süreçlerinin ve çalışma biçimlerinin yeniden şekillenmesini ifade eden daha kapsamlı bir dönüşümü içermektedir (Gradillas & Thomas, 2025).

Dijital teknolojilerin iş süreçlerine giderek daha fazla dâhil olması, muhasebe alanında da geleneksel uygulamaların dönüşmesine neden olmuştur. Özellikle verilerin elektronik ortamda üretilmesi, işlenmesi ve saklanması, muhasebe faaliyetlerinin teknolojiyle daha bütünleşik bir yapıda yürütülmesine olanak sağlamıştır. Bu gelişmeler sonucunda muhasebe süreçleri yalnızca kayıtların dijital ortama aktarılmasıyla sınırlı kalmamış; verilerin işlenmesi, analiz edilmesi ve raporlanması gibi faaliyetler de dijital teknolojilerin etkisiyle yeniden şekillenmeye başlamıştır. Dolayısıyla dijitalleşme, muhasebenin işleyişinde kullanılan araçları değiştirmekle birlikte, muhasebe faaliyetlerinin gerçekleştirilme biçiminde de kapsamlı bir dönüşümü beraberinde getirmiştir (Pargmann vd., 2023).

Muhasebe alanındaki dijital dönüşümün kapsamı, teknolojik yeniliklerin çeşitlenmesiyle birlikte giderek genişlemektedir. Bulut bilişim, büyük veri, robotik süreç otomasyonu, blokzincir ve yapay zekâ gibi teknolojilerin muhasebe süreçlerinde kullanılmaya başlanması, rutin ve tekrarlayan işlemlerin otomatikleştirilmesine ve finansal verilerin daha etkin biçimde işlenmesine imkân sağlamaktadır. Bu teknolojiler, muhasebe faaliyetlerinin gerçekleştirilme biçimini değiştirmenin yanı sıra bilgiye erişim, veri analizi ve finansal karar süreçlerinde dijital araçların önemini de artırmaktadır (Tiron-Tudor, Donțu & Bresfelean, 2022).

Teknolojik gelişmelerin muhasebe faaliyetlerinde meydana getirdiği değişim, meslek mensuplarının üstlendiği görev ve sorumlulukların da dönüşmesine yol açmaktadır. Özellikle rutin işlemlerin dijital sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmesi, muhasebe meslek mensuplarının geleneksel kayıt tutma işlevlerinin yanında teknoloji kullanımı, veri analizi ve karar süreçlerine katkı sağlayabilecek yeni yetkinliklere sahip olmalarını gerekli hâle getirmektedir. Bu nedenle dijitalleşme sürecinde mesleki yeterliliklerin yalnızca muhasebe bilgisiyle sınırlandırılması mümkün görünmemekte; dijital teknolojileri anlayabilme, kullanabilme ve değişen çalışma koşullarına uyum sağlayabilme becerileri de mesleki yetkinliğin önemli bir parçası hâline gelmektedir (Faizal vd., 2022). Bu çerçevede dijitalleşme, muhasebe mesleğinde yalnızca teknolojik araçların kullanımının yaygınlaşması olarak değil, mesleki faaliyetlerin, çalışma biçimlerinin ve meslek mensuplarından beklenen yetkinliklerin değişimini kapsayan bütüncül bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilebilir. Teknolojinin muhasebe süreçlerine giderek daha fazla entegre olması, mesleğin mevcut yapısını etkilerken gelecekte muhasebe meslek mensuplarının üstleneceği rollerin de yeniden şekillenmesine zemin hazırlamaktadır (Pargmann vd., 2023; Faizal vd., 2022).

1.1. Muhasebe Mesleğinde Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm, muhasebe mesleğinin geleneksel uygulama biçimlerini değiştirerek mesleki süreçlerin elektronik ortamda yürütüldüğü yeni bir yapının gelişmesine zemin hazırlamıştır. Geçmişte kâğıt ve fiziki defterler üzerinden gerçekleştirilen muhasebe işlemlerinin önemli bir bölümü, teknolojik gelişmelerle birlikte dijital ortama taşınmıştır. Bu süreçte e-fatura, e-defter ve e-beyanname gibi elektronik uygulamaların yaygınlaşması, muhasebe faaliyetlerinin yürütülme biçimini önemli ölçüde dönüştürmüştür. Böylece dijitalleşme, yalnızca kullanılan araçların değişmesini değil, aynı zamanda muhasebe mesleğinin işleyişinin ve meslek mensuplarının çalışma biçimlerinin yeniden şekillenmesini beraberinde getirmiştir (Karaca & Gümüş, 2023: 289). Bu gelişmeler doğrultusunda muhasebe alanındaki dijital dönüşüm, uzun yıllara yayılan ve teknolojik ilerlemelere paralel olarak devam eden kapsamlı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir. İnternet tabanlı teknolojilerin muhasebe uygulamalarına dâhil edilmesi, muhasebe işlemlerinin yeniden yapılandırılmasına ve geleneksel işleyişin önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur. Geçmişte fiziki defterler aracılığıyla gerçekleştirilen kaydetme, sınıflandırma ve raporlama gibi temel muhasebe işlevleri, günümüzde dijital sistemler ve yapay zekâ destekli uygulamalar aracılığıyla daha hızlı ve etkin biçimde yürütülebilmektedir. Bilgi ve kayıtlara kısa sürede erişilebilmesi, elde edilen çıktıların ortak standartlar doğrultusunda denetlenebilmesi ve farklı kayıtlarla daha kolay karşılaştırılabilmesi, muhasebe bilgi sistemlerinin etkinliğini artırmıştır. Bunun yanı sıra işletmeyle ilişkili tarafların hak ve menfaatlerinin korunmasına katkı sağlayan bu gelişmeler, dijital dönüşümün muhasebe bilgi sistemleri üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (Ülker ve Eker, 2024: 320). Muhasebe süreçlerinde yaşanan bu

değişimlerin yalnızca uygulama biçimleriyle sınırlı kalmayacağı, aynı zamanda muhasebe mesleğinin yapısını, meslek mensuplarından beklenen yetkinlikleri ve sunulan hizmetlerin niteliğini de önemli ölçüde etkileyeceği öngörülmektedir. Bu kapsamda dijital dönüşüm ve teknolojik gelişmelerin muhasebe mesleği üzerindeki olası etkileri şu şekilde sıralanabilir (Tekbaş, 2019: 113):

- Meslek mensupları tarafından yürütülen rutin muhasebe işlemlerinin giderek dijital sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmesi,
- Muhasebe eğitiminde geleneksel alanların yanı sıra dijital muhasebe uygulamaları ve teknolojik yetkinliklere daha fazla ağırlık verilmesi,
- Meslek mensuplarının vergi mevzuatı ve muhasebe bilgisine ek olarak bilişim teknolojileri konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olmalarının önem kazanması,
- Teknolojik gelişmeler doğrultusunda meslek mensupları için mali mühendislik gibi yeni uzmanlık ve kariyer alanlarının ortaya çıkması,
- Muhasebe mesleğinde kayıt tutmaya dayalı geleneksel faaliyetlerin yanında denetim ve danışmanlık hizmetlerinin daha fazla ön plana çıkması,
- Bulut tabanlı muhasebe sistemlerinin yaygınlaşmasıyla işletmelerin ihtiyaç duydukları finansal bilgilere zaman ve mekândan bağımsız olarak erişebilmesi,
- Kâğıt belge ve fiziki arşivleme uygulamalarının azalmasıyla kayıtların saklanması ve arşivlenmesinden kaynaklanan zaman ve maliyetlerin düşürülmesi,
- İnternet tabanlı muhasebe sistemlerinin yaygınlaşmasına bağlı olarak siber güvenlik önlemlerinin, veri gizliliğinin ve kişisel bilgilerin korunmasının daha önemli hâle gelmesi,
- Geleneksel muhasebe işlemlerinin bir bölümünün sanal muhasebe uygulamaları ve otomatik sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmesi,
- Blokzincir teknolojisinin gelişimiyle geleneksel muhasebe defterlerinin yerini dijital kayıt ve defter sistemlerinin alması.

Sonuç olarak dijital dönüşüm, muhasebe mesleğinin işleyişini ve meslek mensuplarının üstlendiği rolleri yeniden şekillendirirken, bu değişimin temelinde yer alan dijital teknolojilerin muhasebe uygulamalarındaki kullanımını da giderek daha önemli hâle getirmektedir.

1.2. Muhasebe Uygulamalarında Dijital Teknolojilerin Kullanımı

Dijital teknolojilerin muhasebe alanında yaygınlaşması, geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen birçok işlemin elektronik sistemler üzerinden yürütülmesini mümkün hâle getirmiştir. Bu doğrultuda gelişen dijital muhasebe, finansal nitelikteki işlemlerin teknolojik araçlardan yararlanılarak kaydedilmesi, işlenmesi ve raporlanmasına dayanan yeni bir uygulama biçimini ifade etmektedir. İnternet teknolojileriyle başlayan bu değişim; yapay zekâ, blokzincir, bulut bilişim, büyük veri ve Endüstri 4.0 gibi teknolojilerin muhasebe uygulamalarına dâhil edilmesiyle daha kapsamlı bir boyut kazanmıştır. Söz konusu teknolojiler, muhasebe süreçlerinin daha hızlı ve düşük hata riskiyle gerçekleştirilmesine olanak sağlarken mesleki faaliyetlerin yürütülme biçimini de önemli ölçüde değiştirmiştir. Özellikle robotik süreç otomasyonunun tekrarlayan ve rutin işlemlerde kullanılması, bu işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayarak zaman tasarrufuna katkıda bulunmakta ve insan kaynaklı hata olasılığını azaltmaktadır. Böylece dijital teknolojilerin muhasebe uygulamalarında kullanılması, işlemlerin etkinliğinin artırılmasının yanı sıra muhasebe bilgilerinin doğruluğu ve güvenilirliğinin geliştirilmesi açısından da önem taşımaktadır (Ülker ve Eker, 2024: 323).

1.2.1. Muhasebe Yazılımları

Bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, muhasebe işlemlerinde kullanılan bilgisayar ve yazılımların işlevlerinin zaman içerisinde önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur. Geçmişte muhasebe işlemlerinin belirli bölümlerinde kullanılan ve çoğunlukla genel muhasebe işlemlerini gerçekleştirmeye yönelik olan yazılımlar,

teknolojik ilerlemelerle birlikte daha kapsamlı ve bütünleşik sistemlere dönüşmüştür. Bu gelişim sonucunda Yönetim Bilgi Sistemi'nin bir alt sistemi olarak değerlendirilen Muhasebe Bilgi Sistemi, işletmenin diğer bilgi sistemleriyle bütünleşik biçimde çalışabilir hâle gelmiştir. Böylece muhasebe yazılımları yalnızca belirli işlemlerin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesini sağlayan araçlar olmaktan çıkarak, muhasebe süreçleri arasında veri aktarımını ve işlemlerin otomatik olarak yürütülmesini destekleyen entegre sistemler hâline gelmiştir. Günümüzde ise gelişmiş donanım ve yazılım olanaklarının kullanılmasıyla muhasebe uygulamalarının bilgisayar destekli ve daha yüksek düzeyde otomasyona dayalı olarak yürütülmesi mümkün hâle gelmiştir (Şençiçek, 2013: 80).

Muhasebe yazılımlarının işlevlerinin genişlemesi, finansal işlemlerin yürütülme biçiminin yanı sıra meslek mensuplarından beklenen yetkinlikleri de değiştirmiştir. Bilgisayar tabanlı muhasebe sistemlerinin işletmelerde yaygınlaşmasıyla finansal işlemlerin elektronik ortamda gerçekleştirilmesi daha fazla önem kazanmıştır. Bu durum, muhasebe meslek mensuplarının geleneksel muhasebe bilgilerini teknolojik becerilerle desteklemelerini gerekli hâle getirmektedir. Dolayısıyla meslek mensuplarının muhasebe yazılımlarını etkin biçimde kullanabilmeleri ve bilgi teknolojileri alanındaki yetkinliklerini sürekli geliştirmeleri, mesleki gerekliliklerden biri hâline gelmektedir (Tijani ve Mohammed, 2013: 13).

1.2.2. Bulut Bilişim Sistemleri

Bulut bilişim, internet altyapısından yararlanılarak çeşitli bilişim kaynaklarına ve hizmetlerine uzaktan erişilmesine imkân sağlayan teknoloji temelli bir hizmet modeli olarak değerlendirilmektedir. Bu yapıda "bulut" kavramı, kullanıcıların ihtiyaç duyduğu veri ve dosyaların ağ üzerinde depolandığı ve erişilebilir hâle getirildiği ortamı ifade etmektedir. Bulut bilişim sayesinde bilgisayar, tablet veya mobil cihazlar üzerinden fiziksel bir depolama alanına ya da cihaz üzerinde kurulu belirli bir yazılıma bağlı kalmaksızın uzak sunucularda bulunan uygulama, veri ve hizmetlere internet aracılığıyla erişilebilmektedir. Bu özellikleriyle bulut bilişim, bilişim hizmetlerinin daha hızlı ve düşük maliyetle sunulmasına olanak sağlayan esnek bir teknolojik yapı olarak öne çıkmaktadır (Molen, 2010: 4; Kavzoğlu ve Şahin, 2012: 17).

Bulut bilişim teknolojilerinin muhasebe alanında kullanılması, geleneksel muhasebe uygulamalarının internet tabanlı bir yapıya dönüşmesine ve bulut muhasebe kavramının gelişmesine zemin hazırlamıştır. Bulut muhasebe sistemleri, muhasebe verilerinin internet üzerinden işlenmesine ve saklanmasına olanak sağlarken işletme yöneticileri ile muhasebe meslek mensuplarının finansal bilgilere farklı yerlerden erişebilmesine imkân tanımaktadır. Ayrıca bulut tabanlı muhasebe yazılımları, işletmelerin bilgi teknolojilerine yönelik yatırım ve faaliyet maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlayabilmekte ve muhasebe süreçlerinin daha esnek bir yapıda yürütülmesini desteklemektedir (Taşar ve Demir, 2020: 52).

Bulut tabanlı muhasebe sistemlerinin kullanımı, muhasebe bilgilerinin yalnızca saklanma ve işlenme biçimini değil, aynı zamanda meslek mensupları ile işletmeler arasındaki bilgi paylaşımını da değiştirmektedir. İnternet bağlantısı aracılığıyla finansal verilere farklı konumlardan ve güncel biçimde erişilebilmesi, muhasebe bilgilerinin karar alma süreçlerinde daha etkin biçimde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bunun yanı sıra bulut tabanlı uygulamalar, muhasebe meslek mensupları ile işletmeler arasındaki veri ve belge aktarımını kolaylaştırarak iş birliği ve iletişimin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Böylece geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen belge aktarımından kaynaklanan zaman ve maliyetlerin azaltılması mümkün olurken, meslek mensuplarının işletmelere daha güncel finansal bilgiler sunabilmesi de kolaylaşmaktadır (Dimitriu ve Matei, 2015: 670).

1.2.3. Yapay Zeka Teknolojileri

Yapay zekâ, bilgisayar sistemlerinin insan zekâsına özgü düşünme, öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi işlevleri belirli ölçülerde yerine getirebilmesini sağlayan teknolojik sistemleri ifade etmektedir. Makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları, doğal dil işleme ve robotik gibi farklı teknolojileri bünyesinde

barındıran yapay zekâ, günümüzde birçok alanda olduğu gibi muhasebe uygulamalarında da giderek daha fazla kullanılmaktadır. Muhasebe süreçlerinin yoğun veri içermesi ve tekrarlayan işlemlerin önemli bir yer tutması, yapay zekâ uygulamalarının bu alanda kullanılmasını önemli hâle getirmektedir. Nitekim yapay zekâ teknolojileri, muhasebe alanında insan emeği ve zaman kullanımının yoğun olduğu süreçlerin otomatikleştirilmesine ve mesleki uygulamalarda daha etkin bir işleyişin oluşturulmasına katkı sağlayabilmektedir (Abdioğlu ve Daştan, 2024: 2-4).

Yapay zekâ teknolojilerinin muhasebe süreçlerine dâhil edilmesi, özellikle yoğun veri kullanımına dayanan ve tekrarlayan nitelikteki işlemlerin daha etkin biçimde yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Yapay zekâ tabanlı sistemler; rutin işlemlerin otomatikleştirilmesi, belgelerin elektronik ortamda sisteme aktarılması ve sınıflandırılması, elde edilen verilerin işlenmesi ve muhasebe bilgilerinin doğruluğunun artırılması gibi farklı işlevlerde kullanılabilmektedir. Bunun yanı sıra çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgilerin analiz edilmesi ve yorumlanması, yapay zekânın muhasebe ve finans süreçlerindeki kullanım alanlarını genişletmektedir. Bu uygulamalar, insan kaynaklı hataların azaltılmasına katkı sağlarken muhasebe işlemlerinin gerçekleştirilmesinde zaman ve maliyet açısından da avantaj sağlayabilmektedir. Bu yönüyle yapay zekâ, muhasebe süreçlerinin daha etkin yürütülmesini destekleyen teknolojik araçlardan biri hâline gelmektedir (Güney ve Özcan, 2025: 4-5).

Yapay zekânın muhasebe süreçlerine sağladığı katkılar yalnızca işlemlerin otomatikleştirilmesiyle sınırlı değildir. Yapay zekâ destekli uygulamalar hata olasılığının azaltılması, muhasebe bilgilerinin doğruluğunun geliştirilmesi, finansal risklerin değerlendirilmesi ve olası usulsüzlüklerin belirlenmesi gibi alanlarda da kullanılabilmektedir. Bununla birlikte yapay zekâ sistemlerinin muhasebede yaygınlaşması, meslek mensuplarının rolünün tamamen ortadan kalkmasından ziyade görevlerinin niteliğinde bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Rutin ve tekrarlayan faaliyetlerin teknolojik sistemler tarafından gerçekleştirilmesi, muhasebe meslek mensuplarının analiz, yorumlama, danışmanlık ve karar alma süreçlerine daha fazla odaklanmasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle meslek mensuplarının yapay zekâ teknolojilerini kullanabilecek bilgi ve becerileri edinmeleri, teknolojik gelişmelere uyum sağlayabilmeleri açısından giderek daha önemli hâle gelmektedir (Zamain ve Subramanian, 2024: 850, 855).

1.2.4. Blokzincir (Blockchain) Teknolojisi

Blokzincir, işlemlerin merkezi bir otoriteye ihtiyaç duyulmaksızın ağdaki katılımcılar arasında kaydedilmesine ve paylaşılmasına olanak sağlayan dağıtık bir kayıt teknolojisidir. Sistemde gerçekleştirilen işlemler bloklar hâlinde kaydedilmekte ve bu bloklar birbirine bağlanarak zincir biçiminde bir kayıt yapısı oluşturmaktadır. Kayıtların ağdaki katılımcılar arasında paylaşılması ve tek taraflı olarak değiştirilmesinin güç olması; blokzincirin güvenilirlik, şeffaflık ve izlenebilirlik açısından öne çıkmasını sağlamaktadır. Başlangıçta Bitcoin ile gündeme gelen bu teknoloji, zaman içerisinde dijital para uygulamalarının ötesine geçerek farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Uysal ve Kurt, 2018: 469-470).

Blokzincir teknolojisinin muhasebede kullanılması, finansal işlemlerin daha şeffaf ve izlenebilir biçimde kaydedilmesine ve kontrol edilmesine katkı sağlayabilmektedir. Dağıtık defter yapısı ve kayıtların değiştirilmesine karşı korunan niteliği, muhasebe bilgilerinin güvenilirliğini desteklerken; gerçek zamanlı muhasebe, üç taraflı kayıt sistemi ve sürekli denetim gibi uygulamaların gelişmesine de olanak sağlamaktadır (Özkul ve Alkan, 2020: 219-220; Han vd., 2023: 1-2). Bununla birlikte blokzincirin muhasebe alanında yaygınlaşması, meslek mensuplarının teknolojik gelişmelere uyum sağlamalarını ve bu sistemleri kullanabilecek düzeyde teknik bilgi ve beceri kazanmalarını gerekli hâle getirmektedir (Kılınç, 2020: 989-990).

1.2.5. Hazine ve Maliye Bakanlığı E-uygulamaları

Türkiye'de muhasebe alanındaki dijital dönüşümün önemli bileşenlerinden birini, Hazine ve Maliye Bakanlığına bağlı Gelir İdaresi Başkanlığı (GİB) tarafından yürütülen elektronik uygulamalar oluşturmaktadır. Vergisel işlemlerin elektronik ortama taşınmasıyla başlayan bu süreç, e-Fatura, e-Defter, e-Arşiv Fatura, e-İrsaliye ve e-

Beyanname gibi uygulamaların yaygınlaşmasıyla daha kapsamlı bir yapıya ulaşmıştır. Söz konusu uygulamalar, muhasebe belgelerinin düzenlenmesi, iletilmesi ve kayıtların tutulması gibi işlemlerin elektronik ortamda gerçekleştirilmesine olanak sağlayarak geleneksel muhasebe süreçlerinin dönüşümünü desteklemektedir (Bulut ve Akbaba, 2024: 3; Tektüfekçi, 2017: 79-81).

Elektronik uygulamalar kapsamında e-Beyanname sistemi, vergisel yükümlülüklere ilişkin beyannamelerin internet üzerinden gönderilmesini sağlayarak vergi dairelerinde fiziki olarak yürütülen işlemlerin elektronik ortama taşınmasına katkıda bulunmaktadır (Gençtürk ve Çarıkçı, 2008: 99). Bunun yanı sıra Defter-Beyan Sistemi, muhasebe kayıtlarının internet bağlantısı bulunan farklı ortamlardan tutulabilmesine imkân tanımaktadır. Bu sistemler, muhasebe meslek mensuplarının işlemlerini elektronik ortamda gerçekleştirmelerini kolaylaştırırken mesleki faaliyetlerin yürütülme biçiminde de değişiklikler meydana getirmektedir (Altunal ve Özbek, 2024: 128).

Elektronik uygulamaların yaygınlaşması, muhasebe süreçlerinde zaman ve maliyet açısından çeşitli avantajlar sağlamakla birlikte meslek mensuplarının teknolojik sistemlere uyumunu da gerekli kılmaktadır. Bu uygulamaların sağladığı faydalara ilişkin değerlendirmeler farklılık gösterebilmekte ve uygulama süreçlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşılabilmektedir. Bununla birlikte elektronik sistemlerin kullanım kolaylığı ve sağladığı faydalar, meslek mensuplarının bu uygulamalara yönelik değerlendirmelerinde öne çıkan unsurlar arasında yer almaktadır (Ulusan ve Bozkurt, 2021: 1; Altunal ve Özbek, 2024: 142).

2. ETİK KAVRAMI VE MUHASEBE MESLEK ETİĞİ

Etik, bireylerin davranışlarını iyi ve kötü, doğru ve yanlış açısından değerlendiren, ahlaki değerlerin ve davranış ilkelerinin dayanaklarını inceleyen felsefi bir kavramdır. Etik ve ahlak kavramları birbiriyle yakından ilişkili olmakla birlikte ahlak, toplumsal yaşamda benimsenen davranış kurallarını ifade ederken etik, bu kuralların dayandığı ilkelerin sorgulanması ve değerlendirilmesiyle ilgilenmektedir. Bu yönüyle etik, bireylerin davranışlarının belirli değerler çerçevesinde değerlendirilmesine temel oluşturmaktadır (Akbaba, 2018: 763-764; Akın ve Özdaşlı, 2014: 59).

Etik ilkelerin mesleki faaliyetlere uyarlanmasıyla ortaya çıkan meslek etiği, meslek mensuplarının görevlerini yerine getirirken uymaları beklenen davranış kurallarını ve sorumluluklarını kapsamaktadır. Muhasebe meslek etiği ise finansal bilgilerin doğru ve güvenilir biçimde sunulmasının yanı sıra meslek mensuplarının müşterilerine, ilgili kurumlara ve topluma karşı sorumluluklarını etik ilkeler doğrultusunda yerine getirmelerini ifade etmektedir. Muhasebe mesleğinin kamu yararıyla ilişkili olması, mesleki kararların yalnızca kişisel veya müşteri çıkarları doğrultusunda değil, finansal bilgi kullanıcılarının güveni gözetilerek alınmasını da gerekli kılmaktadır (Akbaba, 2018: 765; Tudor, 2013: 932).

Muhasebe meslek etiğinin temelini dürüstlük, tarafsızlık, mesleki yeterlilik ve özen, gizlilik ile mesleki davranış ilkeleri oluşturmaktadır. Dürüstlük, mesleki ilişkilerde doğru ve güvenilir davranılmasını; tarafsızlık, önyargıların ve dış baskıların mesleki kararları etkilememesini ifade etmektedir. Mesleki yeterlilik ve özen, faaliyetlerin gerekli bilgi ve dikkatle yürütülmesini; gizlilik, mesleki süreçlerde edinilen bilgilerin yetkisiz biçimde açıklanmamasını; mesleki davranış ise yasal düzenlemelere uyulmasını ve mesleğin itibarının korunmasını kapsamaktadır (Akın ve Özdaşlı, 2014: 65; Kefe, 2023: 962-965).

Muhasebe mesleğinde etik ilkelere bağlılık, finansal bilgilerin güvenilirliğinin sağlanması ve mesleğe duyulan toplumsal güvenin korunması açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte meslek mensupları, görevlerini yerine getirirken kişisel çıkarlar, müşteri beklentileri ve mesleki sorumluluklar arasında etik ikilemlerle karşılaşabilmektedir. Bu nedenle etik davranışın yalnızca belirlenmiş kurallara uyumla sınırlı olmadığı, mesleki kararların oluşturulmasında kamu yararının ve mesleki sorumlulukların da gözetilmesini gerektirdiği belirtilmektedir (Tudor, 2013: 930-932; Yenisu ve Tanç, 2021: 1303-1304).

3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE MUHASEBE MESLEK ETİĞİNE İLİŞKİN SORUNLAR

Muhasebe mesleğinde dijital teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması, mesleki faaliyetlerin yürütülme biçimini değiştirirken mevcut etik sorumlulukların yeni koşullar çerçevesinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle yapay zekâ destekli uygulamaların muhasebe süreçlerine dâhil edilmesi, işlemlerin hızını ve etkinliğini artırmakla birlikte mesleki etik ilkelerin uygulanması bakımından çeşitli riskleri de beraberinde getirmektedir. Dijital ortamda finansal bilgilerin işlenmesi ve mesleki kararların teknolojik sistemlerle desteklenmesi, etik sorumlulukların yalnızca teknik işleyiş açısından değil, meslek mensuplarının üstlendikleri yükümlülükler açısından da ele alınmasını gerektirmektedir (Bellikli, 2024: 3; Fülöp vd., 2025: 1-2).

Dijitalleşme sürecinde karşılaşılan etik sorunlar, birbirleriyle ilişkili olmakla birlikte farklı boyutlarda ortaya çıkabilmektedir. Bu çerçevede dijital dönüşüm sürecinde muhasebe meslek etiğine ilişkin sorunlar, veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve hesap verebilirlik, algoritmik karar verme süreçlerinde adalet ile mesleki bağımsızlık ve çıkar çatışmaları olmak üzere dört temel boyutta ele alınmaktadır. Bu sorunların incelenmesi, dijital dönüşüm sürecinde muhasebe meslek mensuplarının karşılaşabilecekleri etik risklerin ve mesleki sorumluluklarının daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Özkan, 2025: 558-559; Bellikli, 2024: 2-3).

3.1. Veri güvenliği ve gizlilik

Muhasebe faaliyetlerinin dijital ortama taşınması, işletmelere ve müşterilere ait finansal bilgilerin korunmasını mesleki etik açısından daha önemli hâle getirmiştir. Muhasebe bilgi sistemlerinde saklanan verilerin yetkisiz kişiler tarafından ele geçirilmesi, değiştirilmesi veya erişilemez duruma gelmesi, bilgi güvenliğinin yanı sıra meslek mensuplarının gizlilik yükümlülükleri bakımından da risk oluşturmaktadır. Özellikle kimlik avı saldırıları, fidye yazılımları ve kurum içinden kaynaklanan güvenlik ihlalleri, dijital muhasebe sistemlerinde finansal bilgilerin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini tehdit eden unsurlar arasında yer almaktadır (Morshed ve Khrais, 2025: 2-3).

Bulut tabanlı muhasebe uygulamalarının kullanılması, finansal verilerin farklı ortamlardan erişilebilir olmasını sağlamakla birlikte bilgilerin üçüncü taraf hizmet sağlayıcıların sistemlerinde saklanmasından kaynaklanan gizlilik sorunlarını da gündeme getirmektedir. Bu durum, muhasebe meslek mensuplarının müşteri bilgileri üzerindeki kontrolünü sürdürmesini ve kullanılan sistemlerin güvenilirliğini değerlendirmesini gerekli kılmaktadır. Bulut ortamında veri güvenliğinin sağlanabilmesi açısından yetkisiz erişimlerin önlenmesi, verilerin şifrelenmesi, düzenli yedekleme yapılması ve hizmet sağlayıcıların güvenlik uygulamalarının değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Atadoga vd., 2024: 67-68). Bununla birlikte bulut muhasebesinin benimsenmesinde veri güvenliği ve gizliliğin belirleyici unsurlar arasında yer alması, finansal bilgilerin korunmasının teknolojik olduğu kadar kurumsal bir sorumluluk niteliği taşıdığını göstermektedir (Phu vd., 2025: 1-3). Dijital muhasebe sistemlerinde veri güvenliğinin sağlanması yalnızca teknik önlemlerle sınırlı değildir. Meslek mensuplarının finansal bilgilere erişim yetkilerini dikkatli kullanmaları, müşteri bilgilerinin izinsiz paylaşılmasını önlemeleri ve olası güvenlik risklerine karşı gerekli mesleki özeni göstermeleri de gizlilik ilkesinin korunması açısından önemlidir. Bu çerçevede çalışanların siber güvenlik konusunda bilinçlendirilmesi, erişim kontrollerinin uygulanması ve güvenlik uygulamalarının düzenli biçimde değerlendirilmesi, dijital muhasebe sistemlerinin güvenilirliğini destekleyen unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Morshed ve Khrais, 2025: 3-4; Atadoga vd., 2024: 69). Dolayısıyla dijitalleşme sürecinde veri güvenliği ve gizlilik, yalnızca kullanılan teknolojilerin güvenilirliğiyle değil, muhasebe meslek mensuplarının etik sorumluluklarını yerine getirmeleriyle de doğrudan ilişkili olmaktadır.

3.2. Şeffaflık ve hesap verebilirlik

Muhasebe süreçlerinde dijital teknolojilerin kullanılması, finansal bilgilerin oluşturulması ve değerlendirilmesinde şeffaflık ilkesinin önemini artırmaktadır. Geleneksel muhasebe uygulamalarında işlemlerin dayanakları kayıtlar ve mesleki değerlendirmeler üzerinden izlenebilirken yapay zekâ destekli sistemlerde

finansal sonuçların algoritmik süreçlerle üretilmesi, bu sonuçların nasıl elde edildiğinin anlaşılmasını güçleştirebilmektedir. Özellikle karmaşık algoritmaların karar mekanizmalarının yeterince açıklanamaması, finansal bilgilerin doğrulanabilirliği ve denetlenebilirliği açısından etik sorunlar ortaya çıkarmaktadır (Keskin ve Aktaş, 2026: 227-228; Lehner vd., 2022: 109-110).

Dijital muhasebe uygulamalarında şeffaflığın sağlanması, yalnızca elde edilen sonuçların sunulmasını değil, bu sonuçlara ulaşılmasında kullanılan yöntemlerin ve karar süreçlerinin de anlaşılabilir olmasını gerektirmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin işleyişinin yeterince açık olmaması, olası hataların belirlenmesini ve kararların gerekçelendirilmesini zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle kullanılan sistemlerin çalışma biçimlerinin belgelenmesi, gerçekleştirilen işlemlerin izlenebilir olması ve algoritmik sonuçların gerektiğinde açıklanabilmesi önem taşımaktadır (Özevin, 2023: 540; Boo ve Lim, 2024: 13-15).

Şeffaflıkla yakından ilişkili olan hesap verebilirlik ise dijital sistemlerin gerçekleştirdiği işlemlerden ve ürettiği sonuçlardan doğan sorumluluğun belirlenmesini kapsamaktadır. Muhasebe faaliyetlerinde yapay zekâ uygulamalarının kullanılması, karar süreçlerine yazılım geliştiricileri, işletme yöneticileri ve meslek mensuplarının birlikte katılması nedeniyle sorumluluğun sınırlarını belirsizleştirebilmektedir. Nitekim dijital muhasebe uygulamalarında yapay zekânın insan gözetiminde kullanılmasının yararlarına karşılık, otonom karar süreçlerinde sorumluluk ve hesap verebilirlik bakımından sorunlar bulunduğu belirtilmektedir (Özevin, 2023: 535; Akin vd., 2026: 5-6).

Bu kapsamda dijital sistemlerin kullanılması, muhasebe meslek mensuplarının mesleki muhakeme ve gözetim yükümlülüklerini ortadan kaldırmamaktadır. Yapay zekâ tarafından üretilen sonuçların değerlendirilmesi, sorumluluk alanlarının açık biçimde tanımlanması ve denetim süreçlerinin sürdürülebilmesi, hesap verebilirliğin korunması açısından önemlidir. Ayrıca kurumsal gözetim mekanizmalarının mesleki bilgi ve deneyimle desteklenmesi, dijital muhasebe uygulamalarında sorumlulukların yerine getirilmesine katkı sağlamaktadır (Boo ve Lim, 2024: 7-8; Akin vd., 2026: 6-7).

3.3. Algoritmik karar verme süreçlerinde adalet

Muhasebe ve denetim faaliyetlerinde yapay zekâ destekli sistemlerin kullanılması, mesleki kararların tarafsızlığı ve adalet ilkesi açısından çeşitli etik sorunları gündeme getirmektedir. Algoritmaların belirli veriler ve kurallar doğrultusunda çalışması, elde edilen sonuçların her zaman tarafsız olacağı anlamına gelmemektedir. Özellikle sistemlerin eğitilmesinde kullanılan verilerin eksik, hatalı veya belirli grupları yeterince temsil etmeyen bir yapıda olması, mevcut önyargıların algoritmik kararlara yansımasına neden olabilmektedir (Murikah vd., 2024: 1-2; Lacmanovic ve Skare, 2025: 377-378).

Algoritmik önyargılar, muhasebe ve denetim süreçlerinde finansal risklerin değerlendirilmesi, olağan dışı işlemlerin belirlenmesi ve denetim faaliyetlerinin önceliklendirilmesi sırasında ortaya çıkabilmektedir. Özellikle geçmiş verilere dayalı sistemlerin belirli işlem veya işletmeleri yanlış biçimde yüksek riskli olarak değerlendirmesi, benzer durumlar arasında adil olmayan sonuçların oluşmasına yol açabilmektedir. Ayrıca sistemlerin eksik veri kümeleri veya yetersiz düzenleyici bilgilerle eğitilmesi, mesleki değerlendirmelerin tarafsızlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Murikah vd., 2024: 2-3; Kokina vd., 2025: 11-12).

Muhasebe meslek etiği açısından algoritmik karar verme süreçlerinde adaletin korunması, teknolojik sistemlerin sonuçlarının mesleki muhakeme ile değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda kullanılan verilerin temsil yeterliliğinin incelenmesi, algoritmik önyargıların belirlenmesine yönelik kontrollerin uygulanması ve sistemlerin düzenli olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Meslek mensuplarının algoritmik sonuçları sorgulamadan kabul etmek yerine tarafsızlık ve mesleki özen ilkeleri doğrultusunda değerlendirmeleri, dijital muhasebe uygulamalarında adil karar verme süreçlerinin sürdürülmesine katkı sağlayacaktır (Kokina vd., 2025: 16-17; Lacmanovic ve Skare, 2025: 377-378)

3.4. Mesleki bağımsızlık ve çıkar çatışmaları

Muhasebe mesleğinde bağımsızlık, meslek mensuplarının kararlarını kişisel çıkarlar, müşteri talepleri ve dış baskılardan etkilenmeden mesleki etik ilkeler doğrultusunda verebilmelerini gerektirmektedir. Dijitalleşme sürecinde yapay zekâ destekli uygulamaların yaygınlaşması, bu ilkenin teknolojik karar süreçleri bakımından da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle denetim faaliyetlerinde müşteriyle kurulan ilişkilerden kaynaklanan çıkar çatışmaları, mesleki tarafsızlığı ve denetim sürecine duyulan güveni etkileyebilmektedir (Cengiz, 2025: 87; Libby ve Witz, 2024: 1347-1349).

Yapay zekâ sistemlerinin muhasebe süreçlerinde daha fazla kullanılması, meslek mensuplarının teknolojik değerlendirmelere aşırı güven duyması ve mesleki muhakemelerini ikinci plana bırakması riskini ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte dijital sistemlerin sunduğu önerilerin karar süreçlerine dâhil edilmesi, mesleki bilgi ve yetkinliğin önemini ortadan kaldırmamaktadır. Muhasebe meslek mensuplarının teknolojik uygulamaları değerlendirebilecek yeterliliğe sahip olmaları ve etik kararlarını bağımsız biçimde oluşturabilmeleri önem taşımaktadır (Bellikli, 2024: 1-2; Sugahara ve Kano, 2026: 1-2).

Mesleki bağımsızlığın korunması, dijital sistemlerin kullanımında insan denetiminin sürdürülmesini ve meslek mensuplarının karar verme yetkilerini tamamen teknolojik araçlara devretmemelerini gerektirmektedir. Ayrıca yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi ve kullanılması sürecinde farklı uzmanların öncelikleri arasında ortaya çıkabilecek çatışmaların mesleki etik ilkeler doğrultusunda değerlendirilmesi önemlidir. Bu kapsamda dijital teknolojilerin mesleki muhakemenin yerine geçen değil, onu destekleyen araçlar olarak kullanılması, bağımsızlık ve mesleki özen ilkelerinin korunmasına katkı sağlayacaktır (Abdioğlu ve Daştan, 2024: 1; Sinha ve Derichs, 2025: 13-14).

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Dijitalleşme süreci, muhasebe mesleğinin işleyişinde önemli değişiklikler meydana getirirken meslek mensuplarının görev ve sorumluluklarını da yeniden şekillendirmektedir. Yapay zekâ, bulut bilişim, blokzincir ve diğer dijital teknolojilerin muhasebe uygulamalarında kullanılması, finansal bilgilerin işlenmesi, kaydedilmesi ve raporlanması süreçlerinde çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır. Bununla birlikte teknolojik gelişmelerin sunduğu avantajlar, mesleki faaliyetlerde karşılaşılabilecek etik sorunları ortadan kaldırmamaktadır. Aksine dijital sistemlerin muhasebe süreçlerine daha fazla dâhil olması, mevcut etik sorumlulukların değişen çalışma koşulları çerçevesinde yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bakımdan dijitalleşmenin muhasebe mesleği üzerindeki etkilerinin yalnızca teknolojik gelişmeler ve verimlilik açısından değil, mesleki etik ilkeler doğrultusunda da ele alınması önem taşımaktadır.

Bu çalışmada dijitalleşen muhasebe mesleğinde ortaya çıkan etik sorunlar; veri güvenliği ve gizlilik, şeffaflık ve hesap verebilirlik, algoritmik karar verme süreçlerinde adalet ile mesleki bağımsızlık ve çıkar çatışmaları olmak üzere dört temel boyutta incelenmiştir. Yapılan kavramsal değerlendirme, söz konusu sorunların birbirleriyle ilişkili olduğunu ve yalnızca teknolojik önlemlerle ele alınmalarının yeterli olmayabileceğini ortaya koymaktadır. Finansal bilgilerin korunması, dijital sistemlerde gerçekleştirilen işlemlerin açıklanabilir ve denetlenebilir olması, algoritmik değerlendirmelerin tarafsızlığının gözetilmesi ve meslek mensuplarının bağımsız karar verme yetkinliklerinin sürdürülmesi, mesleki etik açısından birlikte değerlendirilmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Özellikle yapay zekâ destekli sistemlerden elde edilen sonuçların sorgulanmadan kabul edilmesi, mesleki muhakemenin geri planda kalmasına neden olabilmektedir. Bu durum, teknolojik uygulamaların mesleki kararları destekleyen araçlar olarak kullanılmasının önemini göstermektedir.

Dijital dönüşüm sürecinde mesleki etik ilkelerin korunabilmesi için teknolojik altyapının geliştirilmesinin yanında meslek mensuplarının dijital yetkinliklerinin ve etik farkındalıklarının artırılması da gerekmektedir. Bu kapsamda finansal verilerin güvenliğine yönelik önlemlerin güçlendirilmesi, dijital sistemlerdeki işlemlerin

izlenebilirliğinin sağlanması ve yapay zekâ destekli uygulamaların düzenli olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca meslek mensuplarına yönelik eğitimlerde teknolojik bilgi ve becerilerin yanı sıra dijital uygulamalardan kaynaklanabilecek etik risklere de yer verilmesi yararlı olacaktır. Meslek mensuplarının teknolojik sistemlerin sunduğu bilgileri mesleki bilgi ve deneyimleri doğrultusunda değerlendirmeleri, bağımsızlık, tarafsızlık ve mesleki özen ilkelerinin korunmasına katkı sağlayabilecektir.

Sonuç olarak dijitalleşme, muhasebe mesleğinde kullanılan araçları ve çalışma biçimlerini değiştirmekle birlikte mesleğin temel etik ilkelerine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmamaktadır. Finansal bilgilerin güvenilirliğinin sağlanması, mesleki bağımsızlığın korunması ve kamu yararının gözetilmesi gibi sorumluluklar, dijital teknolojilerin kullanıldığı mesleki faaliyetlerde de önemini sürdürmektedir. Bu çalışma, dijitalleşme sürecinde muhasebe mesleğinde karşılaşılabilecek etik sorunları kavramsal açıdan ele almakta ve söz konusu sorunların mesleki sorumluluklarla birlikte değerlendirilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Çalışmanın kavramsal nitelikte olması nedeniyle uygulamaya ilişkin ampirik bulgular sunulamamaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalarda muhasebe meslek mensuplarının dijital teknolojilerin kullanımında karşılaştıkları etik sorunların ampirik yöntemlerle incelenmesi, bu sorunların uygulamadaki boyutlarının daha ayrıntılı biçimde anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Abdioğlu, H., & Daştan, A. (2024). Finansal bilginin niteliksel özellikleri ve mesleki yetkinlikler kapsamında muhasebe mesleği ve yapay zekâ etkileşimi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (104), 1-26.

Akbaba, A. N. B. (2018). Muhasebede etik, mesleki değerler, etik ve tutum, IES 4 kapsamında inceleme. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, *20*, 762-778.

Akın, O., & Özdaşlı, K. (2014). Muhasebe meslek mensuplarının mesleki faaliyetlerinde uymaları gereken etik ilkelere uyma düzeyine yönelik meslek mensupları ile meslek yüksek okulu muhasebe bölümü öğrencilerinin algıları. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (63), 59-74.

Akin, I., Wilczkowska, L., & Akin, M. (2026). Ethical and data privacy risks in AI-driven accounting: a mixed-methods study. *Human Behavior and Emerging Technologies*, *2026*(1), 6048044.

Altunal, I., & Özbek, A. (2024). Muhasebe meslek mensuplarının dijital dönüşümde e-dönüşüm uygulamalarına bakış açılarının değerlendirilmesi: Defter-beyan sistemi üzerine bir araştırma. *Muhasebe ve Denetime Bakış*, *24*(72), 125-144.

Atadoga, A., Umoga, U. J., Lottu, O. A. & Sodiya, E. O. (2024). Evaluating the impact of cloud computing on accounting firms: A review of efficiency, scalability, and data security. *Global Journal of Engineering and Technology Advances, 18*(2), 65–74.

Bellikli, U. (2024). Ethics of artificial intelligence (AI) use in accounting. *Muhasebe Enstitusu Dergisi-Journal of Accounting Institute*, (71), 1-11.

Boo, E. F., & Lim, C. Y. (2024). Responsible artificial ıntelligence framework in accountancy. *Nanyang Business School Research Paper*, (24-31).

Bulut, N., & Akbaba, A. N. B. (2024). Türkiye'de muhasebe mesleğinde e-muhasebe uygulamaları. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *25*(2), 1-29.

Cengiz, S. (2025). Muhasebe meslek etiğinin yapay zeka uygulamaları kapsamında incelenmesi. *Journal of Economics, Finance and Sustainability*, *3*(1), 85-108.

Dimitriu, O., & Matei, M. (2015). Cloud accounting: A new business model in a challenging context. *Procedia Economics and Finance*, *32*, 665-671.

Fülöp, M. T., Ionescu, C. A., Măgdaș, N., Ștefan, M. C., & Topor, D. I. (2025). Digital transformation of the accounting profession at the intersection of artificial intelligence and ethics. *Economics*, *19*(1), 20250155.

Gençtürk, M., & Çarıkçı, O. (2008). Elektronik beyanname (E-beyanname) uygulamaları ve muhasebe meslek mensuplarına etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (7), 97-114.

Gradillas, M., & Thomas, L. D. (2025). Distinguishing digitization and digitalization: A systematic review and conceptual framework. *Journal of Product Innovation Management*, *42*(1), 112-143.

Güney, A., & Özcan, E. (2025). Yapay zekanın muhasebede kullanımı üzerine bir araştırma. *Journal of Accounting Institute*, (72), 1-13.

Han, H., Shiwakoti, R. K., Jarvis, R., Mordi, C., & Botchie, D. (2023). Accounting and auditing with blockchain technology and artificial Intelligence: A literature review. *International Journal Of Accounting İnformation Systems*, *48*, 100598.

Karaca, H., & Gümüş, A. (2023). Dijital dönüşümde muhasebe meslek mensuplarının yaşadığı sorunlar ve çözüm önerileri: Nitel bir araştırma. *Muhasebe ve Denetime Bakış*, *23*(70), 289-306.

Kavzoğlu, T., & Şahin, E. K. (2012). Bulut bilişim teknolojisi ve bulut cbs uygulamalari. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 16-19.

Kefe, İ. (2023). Muhasebe meslek kuruluşlarında etik ilkeler ve etik kodlar konusunda bir analiz. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, *10*(4), 958-976.

Keskin, M., & Aktaş, M. A. (2026). Muhasebe bilgisinin ontolojik dönüşümü: Yapay zekâ çağında finansal gerçeğin temsili. *Muhasebe ve Denetime Bakış*, *26*(79), 209-234.

Kılınç, Y. (2020). Blockchaın teknolojisi: Muhasebe ve denetim mesleği açısından bir inceleme. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, *13*(3), 989-1011.

Kokina, J., Blanchette, S., Davenport, T. H., & Pachamanova, D. (2025). Challenges and opportunities for artificial intelligence in auditing: Evidence from the field. *International Journal of Accounting Information Systems*, *56*, 100734.

Lacmanovic, S., & Skare, M. (2025). Artificial intelligence bias auditing–current approaches, challenges and lessons from practice. *Review of Accounting and Finance*, *24*(3), 375-400.

Lehner, O. M., Ittonen, K., Silvola, H., Ström, E., & Wührleitner, A. (2022). Artificial intelligence based decision-making in accounting and auditing: Ethical challenges and normative thinking. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, *35*(9), 109-135.

Libby, R., & Witz, P. D. (2024). Can artificial intelligence reduce the effect of independence conflicts on audit firm liability? *Contemporary Accounting Research*, *41*(2), 1346-1375.

Mert, H., Güner, M., & Duyar, G. (2022). Dijitalleşme sürecinin gelişimi ve muhasebe uygulamalarina etkileri yönünden istanbul ilinde SMMM'ler üzerinde bir araştirma. *Muhasebe ve Denetime Bakış*, *22*(66), 195-218.

Mohd Faizal, S., Jaffar, N., & Mohd nor, A. S. (2022). Integrate the adoption and readiness of digital technologies amongst accounting professionals towards the fourth industrial revolution. *Cogent Business & Management*, *9*(1), 2122160.

Molen, F. V. D. (2010). *Get ready for cloud computing*, Usa: Kan Horen Publishing.

Morshed, A., & Khrais, L. T. (2025). Cybersecurity in digital accounting systems: Challenges and solutions in the Arab Gulf region. *Journal of Risk and Financial Management*, *18*(1), 41.

Murikah, W., Nthenge, J. K., & Musyoka, F. M. (2024). Bias and ethics of AI systems applied in auditing—A systematic review. *Scientific African*, *25*, e02281.

Özevin, O. (2023). Muhasebede yapay zeka kullaniminin meslek etiğine etkileri: Chatgpt uygulaması. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *8*(3), 535-549.

Özkan, Ö. (2025). Yapay zekâ ve muhasebe otomasyonu: veri güvenliği açmazı ve etik. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, *8*(4), 557-582.

Özkul, F., & Alkan, B. (2020). Dijital çağda muhasebenin dönüşümü: "Blockchain" teknolojisinde muhasebe ve mali kontroller. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, *22*(2), 218-236.

Pargmann, J., Riebenbauer, E., Flick-Holtsch, D., & Berding, F. (2023). Digitalisation in accounting: A systematic literature review of activities and implications for competences. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, *15*(1), 1.

Phu, G. N., Thi, T. H. & Bich, H. T. N. (2025). The impact of cloud computing technology on cloud accounting adoption and financial management of businesses. *Humanities and Social Sciences Communications, 12*, 851.

Radanliev, P., De Roure, D., Nicolescu, R., Huth, M., & Santos, O. (2022). Digital twins: artificial intelligence and the IoT cyber-physical systems in Industry 4.0. *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*, *6*(1), 171-185.

Sinha, V. K., & Derichs, D. (2025). Reshaping the space of ethics for expert work: Deliberative approaches for deploying artificial intelligence in auditing. *Journal of Business Ethics*, 1-24.

Sugahara, S., & Kano, K. (2026). The ımpact of ChatGPT's advice on professional judgment related with accounting and the role of accounting education. *Journal of Business Ethics*, 1-16.

Şençiçek, F. T. (2013). Bilgi teknolojileri destekli elektronik muhasebe uygulamalarına bütüncül bir yaklaşım. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, *5*(2), 79-90.

Taşar, S. A., & Demir, Ö. (2020). Bulut bilişimin muhasebe mesleği üzerindeki etkileri. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *8*(İktisadi ve İdari Bilimler), 51-57.

Tekbaş, İ. (2019). *Muhasebenin dijital dönüşümü ve mali mühendislik*. Hümanist Kitap Yayıncılık.

Tektüfekçi, F. (2017). E-dönüşüm sürecinde e-muhasebe uygulamaları: Türkiye örneği. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, *12*(1), 79-88.

Tijani, O. M., & Mohammed, A. K. (2013). Computer-based accounting systems in small and medium enterprises: Empirical evidence from a randomized trial in Nigeria. *Universal Journal of Management*, *1*(1), 13-21.

Tiron-Tudor, A., Donțu, A. N., & Bresfelean, V. P. (2022). Emerging technologies' contribution to the digital transformation in accountancy firms. *Electronics*, *11*(22), 3818.

Tudor, A. T. (2013). Balancing the public and the private interest–a dilemma of accounting profession. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *92*, 930-935.

Ulusan, H., & Bozkurt, E. (2021). Yozgat'ta faaliyet gösteren muhasebe meslek mensuplarının e-fatura ve e-defter uygulamalarına karşı tutumları. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, *14*(1), 1-44.

Uysal, T., & Kurt, G. (2018). Muhasebede ve denetimde blok zinciri teknolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *23*(2), 467-481.

Ülker, Y., & Eker, S. (2024). Dijitalleşme uygulamalarının muhasebe bilgi sistemi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *9*(18), 320-345.

Xu, H., Yu, W., Griffith, D., & Golmie, N. (2018). A survey on industrial Internet of Things: A cyber-physical systems perspective. *IEEE Access*, *6*, 78238-78259.

Yenisu, E., & Tanç, A. (2021). Muhasebe mesleğinde etik ilkelerin incelenmesi: Etik davranış üzerine bir model önerisi. *Erciyes Akademi*, *35*(3), 1303-1323.

Zamain, N. S. A., & Subramanian, U. (2024). The impact of artificial intelligence in the accounting profession. *Procedia Computer Science*, *238*, 849-856.

TÜRKİYE'DE TARIMSAL GİRDİ VE ÜRÜN FİYATLARI ARASINDAKİ ÖNGÖRÜ İLİŞKİSİ VE FİYAT MAKASI

Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN[1]/Doç. Dr. Serhan CANDEMİR[2]/Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU[3]

[1] Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye,
hasandogan@selcuk.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5303-1770

[2] Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Malatya, Türkiye,
serhan.candemir@ozal.edu.tr

ORCID: 000-0003-4248-7024

[3] Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye,
zbayramoglu@selcuk.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3258-3848,

Bu çalışma, Türkiye'de tarımsal girdi fiyatları ile tarım ürünleri üretici fiyatları arasındaki öngörü ilişkisini ve göreli fiyat hareketlerini incelemektedir. TÜİK kaynaklı Tarım-GFE ve Tarım-ÜFE serilerinin Ocak 2015–Haziran 2026 dönemindeki 138 ortak aylık gözlemi kullanılmıştır. Endeksler 2020 yılı ortalaması 100 olacak biçimde yeniden ölçeklenmiş, fiyat makası endeks oranının logaritmasıyla tanımlanmıştır. Serilerin durağanlığı ADF ve KPSS testleriyle incelenmiştir. Bütünleşme derecesi kesinleşmediğinden öngörü analizi gecikmesi artırılmış Toda–Yamamoto yaklaşımıyla yürütülmüştür. Modeller aylık mevsim kuklalarını içermektedir. Sonuçlar alternatif gecikmeler, sağlam kovaryans tahmini ve Holm düzeltmesiyle değerlendirilmiştir. Ortalama log makas 2015–2019 döneminde −0,066, 2020–2021 döneminde −0,011 ve Ocak 2022–Haziran 2026 döneminde 0,099 bulunmuştur. Sekiz temel ve iki ek gecikmeli modelde girdi fiyatlarının ürün fiyatlarını Granger anlamında öngörmediği hipotezi reddedilmiştir ($W=68,719$, $p<0,001$). Ters yöndeki hipotez reddedilememiştir ($W=7,381$, $p=0,496$). Girdi fiyatlarından ürün fiyatlarına yönelik sonuç alternatif modellerde de korunmuştur. I(1) varsayımı altında uygulanan Engle–Granger testi uzun dönem denge ilişkisi için yeterli kanıt vermemiştir. Bulgular girdi fiyatlarının ürün fiyatlarını izlemeye katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Analiz, aktarımın büyüklüğünü ve süresini ya da üretici kârlılığını belirlememektedir. Destek ihtiyacının değerlendirilmesinde fiyat endekslerinin işletme maliyetleri, üretim takvimi ve gelir göstergeleriyle birlikte kullanılması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tarım-GFE, Tarım-ÜFE, göreli fiyatlar, Granger öngörüsü, Toda–Yamamoto, Türkiye.

THE PREDICTIVE RELATIONSHIP BETWEEN AGRICULTURAL INPUT AND OUTPUT PRICES IN TURKEY AND THE PRICE WEDGE

Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN[1]/Doç. Dr. Serhan CANDEMİR[2]/Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU[3]

[1]Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Selçuk University, Konya, Türkiye, hasandogan@selcuk.edu.tr

(Orcid: 0000-0002-5303-1770)

[2] Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Malatya Turgut Özal University, Malatya, Türkiye, serhan.candemir@ozal.edu.tr

(Orcid: 0000-0003-4248-7024)

[3] Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Selçuk University, Konya, Türkiye, zbayramoglu@selcuk.edu.tr

(Orcid: 0000-0003-3258-3848)

Abstract

This study examines the predictive relationship and relative price movements between agricultural input prices and producer prices for agricultural products in Turkey. It utilizes 138 overlapping monthly observations from the Agricultural Input Price Index (Agriculture-IPI) and the Agricultural Producer Price Index (Agriculture-PPI)—both sourced from TurkStat—covering the period from January 2015 to June 2026. The indices were rescaled to a 2020 average of 100, and the "price wedge" was defined as the logarithm of the ratio of these indices. The stationarity of the series was assessed using ADF and KPSS tests. Given the ambiguity regarding the order of integration, the predictive analysis was conducted using the Toda–Yamamoto approach with an augmented lag structure. The models incorporate monthly seasonal dummy variables. The results were evaluated using alternative lag specifications, robust covariance estimation, and the Holm correction. The mean log-wedge was found to be −0.066 for the 2015–2019 period, −0.011 for 2020–2021, and 0.099 for the period from January 2022 to June 2026. In a model with eight primary and two additional lags, the null hypothesis—that input prices do not Granger-cause agricultural product prices—was rejected ($W=68.719$, $p<0.001$). Conversely, the null hypothesis for the reverse direction could not be rejected ($W=7.381$, $p=0.496$). The findings regarding the predictive influence of input prices on product prices remained consistent across alternative model specifications. The Engle–Granger test, applied under the assumption of I(1) processes, did not yield sufficient evidence for a long-run equilibrium relationship. These findings suggest that input prices may serve as a useful indicator for tracking agricultural product prices. The analysis does not determine the magnitude or duration of the transmission, nor does it establish producer profitability. It is recommended that price indices be used in conjunction with operating costs, production schedules, and revenue indicators when assessing the need for support.

Keywords: Agricultural Input Price Index (Agricultural-IPI), Agricultural Producer Price Index (Agricultural-PPI), relative prices, Granger causality, Toda–Yamamoto, Türkiye.

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde girdi ve ürün fiyatlarının farklı hızlarda değişmesi, üreticilerin girdi kullanımı ve üretim planlaması açısından önemlidir. Gübre, yem, enerji ve diğer girdilerdeki fiyat hareketleri maliyet koşullarını değiştirirken, ürün fiyatları arz miktarı, hasat takvimi, talep, dış ticaret ve stok koşullarından etkilenmektedir. Bu nedenle girdi ve ürün fiyatları arasında zaman sıralı bir ilişkinin bulunması, maliyet artışının aynı büyüklükte veya belirli bir sürede ürün fiyatlarına aktarıldığı anlamına gelmez.

Fiyat aktarımı literatüründe piyasa yapısı ve fiyatların değişen koşullara uyarlanması öne çıkmaktadır. Gardner (1975), çiftlik–perakende fiyat farkını ilişkili piyasaların birlikte işleyişi üzerinden ele almaktadır. McCorriston ve diğerleri (2001), piyasa gücü ile ölçeğe göre getirilerin fiyat aktarımını birlikte etkileyebileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar çiftlik–perakende zincirini incelese de fiyat farklarının üretici marjı olarak yorumlanmasında piyasa kapsamının ve maliyet yapısının dikkate alınması gerektiğini açıklamaktadır.

Meyer ve von Cramon-Taubadel (2004) ile von Cramon-Taubadel ve Goodwin (2021), fiyat bağlantılarının piyasa koşullarına, işlem maliyetlerine ve kullanılan modele duyarlı olduğunu vurgulamaktadır. Bu çerçevede öngörü ilişkisi, uzun dönem denge, asimetri ve yapısal nedensellik birbirinden ayrılmalıdır. Bir değişkenin geçmiş değerlerinin diğerini açıklamaya katkı sağlaması, ortak makroekonomik şokların ayrıştırıldığı veya bir politika müdahalesinin etkisinin tanımlandığı anlamına gelmemektedir.

Çalışmada, girdi fiyatlarının geçmiş değerlerinin ürün fiyatlarının kendi geçmişine ve aylık mevsimselliğe ek bilgi sağlayıp sağlamadığı araştırılmaktadır. Ayrıca girdi ve ürün endekslerinin göreli konumu dönemler itibarıyla karşılaştırılmaktadır. İki yönlü öngörü testleri ve fiyat makası, bütünleşme derecesindeki belirsizlik ve çoklu sınama dikkate alınarak aynı aylık örneklemde değerlendirilmiştir. Analiz toplam endekslerle sınırlıdır. Ürün bazlı arz tepkileri ve işletme kârlılığı incelenmemiştir.

Türkiye'de Uzel ve diğerleri (2025), buğday fiyatlarını mazot, gübre ve ikame ürün fiyatlarıyla birlikte incelemektedir. Demirağ ve Sağır (2024), tarım üretici fiyatları ile döviz kurunu gıda fiyatları açısından ele almaktadır. Altunöz (2026) ise girdilerden perakende gıda fiyatlarına asimetrik aktarımı araştırmaktadır. Bu bildiride toplam girdi ve üretici fiyat endeksleri arasındaki öngörü ilişkisi ile fiyat makası ele alınmaktadır. Dolayısıyla inceleme, belirli bir üründeki maliyet aktarım esnekliğinin tahmininden ayrılmaktadır.

2. VERİ VE DEĞİŞKENLER

Ana örneklem Ocak 2015–Haziran 2026 dönemindeki 138 aylık Tarım-GFE ve Tarım-ÜFE gözleminden oluşmaktadır. Ortak dönemde eksik ay veya yinelenen tarih bulunmamaktadır. Her iki endeksin birlikte gözlendiği aylar kullanılmıştır. Eksik değer doldurma, ara değerleme veya mevsimsel düzeltme uygulanmamıştır. İnceleme Haziran 2026'da sona erdiğinden son yıl altı aylık veriyi kapsamaktadır.

Tarım-GFE, ara tüketim ve yatırım amacıyla kullanılan mal ve hizmetlerin fiyat hareketlerini izlemektedir. Tarım-ÜFE ise tarım ve avcılık ürünleri, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinin üretici fiyatlarını farklı ürün grupları ve ağırlıklarla temsil etmektedir (TÜİK, 2026a, 2026b). Endekslerin sepetleri ve ağırlıkları farklı olduğundan oranları belirli bir işletmenin gelir–gider hesabına karşılık gelmez. Bu kapsam farkı nedeniyle oran, bire bir eşleşen bir girdi–çıktı sepetinin fiyatı değildir. Toplam endeksler, ürün ve bölge düzeyindeki farklılaşmayı da doğrudan göstermemektedir.

Verilerin özgün kaynağı TÜİK Veri Portalı'dır. Aylık gözlemler serilerin Ocak 2015–Haziran 2026 ortak dönemiyle sınırlandırılmıştır (TÜİK, 2026a, 2026b, Verinays, 2026a, 2026b).

Karşılaştırmada her endeksin 2020 yılındaki 12 aylık aritmetik ortalaması referans alınmıştır. Her seri kendi referans ortalamasına bölünmüş ve 100 ile çarpılmıştır. Bu normalizasyon serilerin sepetlerini ve ağırlıklarını

değiştirmemektedir. Aylık log farkları ve sabit içeren öngörü testlerini etkilememekte, log makasa sabit bir düzey düzeltmesi getirmektedir.

$G^*_t = 100 \times GFE_t / ortalama_{2020}(GFE)$ $Y^*_t = 100 \times ÜFE_t / ortalama_{2020}(ÜFE)$ (1)

$m_t = \ln(Y^*_t / G^*_t)$ $r_t = 100 \times Y^*_t / G^*_t$ $\Delta\ln(P_t) = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1})$ (2)

Burada m_t log fiyat makası, r_t göreli fiyat oranıdır. ln doğal logaritmayı, Δ bir aylık birinci farkı, Δ^2 ise ikinci farkı göstermektedir. r_t'nin 100'ün üzerinde olması, ürün endeksinin kendi referansına göre girdi endeksinden daha yüksek bir düzeyde bulunduğunu ifade eder. Bu karşılaştırma fiyat hareketlerini gösterir, maliyetlerin karşılandığını veya kârın arttığını kanıtlamaz. Dönem ortalamaları 2015–2019, 2020–2021 ve Ocak 2022–Haziran 2026 için betimsel olarak hesaplanmıştır. Kullanılan değişkenler ve analiz kapsamı Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Değişkenler ve analiz kapsamı

Değişken	**Ölçüm**	**Kapsam**
Tarım-GFE ve Tarım-ÜFE	Aylık endeks düzeyleri	138 ortak ay
G* ve Y*	2020 yıllık ortalaması = 100	Grafik ve oran karşılaştırması
ln(GFE) ve ln(ÜFE)	Doğal logaritma	Düzey VAR ve testler
Δln(GFE) ve Δln(ÜFE)	Aylık log fark	Bütünleşme incelemesi
m ve r	Log oran ve 100 × oran	Göreli fiyat hareketleri

3. YÖNTEM

3.1 Bütünleşme ve eşbütünleşme incelemesi

Durağanlık, birim kök sıfır hipotezine sahip genişletilmiş Dickey–Fuller (ADF) testi ile durağanlık sıfır hipotezine sahip Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS) testi birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir (Dickey ve Fuller, 1979, Kwiatkowski ve diğerleri, 1992). ADF gecikmeleri, en çok 12 gecikme içinde Akaike bilgi kriteri (AIC) ile seçilmiştir. Temel ADF ve KPSS testleri sabit içermektedir. Düzey ADF testleri ayrıca sabit ve doğrusal trendle tekrarlanmıştır. KPSS uzun dönem varyansı otomatik bant genişliğiyle hesaplanmıştır. İlk farklardaki çelişkili bulgular nedeniyle ikinci farklar da incelenmiş, bütünleşme derecesi tek bir teste dayanılarak kesinleştirilmemiştir. Düzeyde durağan seriler I(0), birinci farkı durağan seriler I(1), ikinci farkı durağan seriler I(2) olarak gösterilmiştir.

Uzun dönem ilişki, ln(ÜFE)'nin ln(GFE) üzerine regresyonuna dayanan Engle–Granger testiyle incelenmiştir. Sabitli ve sabit ile trend içeren modeller ayrı değerlendirilmiştir. Artık testinde standart ADF kritik değerleri yerine eşbütünleşmeye özgü MacKinnon değerleri kullanılmıştır (Engle ve Granger, 1987, MacKinnon, 2010). Testin I(1) varsayımı kesinleşmediğinden sonuçlar koşullu bir değerlendirme olarak sunulmuştur. Uzun dönem denge ilişkisi doğrulanamadığı için hata düzeltme modeliyle dengeye dönüş hızı tahmin edilmemiştir.

3.2. Gecikmesi artırılmış öngörü testi

Granger anlamında öngörü, bir serinin geçmiş değerlerinin diğer serinin kendi geçmişine ek bilgi sağlamasıdır (Granger, 1969). Temel analiz Toda ve Yamamoto (1995) yaklaşımıyla yürütülmüştür. Log düzeylerle tahmin edilen vektör otoregresyon (VAR) modeline, temel gecikme sayısına ek olarak bütünleşme derecesi için seçilen üst sınır kadar gecikme eklenmiştir. Katsayı kısıtları yalnızca ilk p gecikmeye uygulanmıştır. Bu yaklaşım, bütünleşme derecesi için seçilen üst sınırın yeterli olmasına ve modelin dinamiklerinin uygun belirlenmesine bağlıdır.

$$z_t = c + \Sigma_{i=1}^{p+d} A_i z_{t-i} + \Gamma S_t + \varepsilon_t \qquad z_t = [\ln(GFE_t), \ln(\ddot{U}FE_t)]' \qquad (3)$$

c sabit vektörünü, A_i gecikme katsayı matrislerini, Γ mevsim katsayılarını ve ε_t hata vektörünü göstermektedir. S_t, Ocak referans alınarak oluşturulan 11 ay kuklasıdır. p temel, d ise ek gecikme sayısıdır. En çok 12 temel gecikme içinde, aynı karşılaştırma örneklemiyle hesaplanan AIC p=8, Bayes bilgi kriteri (BIC) ise p=2 seçmiştir. Daha esnek dinamik yapı sunan p=8 temel model, p=2 alternatif model olarak değerlendirilmiştir. İkinci farkların durağanlığıyla uyumlu ihtiyatlı üst sınır d=2 alınmıştır. d=1 sonuçları duyarlılık amacıyla raporlanmıştır. Temel model 10 toplam gecikme ve denklem başına 32 parametre içermekte, etkin gözlem sayısı 128'e düşmektedir.

GFE → ÜFE yönünde sıfır hipotezi, ÜFE denklemindeki ilk p GFE gecikmesinin katsayılarının birlikte sıfır olmasıdır. Ters yönde aynı kısıt GFE denklemine uygulanmıştır. Modifiye Wald istatistikleri p serbestlik dereceli ki-kare dağılımıyla değerlendirilmiştir. Wald istatistiği W ile, sıfır hipotezi H_0 ile gösterilmiştir. İstatistiksel değerlendirme düzeyi %5'tir. Klasik kovaryans sonuçlarına ek olarak 12 gecikmeli Bartlett ağırlıklı Newey–West heteroskedastisite ve otokorelasyona dayanıklı (HAC) kovaryansı kullanılmış, kovaryans matrisi n/(n−k) çarpanıyla düzeltilmiştir (Newey ve West, 1987). Burada n etkin gözlem, k tahmin edilen parametre sayısıdır. İki yön, iki temel gecikme ve iki ek gecikme seçeneğinden oluşan sekiz sınama için Holm düzeltmesi, klasik ve HAC p değerlerine ayrı ayrı uygulanmıştır (Holm, 1979).

Artık otokorelasyonu denklem bazında 12 gecikmeli Breusch–Godfrey Lagrange çarpanı (LM) testiyle incelenmiştir. Hesaplamalar Python ve statsmodels 0.15.0 ile yürütülmüştür. Öngörü testleri örneklem içi koşullu bilgi katkısını sınamaktadır. Modelin örneklem dışı tahmin başarısı ayrıca test edilmemiştir. Wald istatistiğinin büyüklüğü aktarım katsayısı, aktarım süresi veya ekonomik etkinin büyüklüğü olarak yorumlanmamıştır.

3.3. Fiyat makasının değerlendirilmesi

Fiyat makası dönem ortalamaları ve zaman grafiğiyle incelenmiştir. ADF testinde makasın düzeyde durağanlığı desteklenmediğinden klasik ortalama farkı veya Chow testiyle rejim değişimi hakkında çıkarım yapılmamıştır. Dönemler betimsel karşılaştırma amacıyla belirlenmiştir. 2022 tarihi tahmin edilmiş bir kırılma noktası olarak değerlendirilmemiştir.

4. BULGULAR

4.1. Endeksler ve göreli fiyat hareketleri

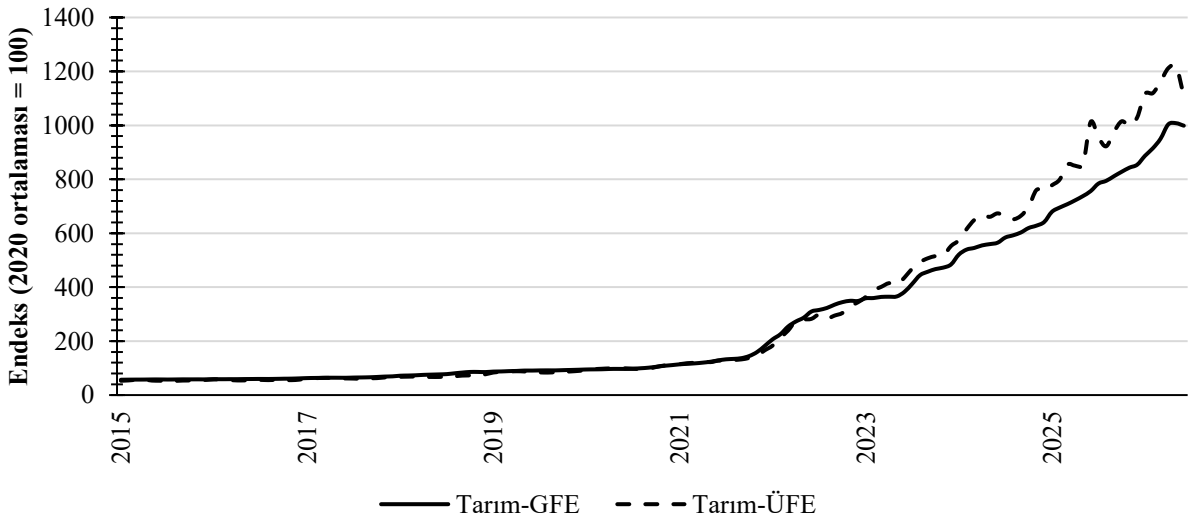
Şekil 1'de her iki endeksin örneklemin son bölümünde belirgin biçimde yükseldiği görülmektedir. Ortak nominal yükseliş, fiyat aktarımını veya uzun dönem dengeyi tek başına göstermemektedir. Ürün fiyatlarının girdi fiyatlarına göre konumu Tablo 2 ve Şekil 2'de değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Dönemlere göre göreli fiyat göstergeleri

Dönem	Ay	Ortalama log makas	Geometrik oran endeksi
2015–2019	60	-0,066	93,61
2020–2021	24	-0,011	98,90
2022–Haziran 2026	54	0,099	110,44

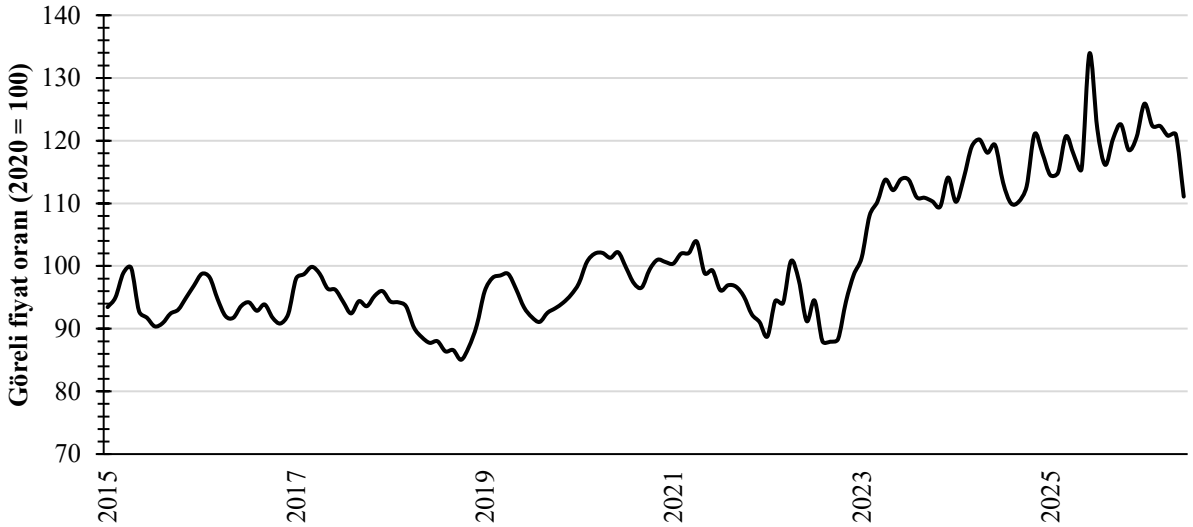
Not: Geometrik oran endeksi = 100 × exp(ortalama log makas). Aylık oranların aritmetik ortalaması veya dönem ortalama endekslerinin oranı değildir. Her iki endeksin 2020 aylık ortalaması ayrı ayrı 100'e eşitlenmiştir.

Ortalama log makasın −0,066'dan 0,099'a yükselmesi, iki dönem arasında 0,165 log puanlık fark oluşturmaktadır. Geometrik oran endeksi 93,61'den 110,44'e çıkmıştır. İki dönemin geometrik ortalama endeks oranları arasındaki göreli fark yaklaşık %18,0'dır. Son dönemdeki 54 ayın 43'ünde oran 100'ün üzerindedir. Buna karşılık Eylül 2022'de 87,93'e gerilemiştir. Bu dalgalanma, son dönem ortalamasındaki yükselişin 2022 başından itibaren kesintisiz bir artış olarak yorumlanamayacağını göstermektedir.



Şekil 1 Tarımsal girdi ve ürün fiyat endekslerinin ortak referansa göre seyri

Kaynak: TÜİK kaynaklı aylık serilerden yazar hesaplamaları.



Şekil 2 Ürün fiyat endeksinin girdi fiyat endeksine göre konumu

Kaynak: TÜİK kaynaklı aylık serilerden yazar hesaplamaları.

4.2. Durağanlık ve uzun dönem ilişki

Tablo 3. Sabitli ADF ve KPSS sonuçları

Seri	ADF	p	Gecikme	KPSS	p
ln(GFE)	0,220	0,973	9	1,971	≤0,010
ln(ÜFE)	0,519	0,985	7	1,960	≤0,010
Δln(GFE)	−2,561	0,101	8	0,588	0,024
Δln(ÜFE)	−3,138	0,024	6	0,629	0,020
Δ²ln(GFE)	−4,875	<0,001	10	0,074	≥0,100
Δ²ln(ÜFE)	−8,177	<0,001	5	0,290	≥0,100

Not: ADF için H_0 birim kök, KPSS için H_0 düzey durağanlığıdır. ADF gecikmesi AIC ile, KPSS bant genişliği otomatik seçilmiştir. KPSS p değerleri tablo sınırlarında eşitsizlikle verilmiştir. Ölçekleme test istatistiklerini değiştirmemektedir.

Düzey serilerinde ADF birim kök hipotezini reddetmemekte, KPSS ise durağanlık hipotezini reddetmektedir (Tablo 3). Sabit ve trend içeren düzey ADF testlerinde de birim kök reddedilememiştir. p değerleri GFE ve ÜFE için sırasıyla 0,543 ve 0,593'tür. İlk farklarda GFE için ADF p değeri 0,101'dir. ÜFE için ADF reddine karşın KPSS durağanlığı reddetmektedir. İkinci farklarda iki testin birlikte sunduğu sonuçlar durağanlıkla uyumludur. Bu bulgular serilerin kesin olarak I(2) olduğunu kanıtlamaz. Yüksek kalıcılık ve dönemsel değişimler testleri etkileyebilir. Bununla birlikte d=2 üst sınırını değerlendirmeyi gerekçelendirmektedir.

I(1) varsayımı altında uygulanan sabitli Engle–Granger testinde istatistik −2,775, p değeri 0,174 ve %5 kritik değer −3,381 bulunmuştur. Sabit ve trend içeren modelde istatistik −2,873, p değeri 0,322'dir. Her iki modelde de eşbütünleşme yokluğu hipotezi reddedilememektedir. Serilerin bütünleşme derecesindeki belirsizlik de dikkate alındığında uzun dönem denge ve hata düzeltme hızı hakkında kesin bir sonuca varılamamaktadır. Log makasın ADF p değeri 0,746'dır. Bu nedenle makasın dönem ortalamaları betimsel olarak değerlendirilmiştir.

4.3. Öngörü ilişkisi ve duyarlılık

Tablo 4 Toda–Yamamoto öngörü testleri

p	d	Yön	Wald	Klasik p	Klasik Holm p	HAC p	HAC Holm p
2	1	GFE → ÜFE	55,553	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2	1	ÜFE → GFE	3,503	0,174	0,521	0,022	0,087
2	2	GFE → ÜFE	47,897	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2	2	ÜFE → GFE	4,102	0,129	0,514	0,025	0,087
8	1	GFE → ÜFE	71,423	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
8	1	ÜFE → GFE	7,106	0,525	0,992	0,451	0,451
8	2	GFE → ÜFE	68,719	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
8	2	ÜFE → GFE	7,381	0,496	0,992	0,148	0,295

Not: p temel, d ek gecikme sayısıdır. Her model sabit ve 11 ay kuklası içerir. Wald kısıtları yalnızca ilk p gecikmeye uygulanmıştır. HAC 12 gecikmeli ve n/(n−k) düzeltmelidir. Holm ailesi tabloda yer alan sekiz sınamadan oluşmaktadır. Temel model p=8 ve d=2'dir. Wald serbestlik derecesi p'ye eşittir.

Temel modelde GFE → ÜFE yönündeki sıfır hipotezi reddedilmektedir (W=68,719, p<0,001). Ters yön için aynı hipotez reddedilememektedir (W=7,381, p=0,496). HAC çıkarımı ve Holm düzeltmesi altında da temel sonuç korunmuştur. Ters yönün düzeltilmiş HAC p değeri 0,295'tir. Temel modelin ÜFE ve GFE denklemleri için Breusch–Godfrey p değerleri sırasıyla 0,588 ve 0,282 olup 12 gecikmeye kadar otokorelasyon yokluğu reddedilememiştir. Breusch–Pagan değişen varyans testinin p değerleri ise sırasıyla 0,110 ve 0,015'tir. Özellikle GFE denkleminde sabit varyans varsayımı desteklenmediğinden HAC sonuçları klasik sonuçlarla birlikte değerlendirilmiştir.

GFE → ÜFE yönündeki sonuç dört modelin tamamında hem klasik hem de HAC kovaryansıyla korunmaktadır. Ters yönde bazı kısa gecikmeli modellerin ham HAC p değerleri %5'in altındadır. Ancak Holm düzeltmesinden sonra anlamlılık korunmamaktadır. p=2 modellerinin ÜFE denklemlerinde otokorelasyon bulunması da kısa gecikmeli modellerin yorumunu sınırlandırmaktadır. Dolayısıyla ürün fiyatlarından girdilere geri besleme olmadığı değil, bu yönde modeller arasında tutarlı kanıt elde edilemediği sonucuna varılmıştır.

5. TARTIŞMA

5.1. Girdi fiyatlarının taşıdığı öngörü bilgisi

Girdi fiyatlarının geçmiş değerleri, ürün fiyatlarının kendi geçmişi ve aylık mevsimsellik dikkate alındığında ek öngörü bilgisi sağlamaktadır. Bu bulgu, fiyat ilişkisinin eşanlı korelasyonun ötesinde incelenmesini desteklemektedir. von Cramon-Taubadel ve Goodwin (2021), fiyat aktarımını piyasa koşulları ve uyarlama süreçleri içinde değerlendirmektedir. Vavra ve Goodwin (2005) ise aktarımın büyüklük, zamanlama ve asimetri boyutlarını ayrı ele almaktadır. Buradaki testler, bu boyutlardan girdi fiyatlarının geçmiş değerlerinin taşıdığı bilgiye odaklanmaktadır.

Uzel ve diğerleri (2025), Türkiye'de buğday fiyatlarını mazot ve gübre fiyatları, ikame ürün fiyatları ve üretim değişkenleriyle birlikte incelemektedir. Ürün düzeyindeki bu yaklaşım, toplam endeks ilişkisinin altında farklı maliyet bileşenlerinin bulunabileceğine işaret etmektedir. Burada toplam endeksler için elde edilen sonuç, söz konusu ürün düzeyindeki incelemeleri tamamlamaktadır. Ancak ürün kapsamı ve açıklayıcı değişkenler farklı olduğundan katsayı büyüklükleri ve uyarlama süreleri doğrudan karşılaştırılamaz.

5.2. Ortak şoklar ve ilişkinin yönü

GFE → ÜFE yönündeki bulgunun farklı gecikme kurulumlarında korunması, ilişkinin tek bir model tercihine bağlı olmadığını göstermektedir. Ters yöndeki sonuçların çoklu sınama düzeltmesinden sonra anlamlı olmaması ise ürün fiyatlarının girdi fiyatları üzerinde hiçbir etkisi bulunmadığını kanıtlamaz. İki değişkenli sistemde döviz kuru, enerji, uluslararası emtia fiyatları ve politika kararları dışarıda kaldığından ortak şokların farklı zamanlamaları da öngörü ilişkisi oluşturabilir. Granger (1969) anlamındaki zaman sıralı bilgi katkısı ile bir maliyet müdahalesinin nedensel etkisi bu nedenle ayrı tutulmalıdır.

Demirağ ve Sağır (2024), Türkiye'de gıda fiyatlarını tarım üretici fiyatları ve döviz kuruyla birlikte inceleyerek kurun önemini ortaya koymaktadır. Altunöz (2026) de girdi maliyetleriyle perakende gıda fiyatları arasındaki ilişkiyi döviz kuru ve üretici fiyatlarını dikkate alarak değerlendirmektedir. Bu çalışmalar, girdi ve ürün fiyatları arasındaki ilişkinin ortak makroekonomik koşullardan bağımsız kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Buradaki analiz üretici fiyatlarına odaklandığından sonuçlar tüketici gıda enflasyonunun katsayıları olarak kullanılamaz.

5.3. Göreli fiyatlar ve üretici gelirinin ayrılması

Geometrik oran endeksinin 93,61'den 110,44'e yükselmesi, örneklemin son bölümünde ürün fiyatlarının girdi fiyatlarına göre daha yüksek bir konumda bulunduğunu göstermektedir. Bunun 2022'nin bütün aylarında geçerli olmaması, dönem ortalamasının geçici maliyet baskılarını örtebildiğini göstermektedir. Üreticinin satış fiyatı yükselse bile ürün miktarı, satış zamanı veya verim değiştiğinde toplam geliri aynı yönde değişmeyebilir. Benzer biçimde girdi fiyatı endeksi, kullanılan girdi miktarını ve toplam işletme giderini tek başına temsil etmez. Bu nedenle göreli fiyat oranı üreticinin ticaret hadlerini izlemeye yardımcı olabilecek toplulaştırılmış bir gösterge olmakla birlikte, işletme kârının veya reel gelirinin yerine geçirilemez.

Gardner (1975) ile McCorriston ve diğerlerinin (2001) çalışmaları, fiyat farklarının ilişkili piyasaların işleyişinden ve piyasa yapısından etkilenebileceğini göstermektedir. Türkiye mikro fiyatlarını kullanan Yilmazkuday (2018) da üretici ve perakende fiyatları arasındaki bağlantıda yerel maliyetler ile değişken marjların önemini ortaya koymaktadır. Bu kanıt, ürün endeksindeki yükselişin üreticinin zincirden aldığı payda aynı ölçüde artış olarak yorumlanmamasını desteklemektedir. Mevcut çalışma perakende fiyatlarını veya aracı marjlarını ölçmediğinden, gözlenen makas değişimini piyasa gücüne atfetmek de mümkün değildir.

5.4. Uzun dönem denge ve asimetri bakımından karşılaştırma

Gecikmeli öngörü ilişkisi bulunması, uzun dönem dengenin de bulunmasını gerektirmez. Öngörü testi bir değişkenin geçmiş değerlerinin diğerine ek bilgi sağlayıp sağlamadığını sınamaktadır. Eşbütünleşme testi ise

uygun bütünleşme koşulları altında düzeyler arasında durağan bir doğrusal ilişki bulunup bulunmadığını incelemektedir. Bu çalışmada I(1) varsayımı kesinleşmemiş ve Engle–Granger testinde eşbütünleşme yokluğu reddedilememiştir. Bu sonuç bütün olası uzun dönem ilişkilerinin yokluğunu değil, incelenen doğrusal modellerde böyle bir ilişkinin gösterilemediğini ifade etmektedir (Engle ve Granger, 1987, MacKinnon, 2010).

Altunöz (2026), Türkiye'de perakende gıda fiyatları için pozitif ve negatif girdi maliyeti hareketlerinin farklı tepkilerle ilişkili olduğunu raporlamaktadır. Meyer ve von Cramon-Taubadel (2004) de asimetrinin kullanılan piyasa ve model bağlamında ayrıca sınanması gerektiğini göstermektedir. Mevcut doğrusal ortak anlamlılık testi, artış ve düşüşleri ayırmadığından bu bulguları doğrulayan veya reddeden bir asimetri testi değildir. Aynı nedenle sekiz temel gecikme kullanılması sekiz ay süren aktarımın, yüksek Wald istatistiği ise büyük bir maliyet esnekliğinin kanıtı olarak sunulmamıştır.

5.5. Finansman ve örgütlenme açısından yorum

Girdi ve ürün fiyatlarının bağlantılı olması, girdi alımı ile ürün satışından gelir elde edilmesi arasındaki finansman ihtiyacını ortadan kaldırmaz. Keskin ve Medetoğlu (2025), Türkiye'de girdi fiyatları ile tarımsal kredi kullanımı arasında ilişki bulmuştur. Bu sonuç, fiyat izlemenin işletme sermayesi ihtiyacı ve üretim takvimiyle birlikte değerlendirilmesini desteklemektedir. Burada kredi talebi, borçluluk veya likidite kısıtları ölçülmediğinden belirli bir kredi sübvansiyonunun etkisi hakkında sonuç çıkarılmamıştır.

Bignebat ve diğerleri (2009), Türkiye yaş meyve ve sebze piyasasında küçük üreticiler ile alıcılar arasındaki ilişkilerde aracılık ve pazarlama düzenlemelerinin önemini göstermektedir. Ortak girdi alımı, açık sözleşme koşulları ve pazarlama örgütlenmesi bu nedenle maliyet ve satış koşullarını iyileştirmeye yönelik seçenekler arasında değerlendirilebilir. Uygulama öncesinde işlem maliyetleri, ürün kalitesi, yönetim kapasitesi ve üreticinin satış seçenekleri incelenmelidir.

5.6. Bulguların kapsamı

Çalışma iki toplam endekse ve 138 aylık gözleme dayanmaktadır. Temel modelde 128 etkin gözlem ve denklem başına 32 parametre bulunması, küçük örneklemdeki istatistiksel belirsizliği artırmaktadır. Otokorelasyon testleri, HAC kovaryansı ve Holm düzeltmesi bu sınırlılığı bütünüyle ortadan kaldırmamaktadır. Mevsim kuklaları sabit aylık örüntüyü kontrol etmektedir. Zamanla değişen mevsimsellik ve gözlenmeyen arz şokları modelin dışında kalmaktadır. Sonraki araştırmalarda döviz kuru ve küresel girdi fiyatlarının eklenmesi, ürün ve bölge ayrımı yapılması, bootstrap ile çıkarımın desteklenmesi ve örneklem dışı tahmin başarısının sınanması yararlı olacaktır.

6. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

6.1. Sonuçların iktisadi anlamı

Ocak 2015–Haziran 2026 döneminde Türkiye'de tarımsal girdi fiyatlarının geçmiş değerleri, ürün fiyatlarının kendi geçmişine ve aylık mevsimselliğe ek öngörü bilgisi sağlamaktadır. Bu sonuç alternatif gecikme sayıları, klasik ve HAC kovaryansları ile Holm düzeltmesi altında korunmuştur. Ters yöndeki ilişki için modeller arasında tutarlı kanıt elde edilmemiştir. Üretici fiyatları izlenirken girdi piyasalarındaki gelişmelerin de dikkate alınması bu bulgunun doğrudan uygulama karşılığıdır.

Geometrik oran endeksinin dönem ortalaması 2015–2019'da 93,61 iken Ocak 2022–Haziran 2026'da 110,44 olmuştur. Yaklaşık %18'lik göreli fark, ürün fiyatlarının son dönemde girdi fiyatlarına göre daha yüksek bir konumda bulunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte son dönemdeki 54 ayın 11'inde oran referans düzeyinin altında kalmıştır. Dönem ortalamasıyla birlikte aylık hareketlerin, girdi alım tarihlerinin ve ürün satış koşullarının izlenmesi gerekmektedir.

Ürün fiyatlarındaki yükseliş, üretici desteğine duyulan ihtiyacın aynı ölçüde azaldığı anlamına gelmemektedir. İşletmenin üretim miktarı, verimi ve girdi kullanımı endeks oranında yer almamaktadır. Destek ihtiyacı fiyat göstergeleriyle birlikte birim maliyet, borçluluk ve üretici geliri üzerinden değerlendirilmelidir.

6.2. Politika tasarımı için öncelikler

Girdi ve ürün fiyatlarını birlikte izleyen düzenli bir gösterge seti oluşturulmalıdır. Toplam endekslerin yanında gübre, enerji ve yem alt endeksleri, ürünlerin satış dönemleri ve arz göstergeleri değerlendirilmelidir. Girdi fiyatlarındaki belirgin hareketler, ürün ve bölge düzeyinde maliyet incelemesini başlatacak bir gösterge olarak kullanılabilir. Sistemin uygulamaya alınmasından önce, yalnızca geçmiş ürün fiyatlarını kullanan bir modele kıyasla gerçek zamanlı tahmin başarısı sınanmalıdır.

Destekler belgelenen maliyet ve gelir baskısına göre hedeflenmelidir. Yalnızca GFE–ÜFE oranından hesaplanan bir destek, girdi bileşimi ve verimi farklı işletmeleri aynı kabul edecektir. Bu nedenle ürün ve bölge düzeyinde standartlaştırılmış maliyet hesapları ile kullanılan girdi miktarlarını ve satış gelirlerini izleyen işletme örneklemleri oluşturulmalıdır. Geçici destekler açık yararlanma koşulları, süre sınırı ve değerlendirme takvimiyle uygulanabilir. Destek oranı ve bütçe büyüklüğü ise işletme verilerine dayanan ayrı bir değerlendirme gerektirir.

Finansman araçları üretim döngüsüyle uyumlaştırılmalıdır. Girdinin satın alınması ile ürün bedelinin tahsil edilmesi arasındaki süre, yıllık ortalama fiyat oranında görünmeyen işletme sermayesi ihtiyacı yaratabilir. Finansman ihtiyacı doğrulanan işletmelerde kredi geri ödemeleri ve destek ödemeleri üretim ve tahsilat takvimine göre düzenlenebilir. Keskin ve Medetoğlu'nun (2025) bulguları da bu konunun önemini desteklemektedir. Uygulama sonuçları kredi hacminin yanında borç ödeme kapasitesi ve temel girdilere erişim üzerinden izlenmelidir.

Üretici örgütlerinin ortak alım, fiyat bilgisi ve pazarlama hizmetleri geliştirilmelidir. Karşılaştırılabilir girdi teklifleri ve açık sözleşme koşulları üreticinin karar vermesini kolaylaştırabilir. Satış sözleşmelerinde kalite, miktar, teslim tarihi ve ödeme vadesi açıkça belirtilmelidir. Bignebat ve diğerleri (2009) ile Yilmazkuday'ın (2018) çalışmaları, bu hizmetlerin yerel piyasa koşullarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Uygulamaların başarısı üreticiye yansıyan net fayda ve işlem maliyetiyle ölçülmelidir.

Kısa dönem maliyet izlemesi, orta dönem verimlilik politikalarıyla desteklenmelidir. Ürün gereksinimine uygun gübreleme, enerji kullanımının iyileştirilmesi ve kayıpların azaltılması gibi seçenekler işletme düzeyinde incelenebilir. Bu uygulamaların öncelik sırası ayrı teknik ve ekonomik değerlendirmelerle belirlenmelidir. Desteklerin başarısı nominal ürün fiyatlarının yanında birim maliyet, verim, net gelir ve kaynak kullanımındaki değişimle ölçülmelidir.

6.3. Politika değerlendirmesinde temel ilke

Bulgular, girdi fiyatlarının üretici fiyatlarıyla birlikte izlenmesini desteklemektedir. Belirli bir müdahalenin etkisi ise bu iki endeksten belirlenemez. Politika tasarımında fiyat göstergeleriyle saptanan baskının işletme verileriyle doğrulanması, desteğin buna göre hedeflenmesi ve uygulama sonuçlarının ölçülmesi gerekmektedir. Makasın yükseldiği dönemlerde de üreticilerin aynı ölçüde yararlandığı varsayılmamalıdır.

Kaynakça

Altunöz, U. (2026). From diesel to retail food prices: Asymmetric cost pass-through in Türkiye: Evidence from nonlinear ARDL. Future Business Journal, 12, 279. https://doi.org/10.1186/s43093-026-00990-8

Bignebat, C., Koç, A. A., & Lemeilleur, S. (2009). Small producers, supermarkets, and the role of intermediaries in Turkey's fresh fruit and vegetable market. Agricultural Economics, 40(s1), 807–816. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2009.00417.x

Demirağ, İ., & Sağır, M. (2024). Gıda fiyatları neden yükseliyor? Türkiye'de üretici ve döviz kuru etkisinin ARDL ile incelemesi. Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 42(1), 33–46. https://doi.org/10.17065/huniibf.1288378

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74(366), 427–431. https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. Econometrica, 55(2), 251–276. https://doi.org/10.2307/1913236

Gardner, B. L. (1975). The farm-retail price spread in a competitive food industry. American Journal of Agricultural Economics, 57(3), 399–409. https://doi.org/10.2307/1238402

Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. Econometrica, 37(3), 424–438. https://doi.org/10.2307/1912791

Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics, 6(2), 65–70. https://www.jstor.org/stable/4615733

Keskin, Ö., & Medetoğlu, B. (2025). Analysis of the relationship between agricultural credit utilization and agricultural input price index. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 62(4), 511–522. https://doi.org/10.20289/zfdergi.1617344

Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? Journal of Econometrics, 54(1–3), 159–178. https://doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y

MacKinnon, J. G. (2010). Critical values for cointegration tests. Queen's Economics Department Working Paper No. 1227. Queen's University. https://www.econ.queensu.ca/research/working-papers/1227

McCorriston, S., Morgan, C. W., & Rayner, A. J. (2001). Price transmission: The interaction between market power and returns to scale. European Review of Agricultural Economics, 28(2), 143–159. https://doi.org/10.1093/erae/28.2.143

Meyer, J., & von Cramon-Taubadel, S. (2004). Asymmetric price transmission: A survey. Journal of Agricultural Economics, 55(3), 581–611. https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2004.tb00116.x

Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. Econometrica, 55(3), 703–708. https://doi.org/10.2307/1913610

Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. Journal of Econometrics, 66(1–2), 225–250. https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8

TÜİK. (2026a). Tarımsal Girdi Fiyat Endeksi, Temmuz 2026. TÜİK Veri Portalı. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/58084

TÜİK. (2026b). Tarım Ürünleri Üretici Fiyat Endeksi, Temmuz 2026. https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/57979

Uzel, G., Kuzu, M., Güler, A., & Gürlük, S. (2025). Asymmetric effects of agricultural input prices on farmgate prices in Türkiye. Agriculture, 15(6), 607. https://doi.org/10.3390/agriculture15060607

Vavra, P., & Goodwin, B. K. (2005). Analysis of price transmission along the food chain. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 3. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/752335872456

Verinays. (2026a). Tarımsal Girdi Fiyat Endeksi ve Değişim Oranları [2020=100]. TÜİK kaynaklı açık veri kümesi. https://verinays.org/dataset/tuik-df-tarimsal-girdi-fiyat-endeksi-ve-degisim-oranlari-2020-100

Verinays. (2026b). Tarım Ürünleri Üretici Fiyat Endeksi ve Değişim Oranları [2020=100]. TÜİK kaynaklı açık veri kümesi. https://verinays.org/dataset/tuik-df-tarim-urunleri-uretici-fiyat-endeksi-ve-degisim-oranlari-202

von Cramon-Taubadel, S., & Goodwin, B. K. (2021). Price transmission in agricultural markets. Annual Review of Resource Economics, 13, 65–84. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093938

Yilmazkuday, H. (2018). Spatial dispersion of retail margins: Evidence from Turkish agricultural prices. Agricultural Economics, 49(4), 455–462. https://doi.org/10.1111/agec.12428

TÜRKİYE'DE TARIMSAL İSTİHDAM VE ÇALIŞAN BAŞINA REEL KATMA DEĞER: 1991–2024 DÖNEMİNDEKİ DEĞİŞİM

Doç. Dr. Serhan CANDEMİR [1]/ Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN [2]/Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU[3]

[1] Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Malatya, Türkiye, serhan.candemir@ozal.edu.tr

ORCID: 000-0003-4248-7024

[2] Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye, hasandogan@selcuk.edu.tr

ORCID: 0000-0002-5303-1770

[3] Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Konya, Türkiye, zbayramoglu@selcuk.edu.tr

ORCID: 0000-0003-3258-3848,

Özet

Bu çalışma, Türkiye'de 1991–2024 döneminde tarım, ormancılık ve balıkçılık sektöründe çalışan başına reel katma değerin değişimini ve bu değişimin muhasebe bileşenlerini incelemektedir. Dünya Bankası göstergeleri kullanılarak toplam işgücünden işsizler çıkarılmış ve toplam istihdamın tarımsal istihdam payıyla çarpılması yoluyla sektör istihdamı hesaplanmıştır. Çalışan başına katma değer, sabit 2015 ABD dolarıyla sektör katma değerinin bu istihdama bölünmesiyle elde edilmiştir. Değişim, katma değer büyümesi ile istihdam değişimi arasında tam logaritmik özdeşlikle ayrıştırılmıştır. Kısa dönem makroekonomik ilişkiler, durağanlık incelemesine dayanan dinamik regresyonlarla araştırılmıştır. Tarımsal istihdam 8,89 milyondan 4,83 milyona gerilerken reel katma değer 35,30 milyar dolardan 72,84 milyar dolara, çalışan başına katma değer 3.972,7 dolardan 15.074,5 dolara yükselmiştir. Toplam log artışın %54,3'ü katma değer büyümesine, %45,7'si istihdam daralmasına karşılık gelmektedir. Katma değer bileşeninin payı 2000–2010 döneminde %37,3 iken 2010–2020 döneminde %82,8 olmuştur. Çalışan başına katma değerin yıllık bileşik artışı 2020–2024 döneminde %1,31'e gerilemiştir. Kur artış hızındaki ve enflasyondaki yıllık değişimlerin katsayıları, iki kısa dönem denkleminde de istatistiksel olarak sıfırdan ayırt edilememiştir. Çalışan başına sektör ortalamasındaki artış, tek başına kişisel gelir veya refah artışını göstermemektedir. Politika izlemesinde katma değer ve istihdamın ayrı değerlendirilmesi, üretkenlik yatırımlarında küçük işletmelerin erişiminin gözetilmesi ve sektör göstergelerinin ücret, işletme geliri ve sosyal güvence verileriyle tamamlanması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Tarımsal istihdam, çalışan başına katma değer, emek verimliliği, muhasebe ayrıştırması, yapısal dönüşüm, Türkiye.

AGRICULTURAL EMPLOYMENT AND REAL VALUE ADDED PER WORKER IN TURKEY: TRENDS DURING THE 1991–2024 PERIOD

Doç. Dr. Serhan CANDEMİR[1]/ Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN[2]/Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU[3]

[1]Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Malatya Turgut Özal University, Malatya, Türkiye, serhan.candemir@ozal.edu.tr

(Orcid: 0000-0003-4248-7024)

[2]Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Selçuk University, Konya, Türkiye, hasandogan@selcuk.edu.tr

(Orcid: 0000-0002-5303-1770)

[3] Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture,

Selçuk University, Konya, Türkiye, zbayramoglu@selcuk.edu.tr

(Orcid: 0000-0003-3258-3848)

Abstract

This study examines the changes in real value added per worker in the agriculture, forestry, and fisheries sector in Turkey between 1991 and 2024, along with the accounting components of these changes. Using World Bank indicators, the number of unemployed individuals was subtracted from the total labor force, and sectoral employment was calculated by multiplying total employment by the share of agricultural employment. Value added per worker was derived by dividing the sector's value added—measured in constant 2015 US dollars—by this employment figure. The change was decomposed using an exact logarithmic identity between value-added growth and changes in employment. Short-term macroeconomic relationships were investigated through dynamic regressions based on an analysis of stationarity. While agricultural employment declined from 8.89 million to 4.83 million, real value added rose from $35.30 billion to $72.84 billion, and value added per worker increased from $3,972.7 to $15,074.5. Of the total logarithmic increase, 54.3% is attributable to value-added growth, while 45.7% corresponds to a contraction in employment. The share of the value-added component was 37.3% during the 2000–2010 period, rising to 82.8% during the 2010–2020 period. The compound annual growth rate of value added per worker slowed to 1.31% between 2020 and 2024. In both short-term equations, the coefficients for the annual changes in the exchange rate and inflation were found to be statistically indistinguishable from zero. An increase in the sector average per worker does not indicate an improvement in personal income or well-being. It is recommended that value added, and employment be evaluated separately in policy monitoring, that the accessibility of productivity-enhancing investments for small-scale enterprises be taken into account, and that sectoral indicators be supplemented with data on wages, business income, and social security coverage.

Keywords: Agricultural employment, value added per worker, labor productivity, accounting decomposition, structural transformation, Turkey.

1. GİRİŞ

Tarımın ekonomik kalkınmadaki rolü üretim artışı, gıda arzı, kırsal geçim kaynakları ve sektörler arası emek hareketliliğiyle birlikte değerlendirilmelidir. Tarımda çalışanların toplam istihdam içindeki payının azalması, kalkınma literatürünün temel gözlemlerinden biridir. Bununla birlikte istihdam payının düşmesi, sektörün toplam üretiminin azalmasını veya tarımda kalan herkesin gelirinin yükselmesini zorunlu kılmaz. Lewis (1954), Johnston ve Mellor (1961) ve Timmer (1988), tarımsal dönüşümün ekonomi genelindeki üretim ve istihdam ilişkileri içinde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çalışan başına reel katma değer bu dönüşümün izlenmesinde kullanışlıdır. Ancak oran biçimindeki gösterge hem paydaki katma değer artışından hem paydadaki çalışan sayısının azalmasından etkilenir. Bu iki hareketin ayrılmaması, işgücü daralmasıyla oluşan ortalama artışın yalnızca teknolojik ilerlemeye bağlanmasına neden olabilir. Ayrıca emek verimliliği, toplam faktör verimliliğiyle aynı kavram değildir. Sermaye ve arazi kullanımındaki değişiklikler, çalışma süresi ve ürün bileşimi de çalışan başına katma değeri değiştirebilir (Hayami ve Ruttan, 1985, Restuccia ve diğerleri, 2008).

Türkiye'de tarımsal dönüşümün işgücü piyasasına yansımaları yeni değildir. İlkkaracan ve Tunalı (2011), tarımdaki istihdam çözülmesinin yaş, cinsiyet ve işgücüne katılım boyutları bulunduğunu göstermektedir. Tatar Taşpınar ve Atiyas (2026) ise sektörler arası emek verimliliği farklılıklarını ve göreli fiyatların ölçümdeki önemini ele almaktadır. Bu literatür, tarımsal istihdam azalmasını tek başına başarılı bir refah dönüşümü olarak okumamayı gerektirir. Tarım dışına çıkanların hangi işlere geçtiği ve tarımda kalanların yaratılan değerden ne ölçüde pay aldığı ayrı sorulardır.

Bu makalenin araştırma sorusu, Türkiye'de çalışan başına reel tarımsal katma değer artışının ne kadarının sektör katma değerindeki büyümeye ve ne kadarının istihdam daralmasına karşılık geldiğidir. İnceleme 1991–2024 dönemini kapsamaktadır. Önce ortak tanımlara dayanan sektör istihdamı ve çalışan başına katma değer hesaplanmakta, ardından toplam değişim ve alt dönemler ayrıştırılmaktadır. Makroekonomik değişkenlerle kısa dönem birliktelikler ise ana ayrıştırmayı tamamlayan sınırlı bir analiz olarak sunulmaktadır.

Çalışma, Türkiye'de çalışan başına reel tarımsal katma değerin değişimini pay ve payda bileşenleriyle incelemekte, bu bileşenlerin dönemler arasındaki ağırlığını karşılaştırmaktadır. Dünya Bankası'nın yayımladığı çalışan başına katma değer göstergesine ek olarak, istihdam hesabının dayandığı işgücü, işsizlik ve sektör payı açıkça gösterilmektedir. Böylece ortalama emek verimliliğindeki artışın katma değer büyümesi ve çalışan sayısındaki azalmayla ilişkisi ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

2.1. Yapısal dönüşüm ve tarımsal emek verimliliği

Yapısal dönüşüm, üretim ve istihdamın sektörler arasındaki dağılımının değişmesidir. Tarımsal verimlilik artışı, gıda talebinin karşılanmasını daha az emekle mümkün kılabilir ve diğer sektörlere işgücü sağlayabilir. Buna karşılık tarım dışı iş olanaklarının gelişmesi de tarımdan ayrılmayı teşvik edebilir. Dolayısıyla tarımsal istihdam ve verimlilik birlikte belirlenen büyüklüklerdir. Gollin ve diğerleri (2002) ile Herrendorf ve diğerleri (2014), bu ilişkinin kalkınma düzeyi, talep yapısı ve sektörel üretkenlik farklılıklarıyla bağlantısını açıklamaktadır.

Çalışan başına katma değer artışı, aynı çalışan sayısıyla daha yüksek katma değer yaratılması durumunda da katma değer sabitken çalışan sayısının azalması durumunda da ortaya çıkar. İkinci durumda ölçülen emek verimliliği yine yükselir. Ancak bu değişimin teknik etkinlik veya yenilik kaynaklı olduğu söylenemez. Schultz (1964) ve Hayami ve Ruttan (1985), üreticilerin bilgi, teknoloji ve teşviklere erişiminin tarımsal gelişmedeki rolünü vurgulamaktadır. Bu mekanizmaların ayrı katkılarını belirlemek için sermaye, arazi, çalışma saati ve teknoloji kullanımına ilişkin ek verilere ihtiyaç vardır.

2.2. Katma değer ile kişisel gelir arasındaki ayrım

Sektör katma değeri, üretim değerinden ara tüketimin çıkarılmasıyla hesaplanır. Bu büyüklüğün çalışan sayısına bölünmesi bireysel ücret veya kullanılabilir hanehalkı geliri vermez. Brüt katma değer, emek ödemeleri dışında sermaye tüketimi ve işletme artığı gibi unsurları da kapsar. Kendi hesabına çalışanların karma geliri ile ücretli emeğin geliri birbirinden ayrılmadığında sektör ortalaması dağılım hakkında doğrudan bilgi sunmaz (World Bank, 2026a).

İşletme ölçeği ve üretim faktörlerine erişim, sektör büyümesinden kimin yararlandığını etkiler. Eastwood ve diğerleri (2010) işletme ölçeğinin tarımsal yapıdaki önemini, Christiaensen ve diğerleri (2011) ise yoksulluğun azaltılmasında yoksul kesimlerin büyümeye katılımının belirleyici olduğunu tartışmaktadır. Ücretsiz aile işçiliği ve kadınların kaynaklara erişimindeki farklılıklar da ortalama göstergelerin yorumunu sınırlar (FAO, 2023). Bu nedenle çalışan başına katma değer artışı, gelir dağılımındaki iyileşmenin kanıtı olarak kullanılamaz.

2.3. Makroekonomik koşullar ve sektörel riskler

Döviz kurundaki değişim, ithal girdilerin maliyeti ve ihraç ürünlerinin yerel para cinsinden karşılığı üzerinden farklı yönlerde ilişkiler yaratabilir. Tüketici enflasyonu ise tarımsal ürün fiyatlarıyla girdi maliyetleri arasındaki farkı doğrudan ölçmez. OECD'nin Türkiye değerlendirmeleri, yüksek enflasyon ve kur hareketlerinin tarımsal destek göstergelerinin yorumunu da zorlaştırabildiğini belirtmektedir (OECD, 2024). Bu nedenle kur ve tüketici fiyatları, üreticinin net gelirini temsil eden göstergeler olarak ele alınmamıştır.

İklim, suya erişim ve ürün bileşimi de tarımsal üretimi etkileyebilir. Muthui ve Zugravu-Soilita (2026), aşırı hava olaylarını tarımsal emek verimliliği ve istihdam payıyla birlikte incelemektedir. Mevcut çalışmada iklim ve teknoloji değişkenleri bulunmadığından, bunların etkileri tahmin edilmemiştir. Bu etkilere ilişkin literatür, bulguların yorumunda ve sonraki araştırmaların veri gereksinimlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

3. VERİ VE DEĞİŞKENLERİN OLUŞTURULMASI

Veriler Dünya Bankası World Development Indicators (WDI) Türkiye serilerinden oluşmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan arşiv dosyalarının kaynak güncelleme tarihi 8 Ekim 2026'dır. İnceleme dönemi, başlangıç yılı 1991 ve bitiş yılı 2024 olacak şekilde sabitlenmiştir. Arşivdeki sonraki yıla ait kayıtlar bu dönem tanımına dahil edilmemiştir. Altı temel serinin 1991–2024 aralığında eksik gözlemi yoktur. Düzey incelemesi 34, yıllık büyüme incelemesi 33 gözleme dayanmaktadır. Dinamik makroekonomik denklemler, fark ve gecikmeler nedeniyle 1993–2024 için 32 gözlem kullanmaktadır. Fiyat ve kur serileri aynı WDI arşivinden alınmıştır (World Bank, 2026d).

Tablo 1. Temel göstergeler ve hesaplanan değişkenler

Gösterge	Tanım ve birim	WDI kodu veya işlem
Y	Tarım, ormancılık ve balıkçılık reel katma değeri, sabit 2015 ABD doları	NV.AGR.TOTL.KD
LF	Toplam işgücü, kişi	SL.TLF.TOTL.IN
s	Tarım istihdamının toplam istihdam içindeki payı, %	SL.AGR.EMPL.ZS
u	İşsizlerin toplam işgücü içindeki payı, %	SL.UEM.TOTL.ZS
E ve N	Toplam istihdam ve tarımsal istihdam, kişi	E = LF(1 − u/100), N = Es/100
q	Çalışan başına reel katma değer, dolar/çalışan	q = Y/N
FX	Dönem ortalaması resmi döviz kuru, TL/ABD doları	PA.NUS.FCRF
CPI	Tüketici fiyat endeksi, 2010 = 100	FP.CPI.TOTL

Tarım istihdam payının paydası toplam istihdamdır. Bu nedenle pay, toplam işgücüyle doğrudan çarpılmamıştır. İşgücü ve işsizlik göstergelerinden önce toplam istihdam elde edilmiş, sektör istihdamı bu toplam üzerinden hesaplanmıştır (World Bank, 2026b, 2026c). Temel tanımlar aşağıdaki gibidir.

$$E_t = LF_t(1 - u_t/100),\ N_t = E_t s_t/100,\ q_t = Y_t/N_t \quad (1)$$

Denklem (1)'de E ve N kişi cinsindedir. Tablolarda N yalnızca gösterim amacıyla milyon kişiye çevrilmiştir. Katma değer ile istihdam aynı geniş sektörü, tarım, ormancılık ve balıkçılığı kapsamaktadır. Metinde kullanılan tarımsal ifadesi bu kapsama karşılık gelmektedir. Sabit fiyatlı katma değer tekrar TÜFE ile deflate edilmemiştir. Sabit 2015 ABD doları, serinin raporlama birimidir ve cari yılda ele geçen dolar gelirini veya satın alma gücü paritesini ifade etmez.

İstihdam payı ve işsizlik oranı ILO modellemeli göstergelerdir. Bu nedenle N, göstergelerden türetilmiş bir sektör istihdamı tahminidir. Modellemeli seriler, ulusal gözlemler yanında eksik kayıtların tahmin yoluyla tamamlanmasını içerebilir. Kullanılan arşiv, yıllık keskin hareketlerin fiili istihdam değişiminden ve ölçüm farklılıklarından kaynaklanan kısımlarını ayırmaya izin vermemektedir. Dünya Bankası'nın doğrudan yayımladığı NV.AGR.EMPL.KD serisi aynı kavramı ölçmektedir. Buradaki sayısal sonuçlar ise Denklem (1) ile oluşturulan seriye dayanmaktadır. İki serinin birebir örtüştüğü varsayılmamıştır (World Bank, 2026a).

4. YÖNTEM

4.1. Tam logaritmik ayrıştırma

Yıllık büyüme, ilgili serinin doğal logaritmasının birinci farkının 100 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Bu ölçü metin ve tablolarda log büyüme olarak adlandırılmıştır. Basit yüzde değişim ayrıca belirtildiğinde düzey oranından hesaplanmıştır. Çalışan başına katma değer için yıllık ve birikimli ayrıştırma tam özdeşliktir.

$$g_{q,t} = 100\Delta ln(q_t) = 100\Delta ln(Y_t) - 100\Delta ln(N_t) = g_{Y,t} - g_{N,t} \quad (2)$$

$$Q_{ab} = 100ln(q_b/q_a) = C_{ab}^{Y} + C_{ab}^{N} \quad (3)$$

$$C_{ab}^{Y} = 100ln(Y_b/Y_a),\ C_{ab}^{N} = -100ln(N_b/N_a) \quad (4)$$

Katkı payları, her bileşenin Q'ya oranının 100 ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Bunlar log artış içindeki muhasebe paylarıdır. Bileşenlerden biri negatif olduğunda paylar negatif veya %100'den büyük olabilir. Çalışmada raporlanan dönemlerin tamamında iki bileşen de pozitiftir. Yıllık bileşik artış, 100[exp(Q/(100(b − a))) − 1] biçiminde hesaplanmıştır. Ayrıştırma, katma değer veya istihdam hareketini hangi politikanın oluşturduğunu belirleyen bir nedensellik yöntemi değildir.

Alt dönemler 1991–2000, 2000–2010, 2010–2020 ve 2020–2024 olarak tanımlanmıştır. Ortak sınır yılları düzey karşılaştırmasının uç noktalarıdır ve yıllık değişimler iki kez sayılmamaktadır. Bu tanım, sırasıyla 1992–2000, 2001–2010, 2011–2020 ve 2021–2024 büyüme gözlemlerini kapsar. Dönem uzunlukları farklı olduğu için birikimli katkıların yanında yıllık bileşik artış da verilmektedir.

4.2. Durağanlık ve kısa dönem modelleri

Durağanlık, genişletilmiş Dickey–Fuller (ADF) testiyle incelenmiştir (Dickey ve Fuller, 1979). Katma değer, istihdam ve çalışan başına katma değerin log düzeyleri için sabit ve doğrusal trend, büyüme ve oran serileri için yalnız sabit kullanılmıştır. En çok üç gecikme içinden seçim Akaike bilgi ölçütüyle yapılmıştır. Raporlanan p değerleri MacKinnon yaklaşımına dayanmaktadır. Küçük örneklem ve olası kırılmalar nedeniyle reddedememe sonucu birim kökün kesin kanıtı olarak yorumlanmamıştır.

Kurun log büyümesi ve enflasyon oranı için birim kök sıfır hipotezi reddedilemediğinden, yardımcı regresyonlarda bu değişkenlerin birinci farkları kullanılmıştır. Dolayısıyla kur değişkeni değer kaybı hızının yıllık değişimini, fiyat değişkeni ise enflasyonun yıllık değişimini ölçmektedir. Bu dönüşümler kur düzeyinin veya enflasyon düzeyinin etkisini tahmin etmez. Enflasyon $\pi_t = 100(CPI_t/CPI_{t-1} - 1)$, kur büyümesi $f_t = 100\Delta\ln(FX_t)$ olarak tanımlanmıştır.

$$g_t^j = \alpha_j + \rho_j g_{t-1}^j + \beta_j \Delta f_t + \gamma_j \Delta \pi_t + \varepsilon_{j,t},\ j \in \{Y, N\} \quad (5)$$

Denklem (5) iki bağımlı değişken için ayrı tahmin edilmiştir. Tek gecikme, yıllık dinamiği az parametreyle temsil etmek amacıyla kullanılmıştır. Katsayılar en küçük karelerle, belirsizlik ise Bartlett çekirdekli ve iki gecikmeli Newey–West heteroskedastisite ve otokorelasyona dayanıklı (HAC) kovaryansıyla hesaplanmıştır (Newey ve West, 1987). Burada n gözlem sayısını, k sabit dahil tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir. Kovaryansta n/(n − k) sonlu örneklem çarpanı ve aralık tahminlerinde n − k serbestlik dereceli t dağılımı kullanılmıştır. Küçük örneklemde bu aralıklar yaklaşık niteliktedir. İki denklemdeki dört makro katsayı için Holm düzeltmesi ayrıca uygulanmıştır (Holm, 1979).

İşsizlik oranı, N'nin oluşturulmasında zaten yer aldığından ana istihdam denklemine açıklayıcı değişken olarak alınmamıştır. İşsizlikteki yıllık değişimin eklendiği model yalnız duyarlılık kontrolüdür ve bu katsayı davranışsal istihdam etkisi olarak yorumlanmamıştır. Aynı şekilde g_q, kendisini tanımlayan g_Y ve g_N üzerine regresyona tabi tutulmamıştır. İki bileşenin ayrı tahmini, muhasebe özdeşliğinin açıklama gücü gibi sunulmasını önlemektedir.

4.3. Tanı ve duyarlılık kontrolleri

Artık otokorelasyonu iki gecikmeli Breusch–Godfrey testi, değişen varyans Breusch–Pagan testi ve açıklayıcı değişkenler arasındaki bağlantı varyans büyütme faktörüyle (VIF) incelenmiştir. HAC gecikmesinin bire indirilmesi, 2004 ve 2005 gözlemlerinin dışlanması ve 2005–2024 alt örneklemiyle tahminler tekrarlanmıştır. Gözlem dışlandığında gecikmeli bağımlı değişken gerçek takvimdeki önceki yıl değeridir. Dışlanan yıllar kalan

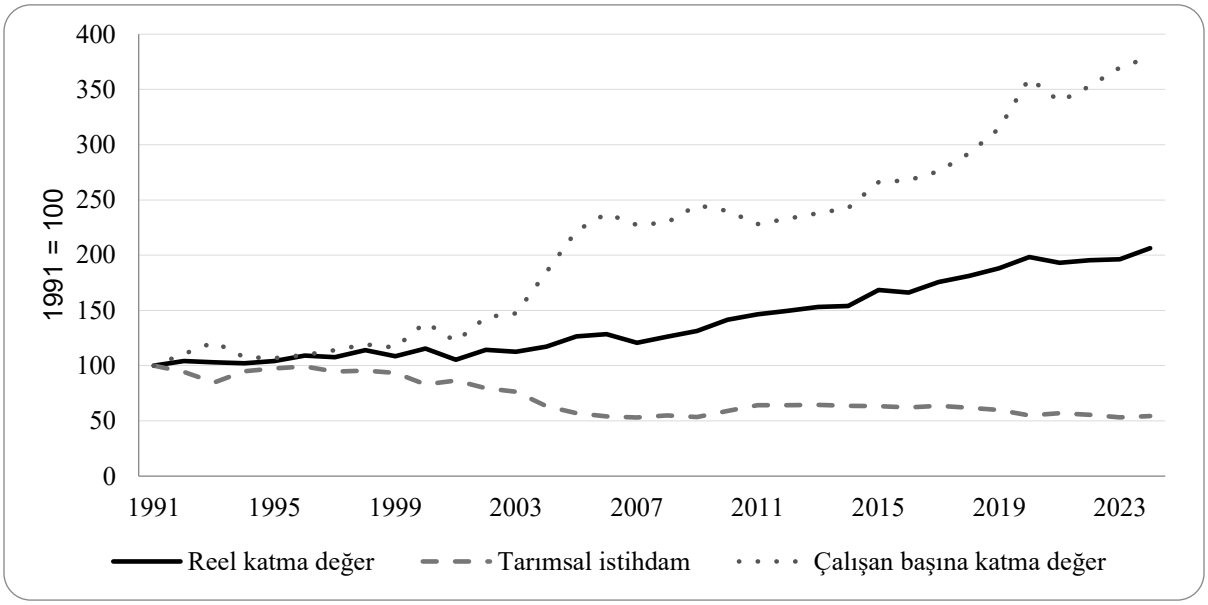
gözlemlerle birbirine eklenerek yeni büyüme oranı hesaplanmamıştır. Uç yıl duyarlılığı için 1991–1993 ve 2022–2024 ortalama katma değer ve istihdam düzeylerinin oranları ayrıca ayrıştırılmıştır.

İstihdam serisindeki keskin hareket nedeniyle 2004 yılı, katsayı istikrarına ilişkin keşfedici bir duyarlılık incelemesinde rejim sınırı olarak seçilmiştir. Denklem (5)'te sabit ve üç eğim katsayısının tamamının 2004 ve sonrasında değişmesine izin verilmiş, dört etkileşimin ortak sıfır hipotezi HAC kovaryanslı Wald F yaklaşımıyla sınanmıştır. Tarih, seride gözlenen hareket dikkate alınarak seçildiği için p değerleri doğrulayıcı bir kırılma testi olarak değerlendirilmemiştir. İnceleme, veri üretimindeki değişim ile ekonomik dönüşümü ayıramamaktadır. Sonuçlar tam dönem katsayılarının yorumunu sınırlayan ek kanıt olarak sunulmuştur.

5. BULGULAR

5.1. Uzun dönem değişim ve yıllık dalgalanma

Tarımsal istihdam 1991'de 8,886 milyon kişiden 2024'te 4,832 milyona gerilemiştir. Bu, basit yüzde değişimle %45,6 azalıştır. Aynı dönemde reel katma değer 35,302 milyar dolardan 72,836 milyar dolara çıkarak %106,3 artmıştır. Çalışan başına katma değer 3.972,7 dolardan 15.074,5 dolara yükselmiş, başlangıç düzeyinin 3,79 katına ulaşmıştır. Böylece ortalama emek verimliliği artışı, hem toplam katma değerin yükselmesi hem çalışan sayısının azalmasıyla birlikte gerçekleşmiştir. Yıllık düzeyler Ek Tablo A1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Reel katma değer, tarımsal istihdam ve çalışan başına katma değer endeksleri. Hesaplamalar WDI serilerine dayanmaktadır. Üç seri 1991 = 100 olacak şekilde endekslenmiştir.

Şekil 1, üç seriyi ortak başlangıç endeksiyle göstermektedir. İstihdamdaki daralma ile çalışan başına katma değerdeki artışın birlikte izlenmesi, oran göstergesinin neden toplam üretimden daha hızlı yükseldiğini açıklamaktadır. Şekildeki birlikte hareket, işgücünün hangi sektöre geçtiğini veya teknik etkinliğin ne kadar arttığını belirlememektedir.

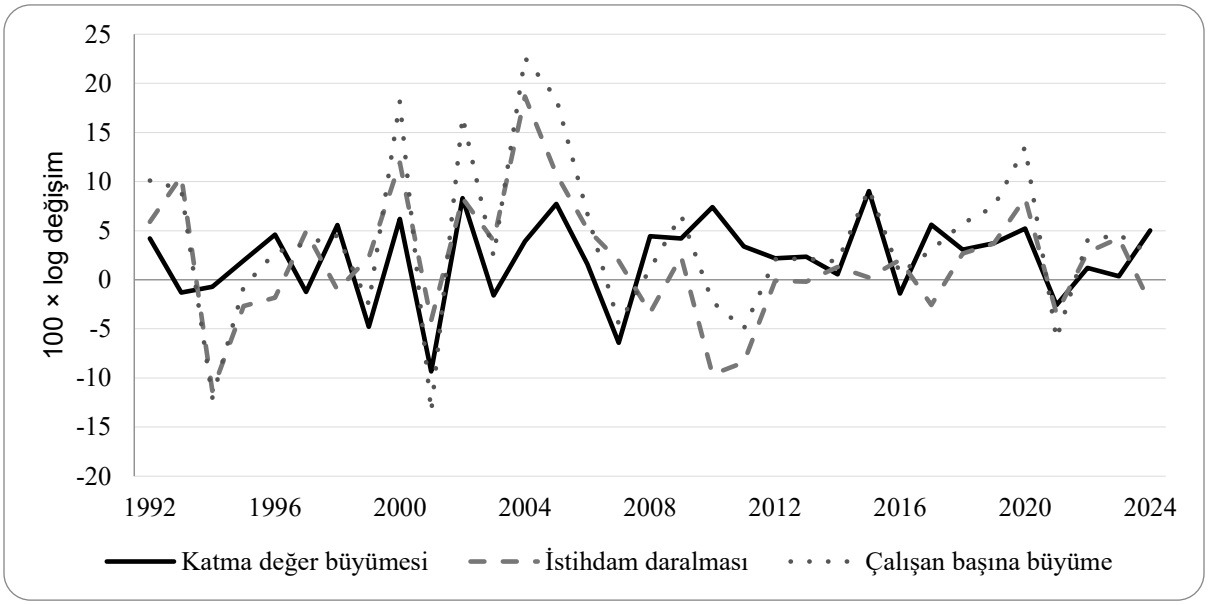
Tablo 2. Temel değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	n	Ortalama	Std. sapma	En düşük	En yüksek
Reel katma değer, milyar dolar	34	49,48	12,21	35,30	72,84
Tarımsal istihdam, milyon kişi	34	6,32	1,49	4,72	8,89
Çalışan başına katma değer, dolar	34	8.534,55	3.506,91	3.972,74	15.074,47
Katma değer log büyümesi	33	2,19	4,22	-9,34	9,03
İstihdam log büyümesi	33	-1,85	6,29	-18,67	11,31
Çalışan başına log büyüme	33	4,04	8,07	-13,46	22,59

Not. Düzeyler 1991–2024, büyümeler 1992–2024 dönemine aittir. Log büyüme 100Δln(x) biçimindedir ve basit yüzde değişimden farklıdır.

Çalışan başına katma değerin ortalama yıllık log büyümesi 4,04, standart sapması 8,07'dir. Katma değer büyümesinin standart sapması 4,22 iken istihdam büyümesinde 6,29'dur. İstihdam büyümesi, katma değer büyümesine göre daha yüksek oynaklık göstermektedir. Çalışan başına büyümenin varyansı ise yalnızca bu iki varyansa bağlı değildir. Bileşenlerin kovaryansı da toplam oynaklığı etkiler.

Şekil 2'deki yıllık değişimlerde 2001 için çalışan başına log büyüme −13,46, 2004 için 22,59 ve 2005 için 18,48'dir. 2004'te katma değer log büyümesi 3,93 iken istihdam log büyümesi −18,67'dir. Dolayısıyla o yılın yüksek oran artışında paydadaki düşüş belirgindir. Ancak bu düşüşün tamamını fiili işten ayrılmaya bağlamak için veri yeterli değildir. 2021'de çalışan başına log büyüme −6,02 olmuş, uzun dönem artışın her yıl sürmediği görülmüştür.



Şekil 2. Çalışan başına katma değer büyümesi ve yıllık muhasebe bileşenleri. İstihdam bileşeni eksi büyüme olarak çizilmiştir. Her yılda ilk iki serinin toplamı çalışan başına büyümeye eşittir.

B. 5.2. Toplam artışın ve alt dönemlerin ayrıştırılması

Tam dönemde çalışan başına katma değerin birikimli log artışı 133,35'tir. Bunun 72,43 log puanı katma değer artışına, 60,93 log puanı istihdam daralmasına karşılık gelmektedir. Toplam log değişim içindeki paylar sırasıyla %54,31 ve %45,69'dur. Bu paylar log değişime aittir ve düzeydeki dolar artışına doğrudan uygulanamaz. Çalışan başına katma değerin yıllık bileşik artışı tam dönemde %4,12'dir.

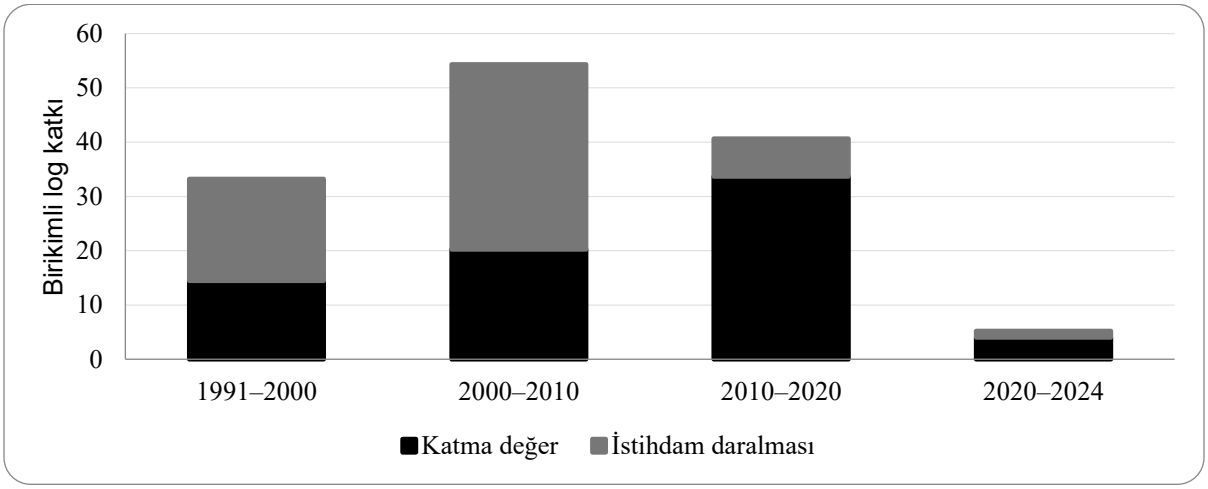
Tablo 3. Çalışan başına katma değer artışının muhasebe ayrıştırması

Dönem	Katma değer katkısı	İstihdam katkısı	Toplam log artış	Katma değer payı, %	Yıllık bileşik artış, %
1991–2000	14,49	18,71	33,20	43,65	3,76
2000–2010	20,25	34,05	54,30	37,29	5,58
2010–2020	33,67	7,00	40,66	82,79	4,15
2020–2024	4,02	1,17	5,19	77,38	1,31
1991–2024	72,43	60,93	133,35	54,31	4,12

Not. Katkılar 100ln düzey oranlarıdır. İstihdam katkısı $-100\ln(N_\beta/N_a)$ olarak hesaplanmıştır. İstihdamın toplam log artıştaki payı, 100 eksi katma değer payıdır. Alt dönemlerin log katkıları tam dönem katkılarına eklenebilir. Yıllık bileşik oranlar dönem uzunluğunu dikkate alır. Yuvarlama nedeniyle basılı katkıların toplamı son ondalıkta farklılaşabilir.

Bileşenlerin ağırlığı zaman içinde değişmektedir. 2000–2010 döneminde 54,30 log puanlık toplam artışın 34,05 puanı istihdam daralmasına karşılık gelmiştir. Bu dönemde istihdam bileşeninin payı %62,71'dir. 2010–2020

döneminde ise toplam 40,66 log puanlık artışın 33,67 puanı katma değer büyümesinden gelmiş, katma değer bileşeninin payı %82,79'a yükselmiştir. Dolayısıyla tam dönem ortalaması, farklı dönemlerde farklı bileşimlerle oluşmaktadır.



Şekil 3. Alt dönemlerde katma değer ve istihdam bileşenleri. Sütun yüksekliği toplam log artıştır. Dönem uzunlukları farklıdır. Yıllık bileşik artışlar Tablo 3'te verilmiştir.

2020–2024 döneminde katma değer katkısı 4,02, istihdam katkısı 1,17 log puan ve toplam artış 5,19 log puandır. Yıllık bileşik artış %1,31 olup 2000–2010 dönemindeki %5,58'in altındadır. Son dönemde katma değer payının %77,38 olması güçlü bir üretim genişlemesi anlamına gelmez. Pay yüksek kalırken iki bileşenin mutlak katkısı da küçülmüştür. Dönem uzunluğu kısa olduğundan bu yavaşlama kalıcı bir rejim olarak nitelendirilmemiştir.

İstihdam sayısı ile istihdam payı aynı değişken değildir. Denklem (1) açıldığında $-\Delta\ln(N)$, $-\Delta\ln(LF)$, $-\Delta\ln(1 - u/100)$ ve $-\Delta\ln(s)$ bileşenlerinin toplamına eşittir. Tam dönemde bu bileşenler sırasıyla −54,95, 0,64 ve 115,24 log puandır. Toplam işgücünün genişlemesi, tarımsal payın azalmasının sektör çalışanı sayısına yansımasını kısmen dengelemiştir. Bu ek ayrıştırma da bir davranış modeli değil, kullanılan hesaplamanın muhasebe açıklamasıdır.

5.3. Durağanlık ve kısa dönem ilişkiler

Tablo 4. ADF birim kök sınaması

Seri	Deterministik terim	Gecikme	n	ADF	p
ln(Y)	Sabit ve trend	1	32	-2,165	0,510
ln(N)	Sabit ve trend	2	31	-2,019	0,591
ln(q)	Sabit ve trend	2	31	-2,680	0,245
g_Y	Sabit	0	32	-8,873	<0,001
g_N	Sabit	0	32	-4,632	<0,001
g_q	Sabit	0	32	-6,386	<0,001
f	Sabit	1	31	-1,673	0,445
π	Sabit	0	32	-1,401	0,582
Δu	Sabit	0	32	-4,708	<0,001
Δf	Sabit	0	31	-8,584	<0,001
Δπ	Sabit	0	31	-5,960	<0,001

Not. En çok üç gecikme içinden AIC ile seçim yapılmıştır. Sıfır hipotezi birim köktür. n, yardımcı test regresyonunun etkin gözlem sayısıdır. f kur log büyümesi, π enflasyon oranı, Δ ise yıllık farktır.

Log düzeylerde birim kök hipotezi reddedilememiştir. Katma değer, istihdam ve çalışan başına katma değerin büyümelerinde hipotez reddedilmektedir. Kur büyümesi ve enflasyon için p değerleri sırasıyla 0,445 ve 0,582'dir. Bu serilerin yıllık değişimlerinde ise p değerleri 0,001'in altındadır. Yardımcı modeller bu nedenle büyüme ve fark değişkenleriyle kurulmuştur. Uzun dönem denge ilişkisi veya eşbütünleşme tahmin edilmediğinden, sonuçlar uzun dönem esneklikleri olarak yorumlanamaz.

Tablo 5. Dinamik kısa dönem regresyonları

Değişken veya tanı	Katma değer büyümesi	İstihdam büyümesi
Sabit	3,076 (0,633) [1,780, 4,373] p <0,001	-1,214 (1,065) [-3,396, 0,967] p = 0,264
Bağımlı değişkenin gecikmesi	-0,454 (0,134) [-0,729, -0,180] p = 0,002	0,223 (0,161) [-0,108, 0,554] p = 0,178
Kur büyümesindeki değişim, Δf	-0,011 (0,055) [-0,124, 0,102] p = 0,842	0,043 (0,060) [-0,079, 0,165] p = 0,477
Enflasyondaki değişim, Δπ	-0,020 (0,072) [-0,168, 0,128] p = 0,787	0,113 (0,123) [-0,139, 0,365] p = 0,366
Gözlem sayısı	32	32
R^2	0,215	0,162
Düzeltilmiş R^2	0,131	0,072
BG testi p	0,773	0,134
BP testi p	0,576	0,699

Not. Örneklem 1993–2024'tür. Hücrelerde katsayı, parantez içinde HAC standart hata, köşeli parantez içinde %95 güven aralığı ve iki yönlü p değeri verilmiştir. HAC gecikmesi ikidir. BG iki gecikmeli Breusch–Godfrey, BP Breusch–Pagan testidir. Testlerde sıfır hipotezleri sırasıyla artık otokorelasyonu olmaması ve sabit varyanstır.

Katma değer büyümesi denkleminde gecikmeli büyümenin katsayısı −0,454'tür ve %95 güven aralığı sıfırı dışlamaktadır. Bu, model koşulları altında yüksek büyüme yılını daha düşük büyümenin izleme eğilimine karşılık gelir. Ürünlerin biyolojik döngüsü veya iklim bu bulgudan tek başına çıkarılamaz. İstihdam denkleminde gecikmeli büyümenin katsayısı 0,223 olup sıfırdan ayırt edilememiştir.

Kur büyümesindeki değişimin katsayısı katma değer denkleminde −0,011, istihdam denkleminde 0,043'tür. Enflasyondaki değişimin katsayıları sırasıyla −0,020 ve 0,113'tür. Dört güven aralığı da sıfırı içermektedir. Holm düzeltmesi sonrasında dört makro katsayının p değeri 1,000'dır. Bu sonuç, makroekonomik koşulların tarım üzerinde etkisiz olduğunu kanıtlamaz. İncelenen dönüşümler, zaman ufku ve örneklem içinde güvenilir bir doğrusal birliktelik saptanamadığını gösterir.

Modellerin düzeltilmiş R^2 değerleri sırasıyla 0,131 ve 0,072'dir. Artık otokorelasyonu bulunmadığı ve varyansın sabit olduğu sıfır hipotezleri %5 düzeyinde reddedilmemiştir. VIF değerlerinin en yükseği katma değer denkleminde 2,21, istihdam denkleminde 2,08'dir. Bununla birlikte küçük örneklem, tanı testlerinin gücünü

sınırlamaktadır. Eşanlılık, dışarıda bırakılan değişkenler ve dinamik modelin küçük örneklem yanlılığı bu kontrollerle giderilmemektedir.

5.4. Duyarlılık ve katsayı istikrarı

Tablo 6. Makro katsayıların duyarlılığı

Kontrol	Denklem	n	Δf katsayısı ve p	Δπ katsayısı ve p
HAC gecikmesi 1	Katma değer	32	-0,011 (0,835)	-0,020 (0,766)
HAC gecikmesi 1	İstihdam	32	0,043 (0,533)	0,113 (0,412)
2004 ve 2005 hariç	Katma değer	30	-0,008 (0,886)	-0,024 (0,749)
2004 ve 2005 hariç	İstihdam	30	0,046 (0,423)	0,072 (0,486)
2005–2024	Katma değer	20	0,095 (0,356)	-0,113 (0,195)
2005–2024	İstihdam	20	-0,095 (0,324)	0,057 (0,469)
Δu eklenen model	Katma değer	32	-0,001 (0,983)	-0,041 (0,526)
Δu eklenen model	İstihdam	32	0,053 (0,266)	0,085 (0,485)

Not. Parantez içindeki değerler p değeridir. HAC 1 kontrolü dışında kovaryans gecikmesi ikidir. Diğer açıklayıcı değişkenler ana modeldeki gibidir. Δu eklenmesi tanımsal bağlantı nedeniyle nedensel bir işsizlik etkisi tahmini sağlamaz. Kesintili örneklem kontrolünde HAC ağırlıkları tutulan gözlemlerin sırasına uygulanmıştır.

Makro katsayıların %5 düzeyinde sıfırdan ayırt edilememesi, Tablo 6'daki kontrollerde korunmaktadır. Bununla birlikte katsayıların büyüklükleri ve bazı durumlarda işaretleri değişmektedir. Özellikle 2005–2024 örnekleminde Δf katsayısı katma değer denkleminde 0,095'e, istihdam denkleminde −0,095'e dönmektedir. Bu nedenle tam dönem işaretlerine dayanarak politika yönü belirlenmemelidir.

2004 sınırına göre bütün katsayıların değişmediği hipotezi için HAC Wald F istatistiği katma değer denkleminde 9,124 ve p değeri <0,001'dir. İstihdam denkleminde F = 2,729 ve p = 0,053'tür. Katma değer denkleminde katsayı istikrarsızlığına işaret eden bir sonuç elde edilmiştir. İstihdam denkleminde ise istikrar hipotezi %5 düzeyinde reddedilmemiştir. Tarihin serideki hareket dikkate alınarak seçilmesi ve alt örneklemlerin küçük olması nedeniyle bu bulgular keşfedici niteliktedir. Sonuçlar, belirli bir reformun etkisini veya kesin bir kırılma tarihini göstermemektedir.

1991–1993 ve 2022–2024 ortalamalarına dayanan uç dönem kontrolünde katma değer katkısı 66,61, istihdam katkısı 53,89 log puandır. Katma değerin toplam içindeki payı %55,28 olup ana hesaplamadaki %54,31'e yakındır. Bu sonuç, tam dönem bileşiminin üç yıllık uç dönem ortalamaları kullanıldığında da benzer kaldığını göstermektedir. Ayrıca 2004–2024 uç noktaları kullanıldığında katma değer bileşeninin payı %78,62'dir. Bu karşılaştırma 2003–2004 değişimini dışladığından tam dönemin yerine geçmemektedir. Sonuç, ayrıştırma bileşiminin incelenen döneme göre değiştiğini göstermektedir.

6. TARTIŞMA

Türkiye'de çalışan başına tarımsal katma değer artışında hem toplam katma değerin büyümesi hem istihdamın daralması önemli yer tutmaktadır. Tam dönemde reel katma değer iki katından fazla yükselmiş, istihdam daralması ise toplam log artışın %45,69'una karşılık gelmiştir. Bu bileşim, yapısal dönüşümün üretim artışı ve emek hareketliliğini birlikte ele alan yaklaşımıyla uyumludur (Lewis, 1954, Johnston ve Mellor, 1961, Timmer, 1988). Ancak sektörler arası geçişler gözlenmediği için tarımdan ayrılanların daha üretken işlere yerleştiği sonucuna ulaşılamamaktadır.

İkinci sonuç, aynı uzun dönem eğiliminin farklı dönemlerde farklı bileşimlerle oluşmasıdır. 2000–2010'da istihdam bileşeninin, 2010–2020'de katma değer bileşeninin ağır basması, tek bir ortalamanın dönüşümün niteliğini eksik yansıttığını göstermektedir. İlkkaracan ve Tunalı'nın (2011) Türkiye'de tarımsal çözülmenin demografik ve işgücü piyasası boyutlarına ilişkin değerlendirmesi bu ayrım için anlamlı bir karşılaştırmadır. Ancak burada yaş, cinsiyet ve işgücüne katılmama nedenleri gözlenmemektedir. Dönemsel yakınlık belirli bir destekleme reformunun nedensel etkisine dönüştürülemez.

Türkiye'deki sektörler arası verimlilik farklarını inceleyen Tatar Taşpınar ve Atiyas (2026), tarımın göreli konumunun ve fiyat ölçümünün önemini ortaya koymaktadır. Mevcut sonuçlar bu çerçeveyi sektör içi bir oran ayrıştırmasıyla tamamlamaktadır. Çalışan başına tarımsal katma değerin yükselmesi, tarımın diğer sektörlerle verimlilik farkını kapattığı anlamına gelmez. Böyle bir değerlendirme, aynı fiyat ve istihdam tanımlarıyla tarım dışı sektörlerin de hesaba katılmasını gerektirir. Benzer biçimde Restuccia ve diğerlerinin (2008) ülkeler arası üretkenlik yaklaşımından bu tek ülke serisine doğrudan teknoloji katsayısı aktarılamaz.

Üçüncü sonuç, emek verimliliği ile kapsayıcı gelir artışının birlikte fakat ayrı göstergelerle izlenmesi gerektiğidir. Bir işletmede katma değer artarken ücretli emeğin payı sabit kalabilir veya çalışan sayısı azalabilir. Ücretsiz aile işçiliğinde ise üretilen değer ile kişisel nakit gelir arasında daha da belirgin bir ayrım vardır. İşletme ölçeği ve faktörlere erişim bu dağılımı etkileyebilir (Eastwood ve diğerleri, 2010). Christiaensen ve diğerleri (2011), büyümenin yoksullukla ilişkisinde katılımın önemini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu makaledeki ortalama artış, yoksulluğun azaldığı veya kadın ve gençlerin kazancının aynı ölçüde yükseldiği biçiminde yorumlanmamalıdır (FAO, 2023).

2020–2024 döneminde çalışan başına katma değer artışının yavaşlaması, yakın dönemin ayrıca değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu dönemde katma değer bileşeninin payı yüksek, mutlak katkısı ise sınırlıdır. Dolayısıyla yalnızca bileşen payına bakılması üretim artışını olduğundan güçlü gösterebilir. Bilgiye erişim, uygun teknoloji ve bunların işletme koşullarında kullanılabilmesi uzun vadeli üretkenlik açısından önemlidir (Schultz, 1964, Hayami ve Ruttan, 1985). Mevcut analiz sulama, makine ve yayım yatırımlarının getirilerini ölçmediğinden bu araçlar arasında bir öncelik sıralaması vermemektedir.

Kur ve enflasyon değişimlerinin yardımcı modellerde belirgin bir ilişki vermemesi, tarımın makroekonomik gelişmelerden bağımsız olduğu anlamına gelmez. Tüketici enflasyonu, ürün satış fiyatları ile üretim girdileri arasındaki göreli hareketi ölçmediği gibi toplam sektör katma değeri de işletmenin borç ve nakit akışı sorunlarını doğrudan yansıtmaz. OECD (2024), Türkiye için destek bileşiminin değerlendirilmesinde fiyat ve kur koşullarına dikkat çekmektedir. Bu nedenle mevcut sonuçlardan belirli bir kur veya enflasyon hedefinin tarımsal istihdam

üzerindeki etkisi çıkarılamaz. Ürün ve girdi fiyat endeksleri ile kredi maliyetleri, daha doğrudan bir gelir analizi için gereklidir.

Üretkenlik yatırımları su ve çevre koşullarıyla birlikte değerlendirilmelidir. OECD'nin Türkiye incelemeleri su yönetimi ve yenilik kapasitesine ilişkin gereksinimleri tartışmaktadır (OECD, 2024, 2025). Muthui ve Zugravu-Soilita (2026) ise aşırı hava olaylarını verimlilik ve istihdamla birlikte incelemektedir. Bu çalışmalar, üretkenlik analizlerine doğal kaynak ve iklim göstergelerinin eklenmesini desteklemektedir. Ancak mevcut serideki belirli bir yıllık düşüşün iklimden kaynaklandığı bu makalede sınanmamıştır.

2004 çevresindeki keskin istihdam hareketi ve katma değer modelindeki katsayı istikrarsızlığı, dönem karşılaştırmalarında veri tanımlarının dikkate alınmasını gerektirmektedir. Dünya Bankası'nın modellemeli istihdam göstergelerine ilişkin açıklamaları da ülke düzeyindeki değerlendirmelerde kaynak ve kapsam farklılıklarına dikkat çekmektedir (World Bank, 2026b, 2026c). Ayrıştırmanın uç dönem ortalamalarında benzer kalması, uç yıl seçimine duyarlılığın sınırlı olduğunu düşündürmektedir. Bu kontrol ulusal mikro verilerle bağımsız doğrulamanın yerine geçmemektedir. Tarımsal gelişmenin kurumsal ve dağılımsal boyutları da dikkate alındığında, çalışan başına katma değer daha geniş bir gösterge kümesi içinde değerlendirilmelidir (Barrett ve diğerleri, 2010).

7. SONUÇ VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Türkiye'de 1991–2024 döneminde çalışan başına reel tarımsal katma değer 3,79 katına çıkmıştır. Toplam log artışın yaklaşık %54'ü katma değer büyümesine, %46'sı çalışan sayısındaki azalmaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle sektörün üretim artışı ile emek kullanımındaki değişim ayrı izlenmelidir. Katma değer ve istihdam birlikte raporlandığında, çalışan başına göstergedeki yükselişin hangi bileşenlerden oluştuğu görülebilmektedir.

Dönemsel ayrıştırma, politika izlemesinde tek bir uzun dönem ortalamasının yeterli olmadığını göstermektedir. 2000–2010'daki artışta istihdam daralması, 2010–2020'de ise katma değer büyümesi daha büyük ağırlık taşımıştır. 2020–2024'te yıllık bileşik artışın %1,31'e gerilemesi, yakın dönemin ayrıca izlenmesini gerektirmektedir. Kısa dönemin niteliği hakkında kesin hüküm vermeden, katma değer artışı, çalışan sayısı, çalışma saati ve işletme başına üretim birlikte değerlendirilmelidir. Tarımdan ayrılan kişilerin tarım dışındaki istihdam ve sosyal güvence durumları bu çerçevenin tamamlayıcı unsurlarıdır.

Üretkenlik politikalarında hedef yalnız çalışan başına ortalamayı yükseltmek olmamalıdır. İstihdam daralmasının göstergede önemli pay taşıması nedeniyle yatırım programları toplam katma değeri artırma kapasitesi ve çalışanların geçim koşulları üzerinden birlikte değerlendirilmelidir. Sulama, yayım, ortak makine kullanımı, depolama ve pazara erişim araçları işletme ölçeğine uygun erişim koşullarıyla tasarlanabilir. Küçük işletmeler için ortak kullanım ve üretici örgütleri üzerinden hizmet sunumu değerlendirilebilir. Bu araçların seçimi ve bütçe dağılımı, mevcut makalenin tahmin ettiği bir etki sıralamasına değil, program düzeyindeki maliyet ve sonuç değerlendirmelerine dayanmalıdır.

Gelir politikasında çalışan başına katma değer göstergesi, ücretli tarım işçisinin reel ücreti, işletmenin net geliri, ücretsiz aile işçiliği, sosyal güvence ve hanehalkı yoksulluğuna ilişkin verilerle tamamlanmalıdır. Göstergelerin cinsiyet, yaş, işletme ölçeği ve bölgeye göre ayrılması, sektör ortalamasındaki kazanımın kimlere ulaştığının değerlendirilmesini sağlayabilir. Üretici örgütlerinin pazarlama ve hizmet sunumundaki rolü de üye sayısı yanında üyelerin net geliri ve hizmete erişimiyle izlenebilir. Böyle bir izleme, bu çalışmada ölçülmeyen dağılım farklılıklarının değerlendirilmesine olanak verecektir.

Makroekonomik sonuçlar kur artışını veya enflasyonu tarımsal gelir artışı için bir politika aracı olarak önermeye dayanak vermemektedir. Kur ve fiyat değişimleri ürün, girdi ve finansman kanallarında ayrı izlenmelidir. İklim uyumu ve su yatırımlarında da başarı ölçütü yalnız çalışan başına katma değer olmamalı, toplam üretim, su kullanımı ve üreticinin gelir istikrarı birlikte değerlendirilmelidir. Çalışmanın ortaya koyduğu bileşim farkları,

izleme sisteminin bu ayrımları korumasını gerektirmektedir. Belirli bir destek veya yatırımın etkisi ise uygun karşılaştırma grupları ve daha ayrıntılı verilerle ayrıca sınanmalıdır.

8. SINIRLILIKLAR

İlk sınırlılık istihdamın modellemeli üç göstergeden türetilmesidir. İşgücü ve işsizlik tanımları arasında uyum gözetilse de türetilmiş sayı doğrudan ulusal sektör istihdamı yerine geçmez. Her gözlem için modelleme belirsizliği verilmediğinden, bu belirsizlik ayrıştırma paylarının güven aralıklarına aktarılamamıştır. Bu paylar kullanılan veri sürümüne koşullu muhasebe sonuçlarıdır. Kaynak serilerdeki olası yöntem değişiklikleri ve revizyonlar hesapları etkileyebilir. Ulusal serilerle bağımsız bir düzey doğrulaması yapılmamıştır.

İkinci sınırlılık, çalışan sayısına dayanan emek verimliliğinin çalışma saati, mevsimsellik, ücretsiz aile emeği ve iş niteliğini ayıramamasıdır. Geniş sektör toplamı ürünler ve bölgeler arasındaki farkları da örter. Sabit fiyatlı katma değer kişisel satın alma gücünü, net işletme gelirini veya çevresel maliyetleri ölçmez. Muhasebe bileşenleri teknoloji, sermaye birikimi ve emek hareketliliğinin birbirinden bağımsız nedensel etkileri olarak yorumlanamaz.

Üçüncü sınırlılık, kısa dönem modellerinin 32 yıllık gözleme dayanmasıdır. Gecikmeli bağımlı değişkenin küçük örneklem yanlılığı, eşanlılık ve dışarıda bırakılan değişkenler HAC standart hatalarla giderilmez. Birim kök ve kırılma testleri de bu örneklemde kesin sınıflama sağlamaz. Gelecek araştırmalar ulusal uyumlaştırılmış istihdam ve çalışma saati serilerini, işletme gelirlerini, iklim ve su göstergelerini, ürün ve girdi fiyatlarını birleştirmelidir. Bölge veya işletme düzeyindeki veriler, üretkenlik kazanımları ile gelir dağılımı arasındaki ilişkiyi sınamak için daha uygun bir temel sağlayacaktır.

VERI VE HESAPLAMA AÇIKLAMASI

Çalışma kamuya açık toplulaştırılmış WDI göstergelerine dayanmaktadır. Kullanılan gösterge kodları Tablo 1'de, veri sürümü Bölüm 3'te, temel yıllık hesaplamalar Ek Tablo A1'de verilmiştir. Muhasebe katkıları Denklem (3) ve (4) ile, regresyonlar Denklem (5) ve belirtilen örneklem tanımlarıyla yeniden hesaplanabilir. Çalışmada kişi veya işletme düzeyinde tanımlayıcı bilgi kullanılmamıştır.

KAYNAKÇA

Barrett, C. B., Carter, M. R., & Timmer, C. P. (2010). A century-long perspective on agricultural development. American Journal of Agricultural Economics, 92(2), 447–468. https://doi.org/10.1093/ajae/aaq005

Christiaensen, L., Demery, L., & Kuhl, J. (2011). The (evolving) role of agriculture in poverty reduction—An empirical perspective. Journal of Development Economics, 96(2), 239–254. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2010.10.006

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74(366a), 427–431. https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531

Eastwood, R., Lipton, M., & Newell, A. (2010). Farm size. In R. Evenson & P. Pingali (Eds.), Handbook of agricultural economics (Vol. 4, pp. 3323–3397). Elsevier.

FAO. (2023). The status of women in agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/cc5343en

Gollin, D., Parente, S., & Rogerson, R. (2002). The role of agriculture in development. American Economic Review, 92(2), 160–164. https://doi.org/10.1257/000282802320189177

Hayami, Y., & Ruttan, V. W. (1985). Agricultural development: An international perspective (Rev. ed.). Johns Hopkins University Press.

Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, Á. (2014). Growth and structural transformation. In P. Aghion & S. N. Durlauf (Eds.), Handbook of economic growth (Vol. 2, pp. 855–941). Elsevier.

Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics, 6(2), 65–70.

İlkkaracan, İ., & Tunalı, İ. (2011). Agricultural transformation and the rural labor market in Turkey. In Rethinking structural reform in Turkish agriculture: Beyond the World Bank's strategy (pp. 105–148). Nova Science Publishers.

Johnston, B. F., & Mellor, J. W. (1961). The role of agriculture in economic development. American Economic Review, 51(4), 566–593.

Lewis, W. A. (1954). Economic development with unlimited supplies of labour. The Manchester School, 22(2), 139–191. https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1954.tb00021.x

Muthui, K., & Zugravu-Soilita, N. (2026). Agricultural dynamics and structural transformation: Can they withstand weather extremes? Environmental and Resource Economics, 89, Article 3. https://doi.org/10.1007/s10640-025-01065-y

Newey, W. K., & West, K. D. (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. Econometrica, 55(3), 703–708. https://doi.org/10.2307/1913610

OECD. (2024). Agricultural policy monitoring and evaluation 2024: Innovation for sustainable productivity growth. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/74da57ed-en

OECD. (2025). Agricultural policy monitoring and evaluation 2025: Making the most of the trade and environment nexus in agriculture. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a80ac398-en

Restuccia, D., Yang, D. T., & Zhu, X. (2008). Agriculture and aggregate productivity: A quantitative cross-country analysis. Journal of Monetary Economics, 55(2), 234–250.

Schultz, T. W. (1964). Transforming traditional agriculture. Yale University Press.

Tatar Taşpınar, Z., & Atiyas, İ. (2026). Revisiting labor productivity growth in Turkey: Accounting for relative prices, structural change, and sectoral dynamics. New Perspectives on Turkey. Advance online publication. https://doi.org/10.1017/npt.2026.10082

Timmer, C. P. (1988). The agricultural transformation. In H. Chenery & T. N. Srinivasan (Eds.), Handbook of development economics (Vol. 1, pp. 275–331). Elsevier.

World Bank. (2026a). World Development Indicators. Agriculture, forestry, and fishing, value added, constant 2015 US$ (NV.AGR.TOTL.KD), and value added per worker (NV.AGR.EMPL.KD). https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators. Veri arşivi güncellemesi 8 Ekim 2026, gösterge tanımlarına erişim 17 Ekim 2026.

World Bank. (2026b). World Development Indicators. Labor force, total (SL.TLF.TOTL.IN), and employment in agriculture, modeled ILO estimate (SL.AGR.EMPL.ZS). https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators. Veri arşivi güncellemesi 8 Ekim 2026, gösterge tanımlarına erişim 17 Ekim 2026.

World Bank. (2026c). World Development Indicators. Unemployment, total, modeled ILO estimate (SL.UEM.TOTL.ZS). https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/SL.UEM.TOTL.ZS. Veri arşivi güncellemesi 8 Ekim 2026, gösterge tanımına erişim 17 Ekim 2026.

World Bank. (2026d). World Development Indicators. Consumer price index (FP.CPI.TOTL) and official exchange rate (PA.NUS.FCRF). https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators. Veri arşivi güncellemesi 8 Ekim 2026.

Ek

Ek Tablo A1. Yıllık katma değer ve istihdam hesaplamaları

Yıl	Katma değer, milyar dolar	İstihdam, milyon kişi	Çalışan başına, dolar	Çalışan başına log büyüme
1991	35,302	8,886	3.972,7	—
1992	36,815	8,377	4.394,6	10,09
1993	36,343	7,541	4.819,5	9,23
1994	36,079	8,444	4.272,9	-12,04
1995	36,788	8,673	4.241,8	-0,73
1996	38,521	8,832	4.361,5	2,79
1997	38,050	8,408	4.525,2	3,68
1998	40,227	8,497	4.733,9	4,51
1999	38,350	8,305	4.617,9	-2,48
2000	40,806	7,370	5.536,8	18,15
2001	37,170	7,680	4.839,5	-13,46
2002	40,387	7,069	5.713,7	16,61
2003	39,753	6,793	5.852,1	2,39
2004	41,346	5,636	7.335,7	22,59
2005	44,671	5,062	8.824,8	18,48
2006	45,385	4,807	9.440,9	6,75
2007	42,570	4,716	9.026,5	-4,49
2008	44,501	4,876	9.125,8	1,09
2009	46,410	4,761	9.747,3	6,59
2010	49,967	5,243	9.530,0	-2,25
2011	51,692	5,702	9.065,5	-5,00
2012	52,828	5,708	9.255,9	2,08
2013	54,077	5,719	9.456,0	2,14
2014	54,380	5,645	9.633,3	1,86
2015	59,517	5,631	10.568,8	9,27
2016	58,687	5,518	10.635,6	0,63
2017	62,063	5,661	10.962,5	3,03
2018	63,986	5,512	11.608,6	5,73
2019	66,416	5,312	12.502,2	7,42
2020	69,968	4,889	14.311,9	13,52
2021	68,201	5,061	13.476,0	-6,02
2022	69,026	4,921	14.025,7	4,00
2023	69,275	4,717	14.684,9	4,59
2024	72,836	4,832	15.074,5	2,62

Not. Katma değer ve çalışan başına katma değer sabit 2015 ABD dolarıyla verilmiştir. İstihdam Denklem (1) ile hesaplanmıştır. İlk yılın büyümesi dönem tanımı gereği gösterilmemiştir. Yuvarlama nedeniyle basılı düzeylerden hesaplanan oranlar son ondalıkta farklılaşabilir.

YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA YEREL DEMOKRATİK YÖNETİŞİM: KATILIMIN KURUMSAL KOŞULLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Öğr. Gör. Emre CON

Karabük Üniversitesi, Safranbolu Şefik Yılmaz Dizdar Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü

emrecon@karabuk.edu.tr | ORCID: 0000-0002-9344-6890

ÖZET

Yapay zekâ destekli uygulamaların yerel yönetimlerde yaygınlaşması, kamu hizmetlerinin etkinliği kadar demokratik katılımın niteliğinin de tartışılmasını gerekli kılmaktadır. Dijital başvuru sistemleri, akıllı kent uygulamaları ve algoritmik karar destek araçları yurttaşlarla belediyeler arasındaki iletişimi kolaylaştırabilmektedir. Bununla birlikte, teknolojik araçların kullanılması, yurttaşların karar süreçlerine eşit ve etkili biçimde katılabildiği anlamına gelmemektedir. Bu araştırma, yapay zekâ destekli yerel yönetişim uygulamaları ile demokratik katılım arasındaki ilişkiyi kurumsal koşullar açısından tartışan literatür temelli kuramsal bir değerlendirmedir. Dijital altyapıya erişim, kurumsal şeffaflık, algoritmik hesap verebilirlik, kapsayıcı katılım olanakları ve dijital kamusal müzakere konuları birlikte değerlendirilmektedir. Özellikle belediyelerin teknolojik araçları hangi amaçlarla kullandığı, bu araçlarla ilişkili kararların nasıl açıklandığı ve yurttaşların görüşlerini karar süreçlerine ne ölçüde iletebildiği önem taşımaktadır. Mahalleler, merkez ve çevre yerleşimler ile farklı toplumsal gruplar arasındaki dijital erişim farklılıkları da katılımın niteliğini etkileyebilir. Bu nedenle yüz yüze katılım kanallarının sürdürülmesi, yurttaş taleplerinin değerlendirilme biçiminin anlaşılır olması ve karar süreçlerinde insan denetiminin korunması üzerinde durulmaktadır. Yapay zekânın demokratik katılımı kendiliğinden güçlendirdiği veya zayıflattığı varsayılmamakta; teknolojinin, yerel yönetimlerin kurumsal sorumlulukları ve yurttaşlarla ilişkileri içinde değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır. Çalışma yeni bir model önermek ya da ampirik olarak doğrulanmış sonuçlar bildirmek yerine, mevcut araştırmaların ortaya koyduğu imkânları ve sınırlılıkları demokratik katılım sorunu etrafında tartışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yerel Demokratik Yönetişim, Yapay Zekâ, Demokratik Katılım, Algoritmik Hesap Verebilirlik, Dijital Kamusal Alan.

ABSTRACT

The growing use of artificial intelligence in local government invites discussion not only of administrative efficiency but also of the quality of democratic participation. Digital application systems, smart city services and algorithmic decision-support tools can facilitate communication between municipalities and residents. Yet the adoption of these technologies does not necessarily mean that residents can participate equally or meaningfully in public decisions. This paper offers a literature-based theoretical assessment of the relationship between AI-supported local governance and democratic participation, focusing on institutional conditions. It discusses access to digital infrastructure, institutional transparency, algorithmic accountability, inclusive opportunities for participation and digital public deliberation. Particular attention is paid to the purposes for which municipalities employ technological tools, how related decisions are explained and whether residents can communicate their views during decision-making. Unequal digital access across neighborhoods, central and peripheral settlements and social groups may also shape participation. Accordingly, the discussion considers the continued availability of face-to-face channels, understandable procedures for handling residents' requests and meaningful human oversight. The paper does not assume that artificial intelligence automatically strengthens or weakens democratic participation. Instead, technological practices are assessed in relation to municipal responsibilities and the relationships between local institutions and residents. Rather than proposing a new model or reporting empirical findings, it brings together existing research to examine the opportunities and limitations of AI-supported local governance for democratic participation.

Keywords: Local Democratic Governance, Artificial Intelligence, Democratic Participation, Algorithmic Accountability, Digital Public Sphere.

GİRİŞ

Yerel yönetimler, siyasal karar alma süreçlerinin gündelik yaşam üzerindeki etkilerinin somut biçimde gözlemlenebildiği kurumsal yapılardır. Ulaşım, çevre, sosyal yardım, imar, altyapı ve kentsel hizmetlere ilişkin tercihler yurttaşların yaşamını somut biçimde etkiler. Bu kararların nasıl verildiği, hangi taleplerin dikkate alındığı ve yönetimin kararlarını nasıl gerekçelendirdiği, yerel demokrasinin yalnızca seçimler üzerinden açıklanamayacağını gösterir. Yerel düzeyde temsil ve katılım arasındaki ilişkinin önemi, siyasal kararların meşruluğunu yönetilenlerin karar süreçleriyle kurduğu bağ üzerinden ele alan çalışmalarla da desteklenmektedir (Özçelik, 2021).

Belediyelerin dijital başvuru, açık veri, akıllı kent ve otomatik karar destek sistemlerine yönelmesi, bu ilişkiye yeni bir iletişim ve yönetim katmanı eklemektedir. Ancak bir internet portalının bulunması, başvuruların otomatik sınıflandırılması veya verilerin sayısal ortamda tutulması tek başına demokratik katılım anlamına gelmez. Yurttaşın bir sorun bildirmesi ile bu sorunun kamu politikası gündemine taşınması farklı aşamalardır. Erdoğan ve Sevgili (2026), Beyoğlu örneğinde e-devlet ve e-katılım uygulamalarının belediye hizmetlerine erişimi kolaylaştırdığını ve e-danışma ile e-karar verme süreçlerinin yurttaş katılımıyla olumlu ilişkisini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, dijital hizmetlere erişimin kolaylaşması ile yurttaşların belediye kararları üzerindeki etkisi ayrı ayrı değerlendirilmesi gereken konulardır.

Yapay zekâ kavramının gelişigüzel kullanılması, demokratik etkiyi değerlendirmeyi zorlaştırır. Örneğin, yurttaşların dilekçelerini internet üzerinden belediyeye iletebilmesi dijitalleşmenin bir örneğidir. Bu dilekçelerin içeriklerine göre ilgili birimlere otomatik olarak yönlendirilmesi ise otomasyon uygulamasıdır. Yapay zekâ ise yurttaşlardan gelen şikâyetlerin konularına göre sınıflandırılması, hangi hizmetlere daha fazla talep olacağının tahmin edilmesi ve belediyenin hangi hizmetlere öncelik vereceğinin belirlenmesine yardımcı olunması gibi alanlarda kullanılabilir. Belediyelerde yapay zekâ kullanımını inceleyen araştırmalar, bu teknolojinin yerel hizmetlerde henüz yaygınlaşmadığını ve farklı alanlarda kullanılmaya başlandığını göstermektedir (Özcan & Parlak, 2026; Uysal & Öztürk, 2024). Bu nedenle, kullanılan teknolojinin ne olduğunun ve belediyenin karar alma süreçlerinde nasıl bir rol üstlendiğinin belirlenmesi, demokratik etkilerin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Asıl araştırma sorusu, yapay zekânın belediyelere ne kadar hız kazandırdığı değil bu teknolojilerle işleyen yerel yönetişim ortamında yurttaşların karar süreçlerine etkili biçimde katılmasının hangi kurumsal koşullara bağlı olduğudur. Teknoloji bir katılım kanalını genişletebilir, aynı zamanda katılımın kimler için erişilebilir olduğunu, hangi başvuruların görünür hâle geldiğini ve hangi taleplerin önceliklendirildiğini de etkileyebilir. Dolayısıyla yerel demokratik yönetişim açısından değerlendirme, verimlilik ölçütleriyle birlikte temsil, açıklanabilirlik, itiraz ve kamusal müzakere olanaklarını da içermelidir.

Bu bildiri literatür incelemesine dayalı kuramsal bir tartışma yürütmektedir. Türkiye'de yerel katılım, e-katılım ve belediyelerde yapay zekâ uygulamaları üzerine yayımlanan araştırmalar, katılımın demokratik niteliğine ilişkin temel kuramsal çalışmalarla birlikte okunmuştur. Amaç, belediyeler hakkında yeni saha bulguları sunmak veya mevcut çalışmalardan bağımsız bir katılım modeli tasarlamak değildir. İlgili literatürde dağınık biçimde tartışılan kurumsal sorunların birbirleriyle ilişkisini açıklaştırmak ve teknolojik kapasite ile demokratik etki arasındaki farkı belirginleştirmektir.

1. YEREL DEMOKRATİK YÖNETİŞİM VE KATILIMIN KURUMSAL ANLAMI

Yerel demokrasinin kurumsal temeli, seçilmiş organların varlığı ile yurttaşların yerel kamusal sorunların belirlenmesine katılabilmesi arasındaki ilişkiye dayanır. Seçimler siyasal yetkinin meşru biçimde kullanılmasının vazgeçilmez araçlarıdır ancak seçim dönemleri dışında yönetimin toplumsal taleplere ne ölçüde açık olduğu da demokratik niteliğin bir parçasıdır. Özçelik (2021), yerel demokrasi tartışmasında temsil ve katılımı birbirinden

koparılamayan süreçler olarak ele almaktadır. Bu yaklaşım, dijital teknolojilerden beklenen demokratik katkıyı değerlendirmek için de önemlidir.

Katılımın tek bir biçimi bulunmaz. Bilgi edinme, danışma, şikâyet iletme, gündem oluşturma, seçenekleri tartışma, ortak karar alma ve uygulamayı denetleme farklı düzeylerde yurttaş etkisi içerir. Arnstein'ın (1969) klasik katılım tartışması, biçimsel katılım görünümünün gerçek karar gücüyle karıştırılmaması gerektiğine dikkat çeker. Günümüz belediyelerinde çevrim içi anketlere yüksek katılım sağlanması, anket sonuçlarının karar üzerinde belirleyici olduğu anlamına gelmeyebilir. Bu nedenle sayısal katılım göstergeleri kadar yurttaş görüşlerinin hangi usulle değerlendirildiği de sorgulanmalıdır.

Türkiye'de kent konseyleri, yerel katılımın kurumsallaşması bakımından önemli bir örnektir. Özdemir (2011), kent konseylerinin farklı yerel aktörleri bir araya getirme işlevini tartışırken katılımın beklenen etkiyi üretmesinin kurumsal işleyişle ilişkili olduğunu göstermektedir. Doğan ve Kalkışım'ın (2015) Gümüşhane örneği ile Kılınç'ın (2017) Adana incelemesi, katılım kanallarının yerel bağlam, temsil kapasitesi ve uygulama pratikleri içinde değerlendirilmesi gerektiğini hatırlatır. Kent konseylerine ilişkin bu araştırmalar, dijital katılım platformlarının da yalnızca varlıklarıyla değil, yurttaşların karar alma süreçlerine ne ölçüde katılabildiği ve bu süreçleri ne kadar etkileyebildiği üzerinden değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Yurttaşların karar alma süreçlerini ne ölçüde etkileyebildiği sorusu, katılımcı bütçeleme uygulamalarında daha somut biçimde ele alınabilir. Katılımcı bütçeleme, yurttaşların yerel yönetim bütçesinin kullanımına ve hizmet önceliklerinin belirlenmesine ilişkin görüş ve önerilerini sunabildiği bir katılım yöntemidir. Yalçın (2016) ile Çobanoğulları ve Yereli (2017), bu yöntemin yurttaşların bütçe kararlarına katılımı bakımından taşıdığı önemi tartışmaktadır. Arıkboğa (2024) ise İstanbul Büyükşehir Belediyesi örneği üzerinden katılımcı bütçelemenin yerel düzeydeki uygulamasını incelemektedir. Bu örnekler, demokratik katılım açısından önemli olanın yalnızca yurttaşlardan öneri toplanması değil, bu önerilerin bütçe kararlarında ne ölçüde dikkate alındığı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ancak yurttaşların karar alma süreçlerinde etkili olması, ilettikleri bütün taleplerin kabul edilmesi gerektiği anlamına gelmez. Yerel yönetim sınırlı bütçe, yasal yetki ve çatışan kamusal öncelikler altında karar verir. Ancak reddedilen taleplerin gerekçesinin açıklanması, benzer taleplerin benzer ölçütlerle değerlendirilmesi ve yurttaşların kararlara itiraz edebilmesi kurumsal güven bakımından önem taşır. Bu koşullar sağlanmadığında çevrim içi başvuruların sayısı artarken karar alma yetkisiyle yurttaş arasındaki mesafe değişmeyebilir.

Gözüm'ün (2026) Türkiye'de katılımcı demokrasi uygulamalarına ilişkin araştırmaları derleyen incelemesi, katılım mekanizmalarının hukuki veya örgütsel varlığı ile fiilî etki arasında ayrım yapılması gerektiğine işaret etmektedir. Bu tespit yapay zekâ destekli yerel yönetişim açısından da geçerlidir. Teknolojik yenilikler kurumsal ilişkilerin yerine geçmez. Çoğu zaman mevcut ilişkilerin hangi hızla ve hangi ölçütlerle işleyeceğini değiştirir. Dolayısıyla demokratik değerlendirme, teknik kapasiteden çok bu kapasitenin hangi kurumsal sorumluluklara bağlandığına yönelmelidir.

2. DİJİTALLEŞMEDEN YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ YEREL YÖNETİME

Yerel yönetimlerde dijitalleşme, hizmetlerin çevrim içi sunulmasından kurumsal verilerin bütünleştirilmesine kadar uzanan geniş bir alanı kapsar. Elektronik başvuru, çevrim içi ödeme, duyuru ve bilgi edinme hizmetleri yurttaşın belediyeyle temasını kolaylaştırabilir. Buna karşılık yapay zekâ destekli uygulamalar; belirli verilerden örüntü çıkarma, sınıflandırma, tahmin veya öneri üretme gibi işlevlerle ayrışır. Gençay ve Şahin (2026), algoritmik yönetişimi sıradan dijital belediyecilikten ayırırken algoritmik sistemlerin karar hazırlama ve hizmet önceliklendirmedeki yönetsel rolünü vurgulamaktadır.

Kullanılan teknolojilerin birbirinden ayrılması, demokratik katılım açısından ortaya çıkabilecek sorunların doğru değerlendirilmesi için önemlidir. Çevrim içi formda temel mesele erişim, kullanım kolaylığı ve başvurunun takibi

olabilir. Makine öğrenmesine dayalı şikâyet sınıflandırmasında ise bunlara ek olarak sınıflandırma hataları, kullanılan verilerin temsil gücü ve insan denetimi gündeme gelir. Karar destek sistemi önerilerinin otomatik olarak uygulanması hâlinde gerekçelendirme ve sorumluluğun kimde olduğu daha da önemli olur. Teknik işlevin doğru tanımlanması, demokratik denetimin de doğru noktaya yönelmesini sağlar.

Türkiye'de büyükşehir belediyelerini konu alan Özcan ve Parlak (2026) ile Uysal ve Öztürk (2024), yapay zekânın yerel hizmetlerde kullanımını farklı araştırma tasarımlarıyla incelemektedir. Bu çalışmaların ortak önemi, yerel yönetimlerde yapay zekâ tartışmasını soyut gelecek senaryolarından çıkarıp belediyelerin hizmet alanları ve kurumsal kapasitesiyle ilişkilendirmeleridir. Bununla birlikte bir uygulamanın hizmet kalitesini iyileştirmesi, demokratik katılımı aynı ölçüde artırdığının kanıtı olarak okunmamalıdır.

Türkoğlu'nun (2025) İstanbul Büyükşehir Belediyesi üzerine incelemesi, veri temelli yönetim ve akıllı kent projelerinin idari ve toplumsal boyutlarını birlikte tartışmaktadır. Tuğaç (2025) ise Barselona, Şanghay ve Ankara üzerinden dijitalleşme, yapay zekâ ve etik yönetişim arasındaki ilişkileri karşılaştırmaktadır. Bu araştırmalar yerel uygulamaların farklı kurumsal bağlamlarda değişebildiğini gösteren yararlı örneklerdir. Ancak bu bildiride söz konusu kentler üzerinde bağımsız bir belge incelemesi veya karşılaştırmalı saha araştırması yapılmadığı için bu yayınların sonuçları yeni bulgular gibi sunulmamaktadır.

Belediyelerin yapay zekâdan yararlanabileceği alanlardan biri yurttaş geri bildirimlerinin işlenmesidir. Çok sayıda başvurunun konuya, konuma veya aciliyetine göre sınıflandırılması, idarenin sorunları daha erken fark etmesine yardımcı olabilir. Ertan (2026), yapay zekâ tabanlı vatandaş geri bildirim sistemlerini kamu değeri açısından değerlendirirken hizmet etkinliği ile şeffaflık ve hesap verebilirlik sorunlarını birlikte gündeme getirmektedir. Demokratik açıdan önemli olan yalnızca sistemin şikâyetleri ne kadar hızlı sınıflandırdığı değil, bu sınıflandırmanın yurttaşların taleplerinin doğru anlaşılmasını ve alınan kararlarda dikkate alınmasını nasıl etkilediğidir.

Bir belediye algoritması, bir mahalleden gelen başvuruları düşük öncelikli olarak sınıflandırabilir. Böyle bir durumun gerçekten yaşandığını ileri sürmek için somut uygulama verisi gerekir. Burada verilen örnek, olası bir kurumsal riskin açıklanmasına yöneliktir. Başvuruların önceki hizmet kayıtlarına dayanılarak puanlanması, tarihsel olarak daha az başvuru yapabilen kesimlerin ihtiyaçlarının sistematik biçimde geri planda kalmasına neden olabilir. Bu olasılık, teknik modelin performansı kadar verinin nasıl toplandığı ve kararın hangi denetim mekanizmasına tabi olduğu sorularını da gündeme taşır.

Yapay zekâya ilişkin genel yönetişim ilkeleri, insan hakları, şeffaflık ve hesap verebilirliği teknik başarıdan ayrı düşünmemeyi gerektirir. OECD'nin (2019) yapay zekâ ilkeleri ile UNESCO'nun (2021) etik tavsiye kararı, sistemlerin toplumsal etkilerinin değerlendirilmesinde insan merkezli ve sorumlu yönetim yaklaşımını öne çıkarır. Bu belgeler belediyelere özgü bir katılım yöntemi sunmaz fakat yerel uygulamaların kamu yararı, ayrımcılık riski ve insan denetimi bakımından değerlendirilmesine genel normatif dayanak sağlar.

3. YÖNTEM VE İNCELEMENİN SINIRLARI

Araştırma, nitel bir literatür değerlendirmesi ve kavramsal çözümleme niteliğindedir. Veri toplamak amacıyla belediyelerde anket, görüşme, gözlem veya özgün uygulama analizi yapılmamıştır. İncelemede Türkiye'de yerel demokrasi ve katılım, kent konseyleri, katılımcı bütçeleme, e-katılım, belediyelerde yapay zekâ ve algoritmik yönetişim konularında yayımlanmış çalışmalar ile yapay zekâ yönetişimine ilişkin seçilmiş uluslararası kuramsal ve normatif kaynaklardan yararlanılmıştır. İncelenen kaynaklar, yerel yönetimlerde yapay zekâ kullanımının demokratik katılım üzerindeki olası etkilerini farklı yönleriyle tartışmak amacıyla değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, yapay zekânın yerel demokratik katılım üzerindeki etkileri beş temel konu üzerinden ele alınmaktadır: Dijital altyapıya erişim, kurumsal şeffaflık, algoritmik hesap verebilirlik, kapsayıcı katılım olanakları ve dijital kamusal müzakere. Bu başlıklar yeni geliştirilmiş bir ölçek, ölçme modeli veya literatürden

sistematik yöntemle türetilmiş kategoriler olarak sunulmamaktadır. Bunlar, katılımın kurumsal niteliğini tartışmayı kolaylaştıran konu başlıklarıdır. Aralarındaki ilişkiler ilgili çalışmaların kavramsal ve ampirik değerlendirmeleri üzerinden tartışılmaktadır.

Bu çalışmada incelenen araştırmalar, farklı yöntemlerle ve farklı yerel koşullarda yürütüldüğü için sonuçlarının birlikte değerlendirilmesinde bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Örneğin, bir belediyede yapılan araştırmanın sonuçları başka belediyeler için doğrudan geçerli olmayabilir. Benzer şekilde, yurttaşların belediyenin dijital hizmetlerinden memnun olması, yerel karar alma süreçlerine katıldıkları anlamına gelmez. Bu nedenle çalışmada, incelenen araştırmaların sonuçları kendi koşulları içinde ele alınmakta ve bunlardan hareketle yerel demokrasi ile yapay zekâ arasındaki ilişkiye yönelik değerlendirmeler yapılmaktadır.

Çalışmada ağırlıklı olarak Türkiye'de yerel yönetimler, demokratik katılım ve yapay zekâ kullanımı üzerine yayımlanan araştırmalardan yararlanılmıştır. Uluslararası literatürdeki çalışmalar ise dijital katılım, algoritmik hesap verebilirlik ve yapay zekâ etiği konularındaki tartışmalara katkı sağlamak amacıyla incelemeye dâhil edilmiştir. Bu kaynaklar üzerinden yapay zekâ kullanımının yerel demokratik katılım açısından ortaya çıkardığı olanaklar ve sorunlar ele alınmıştır.

4. KATILIMIN KURUMSAL KOŞULLARINA İLİŞKİN DEĞERLENDİRME

Yerel demokratik katılım açısından erişim, şeffaflık, hesap verebilirlik ve kapsayıcılık birbiriyle ilişkili konulardır. Örneğin, yurttaşların dijital hizmetlere erişebilmesi tek başına katılımın kapsayıcı olduğu anlamına gelmez. Benzer şekilde, belediyelerin karar alma süreçleri hakkında bilgi paylaşması da bu kararların hesabının verildiğini göstermez. Yapay zekâ destekli sistemlerin demokratik katılıma katkısı, yurttaşların taleplerinin nasıl değerlendirildiğine ve bu taleplerin alınan kararları ne ölçüde etkilediğine bağlıdır. Bu nedenle çalışmada ele alınan beş başlık, yalnızca teknolojik özellikleriyle değil belediyeler ile yurttaşlar arasındaki ilişkiler açısından da değerlendirilmektedir.

4.1. DIJITAL ALTYAPIYA ERIŞIM VE EŞITSIZLIK

Dijital katılımın ilk koşulu, yurttaşların ilgili kanallara fiilen erişebilmesidir. İnternet bağlantısı, uygun cihaz, erişilebilir arayüz ve dijital okuryazarlık aynı düzeyde dağılmayabilir. Bir belediyenin bütün başvuruları çevrim içi ortamda toplaması, erişim sorunu yaşayan kişilerin taleplerinin görünürlüğünü azaltma riski taşır. E-katılım araştırmaları hizmete erişim kolaylığı ile katılımın toplumsal kapsayıcılığını ayrı ayrı değerlendirmeyi gerektirir (Erdoğan & Sevgili, 2026; Yılmaz, 2026).

Mahalleler arasında internet erişimi, ulaşım olanakları ve belediye hizmetlerinden yararlanma koşulları bakımından farklılıklar bulunabilir. Bu durum, yurttaşların dijital katılım kanallarını kullanma olanaklarını da etkileyebilir. Belediyelerin başvuruları yalnızca dijital ortamda kabul etmesi, internet erişimi veya dijital araçları kullanma konusunda güçlük yaşayan yurttaşların taleplerinin yeterince duyulmamasına neden olabilir. Bu nedenle dijital başvuru sayıları, mahallelerin ihtiyaçlarını tek başına ortaya koyan bir gösterge olarak değerlendirilmemelidir. Bir mahalleden daha fazla başvuru yapılması, o mahallede daha fazla sorun yaşandığı anlamına gelmeyebilir.

Yapay zekâ modelleri önceki başvuru kayıtlarından öğreniyorsa kayıtların temsil niteliği önem kazanır. Başvuru yapamayanların ihtiyaçları veri setinde bulunmadığında sistem, var olan eşitsizliği fark etmeyebilir. Bu nedenle belediye yöneticilerinin dijital veriyi tek bilgi kaynağı olarak kabul etmemesi; saha birimleri, mahalle toplantıları, muhtarlıklar ve yüz yüze başvurular gibi kanallardan gelen bilgileri birlikte değerlendirmesi gerekir. Bu, teknolojiyi reddetmek değil verinin oluşum koşullarını hesaba katmaktır.

Kapsayıcı tasarımın yalnızca bir uygulamaya erişebilme düzeyinde kalmaması gerekir. Başvuru durumunu izleyebilme, karar gerekçesini anlayabilme ve gerektiğinde yüz yüze destek alabilme de erişimin parçalarıdır.

Yaşlılar, engelliler, düşük dijital okuryazarlığa sahip bireyler ve merkez dışındaki yerleşimlerde yaşayan yurttaşlar bakımından farklı iletişim seçeneklerinin korunması demokratik eşitlikle ilişkilidir. Gözüm (2026), katılımın kurumsallaşmasını sınırlayan etkenler arasında erişim ve kapasite sorunlarının önemine işaret etmektedir.

4.2. KURUMSAL ŞEFFAFLIK VE KARARLARIN GEREKÇELENDIRILMESI

Şeffaflık, belediyenin kullandığı teknolojiyi yalnızca tanıtması veya internet sitesinde çok sayıda veri yayımlaması değildir. Yurttaşın hangi başvurunun hangi birim tarafından, hangi ölçütlere göre ve hangi aşamalardan geçerek değerlendirildiğini anlayabilmesi de gerekir. Bir şikâyetin "işlem tamamlandı" olarak kapatılması, ilgili sorunun nasıl çözüldüğünü açıklamayabilir. Şeffaflık bu nedenle süreç bilgisi ve gerekçelendirme ile birlikte düşünülmelidir.

Yapay zekâ destekli sınıflandırma veya öneri sistemleri kullanıldığında, karar alma sürecinde kimin hangi sorumluluğu üstlendiğinin açık olması önemlidir. Sistemin hangi aşamada öneri sunduğu, bu önerinin kim tarafından değerlendirildiği ve son kararı kimin verdiği anlaşılabilir olmalıdır. Böylece yurttaşlar, kendilerini ilgilendiren bir kararın nasıl verildiğini öğrenebilir ve gerektiğinde hangi yetkiliye başvuracaklarını bilebilir.

Belediyelerin verilerini kamuoyuyla paylaşması ile aldıkları kararların gerekçelerini açıklaması farklı konulardır. Örneğin, belediyenin harcama, trafik veya çevre verilerini yayımlaması yurttaşların bilgi edinmesini ve belediye faaliyetlerini izlemesini kolaylaştırabilir. Ancak bir yurttaşın başvurusuna neden düşük öncelik verildiğini anlayabilmesi için o karara ilişkin gerekçelerin de açıklanması gerekir. Bu nedenle demokratik hesap verebilirlik açısından yalnızca verilerin paylaşılması değil, kararların hangi gerekçelerle alındığının ve bu kararlara nasıl itiraz edilebileceğinin açıklanması da önemlidir.

Şeffaflığın sınırları da vardır. Kişisel verilerin korunması ve bilgi güvenliği, bütün verilerin sınırsız biçimde paylaşılmasına izin vermez. Demokratik sorun, mahremiyet ile kamusal denetimi birbirinin alternatifi olarak sunmadan karar ölçütlerinin, yetki ilişkilerinin ve toplu sonuçların uygun düzeyde açıklanabilmesidir. Bu nedenle belediyenin kullandığı algoritmanın bütün teknik ayrıntılarını yayımlaması ile yurttaşın kendisini etkileyen işlemi anlayabilmesi aynı yükümlülük olarak görülmemelidir.

4.3. ALGORITMIK HESAP VEREBILIRLIK VE INSAN DENETIMI

Hesap verebilirlik, kararın olumsuz sonucundan kimin sorumlu olduğunu belirleyebilme ve bu sorumluluğu kurumsal yollarla sorgulayabilme imkânıdır. Yapay zekâ destekli sistemlerde teknik tasarımcı, hizmet sağlayıcı, belediye birimi ve karar yetkilisi arasında farklı roller bulunabilir. Ancak yetkinin teknik sisteme aktarılmış gibi sunulması, kamu otoritesinin yurttaşa karşı sorumluluğunu ortadan kaldırmaz. Gençay ve Şahin (2026), algoritmik yönetişimin belediye hizmetlerinde yönetsel işlev kazanmasıyla birlikte şeffaflık ve hesap verebilirlik sorunlarının belirginleştiğini göstermektedir.

Algoritmik önerilerin insan tarafından değerlendirilmesi, yalnızca ekranda bir onay düğmesi bulunmasından ibaret olmamalıdır. Yetkili personelin öneriyi sorgulayabilmesi, gerektiğinde farklı karar verebilmesi ve bunu gerekçelendirebilmesi gerekir. Aksi hâlde biçimsel insan onayı, otomatik sonucun gerçek bir denetime tabi tutulduğunu göstermez. UNESCO'nun (2021) etik tavsiye kararı, insan gözetimi ve sorumluluğunun yapay zekâ yönetişimindeki önemini vurgulamaktadır.

Örneğin sosyal yardım başvurularını önceliklendiren varsayımsal bir sistem, belirli veri alanları eksik olduğu için bir başvuruyu düşük risk grubuna yerleştirebilir. Bu örnek gerçek bir belediye uygulamasına ilişkin bulgu değildir. Böyle bir durumda başvuru sahibinin eksik veriyi düzeltme, gerekçeyi öğrenme ve insan değerlendirmesi talep etme olanağı bulunmalıdır. Algoritmik doğruluk oranı yüksek olsa bile tekil yurttaşın yanlış sınıflandırılması demokratik ve idari sorumluluğu ortadan kaldırmaz.

Yapay zekâ destekli kararların denetlenebilmesi için sistemin işleyişine ilişkin kayıtların tutulması ve bu kayıtların gerektiğinde incelenebilmesi önemlidir. Örneğin, hangi verilerin kullanıldığı, sistemin nasıl bir öneri sunduğu ve yetkilinin hangi kararı verdiği kayıt altına alınabilir. Ancak yalnızca kayıt tutulması yeterli değildir. Bu kayıtların anlaşılabilir olması ve gerektiğinde kararların gerekçelerini değerlendirmek için kullanılabilmesi de gerekir. OECD'nin (2019) yapay zekâ ilkelerinde yer alan şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri de bu gerekliliklerle ilişkilidir.

Belediyelerin dışarıdan satın aldığı yazılımlarda sorumluluk daha karmaşık hâle gelebilir. Ticari sır gerekçesiyle bütün karar ölçütlerinin kapalı kalması, kamu gücünün kullanımına ilişkin denetimi zayıflatabilir. Bu nedenle ihale, sözleşme ve kurumsal denetim süreçlerinde açıklanabilirlik, veri güvenliği ve itiraz mekanizmalarının dikkate alınması önemlidir. Buradaki öneri, belediyelerin belirli bir teknoloji tedarik modelini zorunlu olarak benimsemesi değil, kamu sorumluluğunun teknik hizmet alımıyla devredilemeyeceğini hatırlatmaktır.

4.4. KAPSAYICI KATILIM VE TALEPLERIN KARARA ETKISI

Katılımın kapsayıcılığı, farklı toplumsal grupların aynı platforma erişebilmesinden daha geniş bir anlam taşır. Katılım kanallarına kimlerin başvurduğu, hangi taleplerin işleme alındığı, görüşlerin karar öncesinde mi sonrasında mı toplandığı ve nihai tercihlere nasıl yansıdığı birlikte değerlendirilmelidir. Kent konseyleri üzerine yapılan çalışmalar, kurumsal katılım kanallarının varlığının toplumsal temsilin niteliğini kendiliğinden güvence altına almadığını göstermektedir (Özdemir, 2011; Kılınç, 2017).

Dijital başvuru sayısının yüksekliği demokratik etkiyi ölçmek için tek başına yeterli değildir. Aynı kişinin çok sayıda başvurusu olabilir, bazı gruplar daha fazla dijital beceriye sahip oldukları için daha görünür hâle gelebilir. Yapay zekâ destekli duygu analizi veya talep sınıflandırması da çoğunluk görüşünü kolayca tespit ediyor görünse bile ifade biçimi, dil ve veri dağılımı gibi etkenlerden etkilenebilir. Bu nedenle başvuruların sayısal ağırlığı ile toplumsal temsil gücü eşit kabul edilmemelidir.

Yurttaşların katılımını değerlendirirken yalnızca kaç kişinin başvuru yaptığına değil, iletilen önerilerin karar alma süreçlerinde nasıl değerlendirildiğine de bakmak gerekir. Katılımcı bütçeleme uygulamaları bu açıdan önemli bir örnektir. Arıkboğa (2024), İstanbul Büyükşehir Belediyesi örneğinde katılımcı bütçelemenin yerel düzeydeki uygulamasını incelerken Bölükbaş (2026), uluslararası deneyimler ve ilgili literatür üzerinden katılımcı bütçelemenin Türkiye'deki yerel yönetimler açısından sunduğu olanakları ve politika önerilerini değerlendirmektedir. Bu çalışmalar, yurttaşların bütçe önceliklerinin belirlenmesine katılımının farklı yönlerini tartışmaya imkân tanımaktadır. Benzer şekilde, yapay zekâ destekli katılım platformlarında da hangi önerilerin dikkate alındığı, hangilerinin kabul edilmediği ve bu tercihlerin nasıl gerekçelendirildiği önemlidir. Böylece katılımın yalnızca başvuru ve öneri sayılarıyla değil, yerel kararlar üzerindeki etkisiyle de değerlendirilmesi mümkün olur.

Kapsayıcılık, farklı görüşlerin yalnızca kayda geçirilmesini değil karşılıklı olarak değerlendirilebilmesini de gerektirir. Belediye yönetimi bir konuda teknik, mali ve hukuki sınırları açıklarken yurttaşların farklı öncelikleri ortaya koymasına imkân tanıyabilir. Böyle bir süreçte bütün taleplerin karşılanması mümkün olmasa da hangi tercihlerin neden benimsendiği kamusal olarak tartışılabilir. Yerel yönetişimin demokratik niteliği, taleplerin otomatik olarak kabul edilmesinde değil, karar sürecinin gerekçelendirilebilir ve itiraza açık kalmasında aranmalıdır.

Kapsayıcı katılım bakımından yüz yüze kanalların korunması ikincil bir önlem değildir. Dijital kanallar, başvuru ve geri bildirim süreçlerini hızlandırabilir; buna karşılık mahalle toplantıları, kent konseyi çalışmaları ve belediye birimlerinde doğrudan görüşme imkânı dijital veri içinde görünmeyen ihtiyaçların anlaşılmasına yardımcı olabilir. Bu iki kanal birbirini dışlamaz. Etkili bir katılım düzeninde farklı kanallardan gelen taleplerin aynı kurumsal değerlendirme sorumluluğuna bağlanması gerekir.

4.5. DIJITAL KAMUSAL MÜZAKERE VE BELEDIYE GÜNDEMI

Dijital kamusal alan; yurttaşların yerel sorunlar hakkında bilgi paylaşabildiği, farklı görüşlerle karşılaşabildiği ve ortak talepler geliştirebildiği iletişim ortamlarını kapsar. Belediyenin sosyal medya hesabında duyuru yapması veya yorum alması, kendi başına kamusal müzakerenin gerçekleştiğini göstermez. Müzakere, farklı gerekçelerin karşılıklı değerlendirilmesini, anlaşmazlıkların görünür olmasını ve karar vericilerin bu tartışmayla ilişki kurmasını gerektirir.

Sosyal medya, yurttaşların yerel sorunları gündeme getirmesini, belediyeye ulaşmasını ve ortak taleplerini duyurmasını kolaylaştırabilir. Yılmaz (2026), sosyal medyanın yerel yönetişim açısından sunduğu katılım olanaklarını ve dijital eşitsizlik gibi sınırlılıklarını birlikte ele almaktadır. Bununla birlikte, sosyal medyada bazı görüşlerin daha fazla ilgi görmesi, bu görüşlerin toplumun genelini temsil ettiği anlamına gelmez. Gaisbauer ve arkadaşlarının (2021) araştırması da sosyal medyada bazı grupların daha aktif olmaları nedeniyle görüşlerinin daha görünür hâle gelebildiğini göstermektedir.

Yapay zekâ destekli içerik sınıflandırması, belediyenin binlerce yorum ve başvuruyu daha hızlı anlamlandırmasına katkıda bulunabilir. Bununla birlikte eleştirel, alaycı veya yerel bağlama özgü ifadelerin yanlış sınıflandırılması mümkündür. Sistemlerin dilsel performansına ilişkin somut test yapılmadan hangi grupların ne ölçüde etkilendiği söylenemez. Kurumsal bakımdan önemli olan, algoritmik özetlerin kamusal tartışmanın tamamının yerine geçmemesi ve yurttaşların kendi görüşlerinin nasıl değerlendirildiğini sorgulayabilmesidir.

Kamusal müzakere ile karar süreci arasında kurumsal bir bağlantı bulunmadığında dijital tartışmalar sembolik katılım düzeyinde kalabilir. Örneğin belediye bir imar veya ulaşım düzenlemesine ilişkin görüş topladığında, karşıt görüşlerin hangi gerekçelerle değerlendirildiğini ve karar metnine nasıl yansıdığını açıklaması müzakerenin ciddiye alındığını gösterir. Bu durum görüşlerin mutlaka kabul edilmesi anlamına gelmez, tartışmanın karar gerekçesiyle ilişkilendirilmesi anlamına gelir.

Dijital kamusal müzakerenin bir başka koşulu, belediyenin iletişim ortamında yalnızca kendisini destekleyen taleplere öncelik vermemesidir. Şeffaf moderasyon ilkeleri, eleştirel görüşlerin keyfî biçimde dışlanmaması ve farklı katılım kanallarının açık tutulması bu nedenle önem taşır. Teknoloji tartışmanın ölçeğini genişletebilir ancak demokratik niteliği, farklı görüşlerin karşılaşma ve kararları sorgulama imkânlarının korunmasına bağlıdır.

4.6. BELEDIYELERDE VERI YÖNETIMI VE KURUMSAL SORUMLULUĞUN SÜREKLILIĞI

Yapay zekâ destekli katılım araçlarının güvenilirliği, yalnızca kullanılan sistemin teknik özelliklerine değil, belediyenin verileri nasıl topladığına ve yönettiğine de bağlıdır. Şikâyet kayıtları, coğrafi bilgi sistemleri, hizmet başvuruları ve memnuniyet anketleri farklı amaçlarla oluşturulur. Bu verilerin aynı sistemde bir araya getirilmesi belediyelerin ihtiyaçları değerlendirmesini kolaylaştırabilir. Ancak verilerin hangi amaçlarla toplandığı, ne kadar süre saklandığı ve kimler tarafından kullanılabildiği de açık olmalıdır.

Verinin yönetim amacıyla kullanılması ile demokratik katılım amacıyla değerlendirilmesi farklı sonuçlar doğurabilir. Örneğin başvuruların yoğunlaştığı sokakların belirlenmesi hizmet ekiplerinin planlanmasını kolaylaştırabilir. Ancak aynı kayıtların hangi mahalleye öncelik verileceğini belirlemek için kullanılması, kaynak dağılımı ve eşitlik sorunlarını gündeme getirir. Her iki kullanımda da veri aynı olabilir; değişen, veriye bağlanan karar yetkisidir. Bu nedenle kurumun veri kullanım amacını açıkça tanımlaması ve bu amacın karar üzerindeki etkisini görünür kılması önemlidir.

Yapay zekâ destekli sistemlerin kurulumu çoğu zaman bir defalık teknoloji yatırımı gibi sunulur. Oysa veriler güncellenir, mahallelerin nüfus yapısı değişir, hizmet öncelikleri farklılaşır ve yurttaşların başvuru alışkanlıkları dönüşür. İlk kurulumda makul görünen sınıflandırma ölçütleri zaman içinde işlevsiz kalabilir. Bu nedenle belediyenin sistemi belirli aralıklarla gözden geçirmesi, yanlış sınıflandırma örneklerini değerlendirmesi ve

gerektiğinde teknik düzenleme yapabilmesi gerekir. Bu görev yalnızca yazılım sağlayıcısına bırakılamayacak bir kamu sorumluluğudur.

Yapay zekâ destekli sistemlerin belediyelerde etkili biçimde kullanılabilmesi, personelin bu sistemler hakkında yeterli bilgiye sahip olmasını da gerektirir. Uysal ve Öztürk'ün (2024, s. 275) büyükşehir belediyelerinde gerçekleştirdiği araştırmada, bilgi işlem birim yetkililerinin %44,83'ünün yerel kamu hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarını daha önce duymadığı belirlenmiştir. Bu bulgu, belediye personelinin yapay zekâ konusundaki bilgi düzeyinin geliştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bununla birlikte personelin kullanılan sistemlerin bütün teknik ayrıntılarını bilmesi beklenemez. Önemli olan, sistemin hangi amaçla kullanıldığını, ne tür hatalar yapabileceğini ve hangi durumlarda insan değerlendirmesine ihtiyaç duyulduğunu anlayabilmesidir. Aksi hâlde sistemin ürettiği öneriler yeterince sorgulanmadan uygulanabilir.

Yapay zekâ destekli hizmetlerin değerlendirilmesinde yurttaş deneyimi de teknik performans göstergelerinden ayrı tutulmalıdır. Bir başvuru sisteminin yanıt süresinin kısalması olumlu bir gelişme olabilir. Fakat başvuruların otomatik yanıtlarla kapatılması ve gerçek sorunun çözülememesi durumunda yurttaş açısından hizmet kalitesi düşebilir. Dolayısıyla kurumsal değerlendirme yalnızca işleme alınan kayıt sayısı, ortalama süre veya otomasyon oranıyla sınırlandırılmamalıdır. Başvuru sahibinin kararı anlayıp anlamadığı ve yeniden değerlendirme talep edip edemediği de önemlidir.

Yerel yönetimlerin ölçek farklılıkları veri yönetişiminin biçimini etkileyebilir. Büyükşehir belediyelerinde çok sayıda birimden gelen verinin bütünleştirilmesi öne çıkarken küçük belediyelerde personel ve teknik destek kapasitesi daha sınırlı olabilir. Bununla birlikte her iki durumda da kamu otoritesinin hesap verebilirlik yükümlülüğü devam eder. Teknolojik kapasitenin düşük olması, karar gerekçesini açıklamama veya başvuru yolunu kapatma gerekçesi olamaz. Kurumsal koşulların yerel bağlama uygun biçimde düzenlenmesi gerekir.

Bir belediye uygulamasının demokratik niteliğini anlamak için yazılımın satın alınma kararından uygulama sonuçlarının değerlendirilmesine kadar uzanan sürecin dikkate alınması yararlıdır. Hangi sorun için teknolojiye ihtiyaç duyulduğu, bu ihtiyacın yurttaşlarla tartışılıp tartışılmadığı, uygulamanın hangi grupları etkileyebileceği ve uygulama başladıktan sonra geri bildirimlerin nasıl ele alındığı birbirini izleyen sorulardır. Böyle bir değerlendirme, teknolojiyi yalnızca hizmet sunumunun son aşamasında görünen bir araç olarak değil, kurumsal tercihlerin sonucu olarak ele alır.

Kurumsal sorumluluğun bir diğer boyutu, farklı belediye birimleri arasında görev paylaşımının açık olmasıdır. Bilgi işlem birimi teknik işletimden sorumlu olabilir ancak sosyal yardım, ulaşım veya çevre hizmetlerine ilişkin öncelikleri ilgili hizmet birimleri belirler. Yapay zekâ destekli sistem iki alanı birbirine bağladığında nihai karar yetkisinin belirsizleşmesi mümkündür. Bu nedenle teknik değerlendirme ile kamusal takdir yetkisi arasındaki ayrım korunmalıdır. Hesap verebilirlik, yalnızca sistemin çalışıp çalışmadığına değil, kamusal tercihin kimin sorumluluğunda olduğuna da ilişkindir.

Yurttaşların kendileri hakkında kullanılan veriler konusunda anlaşılır bilgiye ulaşabilmesi, güven ilişkisini destekleyebilir. Ancak teknik açıklamalar çok uzun ve karmaşık olduğunda biçimsel bilgilendirme gerçek anlamda anlaşılabilir olmayabilir. Bu nedenle açıklama yükümlülüğünün dili, kullanılan teknolojinin işlevi ve başvuru sahibinin ihtiyacı dikkate alınarak kurulmalıdır. Kurumun her teknik terimi açıklaması yerine, kararın hangi bilgilerden etkilendiğini ve hatalı bilgilerin nasıl düzeltileceğini anlaşılır biçimde sunması daha işlevsel olabilir.

Belediyelerde kullanılan algoritmik araçların toplumsal etkileri, zaman içinde değişebileceği için tek seferlik bir uygunluk kontrolü yeterli görülmemelidir. Özellikle sınıflandırma veya önceliklendirme sistemlerinde farklı mahallelerden ve toplumsal gruplardan gelen başvuruların nasıl sonuçlandığı düzenli olarak incelenebilir. Bu tür incelemeler için kişisel verilerin korunması ve istatistiksel sonuçların doğru yorumlanması gerekir. Amaç bütün

gruplar için her durumda aynı sonucu üretmek değil, açıklanması güç ve sistematik dezavantajları fark edebilmektir.

Sonuçta veri yönetişimi, demokratik katılım tartışmasının dışındaki yalnızca teknik bir uzmanlık alanı değildir. Verinin kimden toplandığı, hangi amaçla işlendiği, neyin ölçülebilir kabul edildiği ve sonuçların hangi kararlara bağlandığı yurttaşların yerel yönetimle ilişkisini etkiler. Algoritmik yönetişim literatürünün idari kapasiteye ilişkin bulguları (Gençay & Şahin, 2026), katılım literatürünün eşitlik ve temsil sorularıyla birlikte okunduğunda bu bağlantı daha belirgin hâle gelir.

4.7. YEREL YÖNETIMLER AÇISINDAN UYGULAMA GERILIMLERI

Yapay zekâ destekli yerel yönetişimin demokratik değerlendirmesinde sık karşılaşılan bir gerilim, hız ile gerekçelendirme arasındadır. Belediye yönetimi çok sayıda başvuruyu kısa sürede işleme almak isteyebilir. Ancak otomatik yanıtın hızlı olması, kararın yurttaş açısından anlaşılır olduğu anlamına gelmez. Özellikle kaynak tahsisi, sosyal yardım veya kentsel hizmet öncelikleri gibi alanlarda hızlı sınıflandırma ile gerekçeli değerlendirme birbirinden ayrılmalıdır. Bir sistemin idari yükü azaltması, demokratik sorumluluğun da azaltılabileceği anlamına gelmez.

İkinci gerilim, kişiselleştirilmiş hizmet ile eşit muamele arasındadır. Veri temelli sistemler bireylerin veya mahallelerin ihtiyaçlarını daha ayrıntılı tanımlayabilir. Bu durum bazı hizmetlerin daha isabetli planlanmasına yardımcı olabilir. Buna karşılık farklı veri yoğunluğuna sahip grupların aynı sistem içinde farklı biçimde görünmesi mümkündür. Eşitlik, her yurttaşa her durumda aynı hizmetin verilmesi demek değildir; farklılaştırılmış hizmetin nesnel, açıklanabilir ve kamusal bakımdan savunulabilir gerekçelere dayanmasını gerektirir.

Üçüncü gerilim, idari uzmanlık ile yurttaş bilgisinin ilişkisinde ortaya çıkar. Belediyeler teknik planlama, mühendislik, hukuk ve mali yönetim alanlarında uzman değerlendirmesine ihtiyaç duyar. Yurttaşlar ise gündelik yaşam deneyimleri üzerinden teknik raporlarda bulunmayan sorunları görünür kılabilir. Yapay zekâ destekli analizlerin kurumsal uzmanlıkla bütünleştirilmesi yararlı olabilir fakat bu süreçte yurttaş bilgisinin yalnızca doğrulanacak ham veri olarak görülmesi katılımın demokratik anlamını daraltır.

Dördüncü gerilim, kamusal tartışmanın açıklığı ile kişisel verilerin korunması arasındadır. Katılım süreçlerinin şeffaf yürütülmesi, bütün başvuruların kişisel ayrıntılarıyla kamuya açılmasını gerektirmez. Özellikle sosyal yardım, engellilik, sağlık veya kişisel güvenlik gibi hassas konularda başvuruların mahremiyeti korunmalıdır. Bununla birlikte karar ölçütleri, başvuru kategorileri ve toplulaştırılmış sonuçlar uygun biçimde açıklanabilir. Böylece kişisel gizlilik ile kurumsal hesap verebilirlik arasında zorunlu bir karşıtlık kurulmadan değerlendirme yapılabilir.

Beşinci gerilim, standartlaştırma ile yerel bağlama duyarlılık arasındadır. Algoritmik sistemler çok sayıda başvuruyu aynı sınıflandırma ölçütleriyle işleyerek tutarlılık sağlayabilir. Ancak yerel dil kullanımları, mahallelerin tarihsel özellikleri ve farklı hizmet ihtiyaçları standart kategorilere her zaman kolayca sığmaz. Sistemin ürettiği sonuçların ilgili hizmet birimleri tarafından bağlam içinde yorumlanması bu nedenle önemlidir. Standart ölçütlerin bulunması keyfîliği azaltabilir; bağlama duyarlı insan değerlendirmesi ise yanlış sınıflandırmanın kalıcı hâle gelmesini önleyebilir.

Altıncı gerilim, teknolojik yeniliğin görünürlüğü ile katılımın kurumsal sürekliliği arasındadır. Yeni bir uygulamanın tanıtılması kısa sürede yüksek ilgi çekebilir. Buna karşılık yurttaşların zaman içinde aynı kanalı kullanmaya devam etmesi, başvurularına yanıt alması ve karar süreçlerinde etkili olduklarını görmesi daha uzun süreli kurumsal emek gerektirir. Katılımı yalnızca uygulama lansmanı veya kullanıcı sayısı üzerinden değerlendirmek, bu süreklilik sorununu gözden kaçırabilir.

Bu gerilimlerin hiçbirinin yalnızca teknik bir yazılım güncellemesiyle bütünüyle çözülebileceği ileri sürülemez. Hız, eşitlik, uzmanlık, mahremiyet, yerel bağlam ve kurumsal süreklilik, kamu yönetiminin daha eski sorunlarıyla bağlantılıdır. Yapay zekâ destekli uygulamalar bu sorunları yeni biçimlerde görünür kılabilir veya bazılarını ağırlaştırabilir. Bu nedenle demokratik yönetişim tartışmasının teknolojiye indirgenmemesi, fakat teknolojinin karar süreçlerine etkisinin de göz ardı edilmemesi gerekir.

Yerel demokratik yönetişim açısından bu gerilimlerin önemi, tek bir ilkenin diğer bütün ilkeleri otomatik olarak geçersiz kılmamasıdır. Hızlı hizmet sunumu önemlidir ancak gerekçesiz kararın yerine geçmez. Kapsayıcı veri toplamak yararlıdır ancak mahremiyetin ortadan kaldırılmasını haklı çıkarmaz. Teknik uzmanlık gereklidir fakat yurttaşların farklı deneyimlerini siyasal tartışmadan dışlamamalıdır. Kurumsal sorumluluk, bu farklı talepleri açık ve denetlenebilir karar süreçlerinde birlikte değerlendirebilme kapasitesidir.

Yapay zekâ uygulamalarının demokratik katılım üzerindeki etkilerini değerlendirirken belediyelerin bu teknolojileri hangi alanlarda ve nasıl kullandığını da dikkate almak gerekir. Türkiye'deki belediyeleri ele alan çalışmalar, yapay zekânın yerel hizmetlerdeki kullanımını farklı yönleriyle incelemektedir (Türkoğlu, 2025; Özcan & Parlak, 2026; Gençay & Şahin, 2026). Ancak bu çalışmalar, yapay zekâ kullanımının yurttaşların karar alma süreçlerine katılımını bütün belediyelerde aynı biçimde etkilediği sonucuna ulaşmak için yeterli değildir. Bu ilişkinin daha açık biçimde anlaşılabilmesi için belediyelerin kurumsal yapısını, uygulamaların özelliklerini ve yurttaşların karar süreçlerindeki rolünü birlikte inceleyen araştırmalara ihtiyaç vardır.

4.8. YEREL KATILIMIN KARAR SÜREÇLERİNE BAĞLANMASI

Yerel katılımın kurumsal niteliğini anlamak için başvurunun alınmasından kararın açıklanmasına uzanan ilişkinin bütününe bakmak gerekir. Bir yurttaşın ilettiği talep önce kayıt altına alınabilir, ardından ilgili hizmet birimine yönlendirilebilir, mali ve hukuki bakımdan değerlendirilebilir ve sonunda bir karara konu olabilir. Yapay zekâ destekli araçlar bu aşamaların bazılarında iş yükünü azaltabilir. Ancak her aşamada kimin sorumlu olduğu ve yurttaşın hangi bilgiye erişebildiği açıklanmadığında teknik hız demokratik etkiye dönüşmeyebilir.

Karar sürecine bağlanmanın ilk koşulu, belediyenin hangi tür görüşleri hangi aşamada istediğini belirginleştirmesidir. Bir ulaşım hattının güzergâhı henüz hazırlanırken görüş toplamak ile güzergâh kesinleştikten sonra memnuniyet anketi düzenlemek farklı katılım imkânları yaratır. Her iki yöntem de yararlı bilgiler sağlayabilir fakat yurttaşların tercihler üzerindeki etkisi aynı değildir. Katılımın zamanı, kararın açık seçenekler içerip içermediği ve idarenin hangi tercihleri değiştirebileceğiyle birlikte düşünülmelidir.

İkinci koşul, yurttaşların katkılarının değerlendirme sürecinde kaybolmamasıdır. Bir platformdan alınan görüşlerin yalnızca toplam sayı olarak raporlanması, farklı gerekçelerin ve azınlıkta kalan taleplerin anlaşılmasını zorlaştırabilir. Otomatik özetleme veya sınıflandırma sistemleri karar vericiye yardımcı olabilir fakat özgün görüşlerin gerektiğinde yeniden incelenebilmesi önem taşır. Bu nedenle algoritmik özet, başvuru sahibinin kendi ifadesinin tamamen yerine geçen tartışmasız bir kayıt olarak görülmemelidir.

Üçüncü koşul, farklı kurum ve birimler arasında iletilen taleplerin izlenebilirliğidir. Belediye birimleri, bağlı kuruluşlar ve diğer kamu kurumları arasında yetki paylaşımı bulunabilir. Bir başvurunun yanlış birime yönlendirilmesi veya yetki dışı olduğu gerekçesiyle açıklamasız kapatılması, yurttaşın sürece güvenini zayıflatabilir. Dijital sistemler yönlendirmeyi hızlandırabilir, buna karşılık yetki sınırlarının anlaşılır biçimde açıklanması yine kurumsal bir yükümlülüktür.

Dördüncü koşul, karara bağlanan talepler hakkında geri bildirim sağlanmasıdır. Katılım sürecinin yalnızca veri toplama aşamasında kalmaması için yurttaşın hangi önerilerin dikkate alındığını, hangilerinin neden uygulanamadığını öğrenebilmesi gerekir. Bu açıklamalar bireysel başvurular için farklı, geniş katılımlı planlama süreçleri için farklı biçimlerde hazırlanabilir. Önemli olan, idarenin kamusal gerekçelendirme sorumluluğunun görünür kalmasıdır.

Beşinci koşul, kararların daha sonra yeniden tartışılabilmesidir. Yerel sorunlar ve hizmet öncelikleri zaman içinde değişebilir. İlk değerlendirmede reddedilen bir öneri, bütçe koşulları veya yeni ihtiyaçlar nedeniyle daha sonra uygulanabilir hâle gelebilir. Katılımı tek seferlik bir anket olarak görmek yerine kurumsal öğrenmeyle ilişkilendirmek, yurttaşların yönetime sunduğu bilginin sürekliliğini koruyabilir. Bu yaklaşım, belediyelerin her talebi kabul etmesi gerektiği anlamına gelmez.

Kent konseyleri ve katılımcı bütçeleme deneyimleri, görüş toplama ile karar üretme arasındaki ilişkinin uzun süredir yerel demokrasi tartışmasının merkezinde bulunduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011; Arıkboğa, 2024). Yapay zekâ destekli sistemler bu sorunu ortadan kaldırmaz, yalnızca taleplerin işlenmesi ve görünürlüğünün düzenlenmesi aşamalarına yeni araçlar ekler. Dolayısıyla teknoloji kullanımını demokratik katılımın yerine koymadan, mevcut temsil ve hesap verebilirlik mekanizmalarıyla ilişkilendirmek gerekir.

Bütün bu koşulların uygulanma biçimi belediyelerin ölçeğine ve hizmet alanına göre değişebilir. Burada tek bir zorunlu idari prosedür önerilmemektedir. Temel vurgu, karar sürecinin yurttaşın katkısını görünür kılacak, gerekçelendirecek ve gerektiğinde yeniden değerlendirmeye açacak biçimde işlemesidir. Yapay zekâ bu sürece destek verebilir ancak demokratik sorumluluk kamu kurumlarında kalır.

4.9. KATILIMIN DEĞERLENDIRILMESINDE ÖLÇÜTLER VE YORUM SINIRLARI

Yerel yönetimlerde dijital katılımın başarısı çoğu zaman kayıtlı kullanıcı sayısı, platforma giriş, başvuru veya yanıt sayısıyla anlatılır. Bu göstergeler kullanım yoğunluğunu açıklayabilir ancak demokratik katılımın niteliğini doğrudan ölçmez. Bir yurttaşın bir başvuruda bulunması, kararın oluşumuna etki ettiği anlamına gelmediği gibi düşük başvuru sayısı da tek başına yurttaşların ilgisiz olduğunu göstermez. Ölçüt seçimi, hangi tür katılımın değerli kabul edildiğini dolaylı biçimde belirler.

Başvuru sayılarının yorumlanmasında hizmet ihtiyacının dağılımı dikkate alınmalıdır. Örneğin belirli bir mahalleden az sayıda çevrim içi talep gelmesi, o mahallede sorun olmadığı anlamına gelmeyebilir. İnternet erişimi, belediyeye duyulan güven, daha önce yapılan başvuruların sonuçları ve alternatif iletişim kanalları başvuru davranışını etkileyebilir. Dolayısıyla veri setinde görünmeyen ihtiyaçların bulunabileceği ihtimali, yönetimin yalnızca otomatik analizlere dayanmasını sınırlandırır.

Yanıt süresi de dikkatle yorumlanmalıdır. Otomatik sistemler başvuruyu birkaç saniyede kayda alabilir fakat sorunun çözümü, gerekli kurumlar arası yazışmalar veya bütçe kararları daha uzun sürebilir. Hızlı ilk yanıt ile etkili hizmet sonucunu aynı gösterge altında birleştirmek, yurttaşın gerçek deneyimini olduğundan olumlu gösterebilir. Kurumsal şeffaflık bakımından kayıt, inceleme, karar ve uygulama aşamalarının ayrı ayrı açıklanması daha anlamlıdır.

Yurttaş katılımının kararlar üzerindeki etkisini değerlendirmek her zaman kolay değildir. Bir önerinin kabul edilmesi, kararın doğrudan yurttaşların talebiyle alındığını göstermeyebilir. Benzer şekilde, bir önerinin reddedilmesi de görüşün değerlendirilmediği anlamına gelmez. Bu nedenle katılımın etkisini değerlendirirken yalnızca önerilerin kabul veya ret durumuna değil, yurttaş görüşlerinin karar alma sürecinde nasıl ele alındığına ve kararların hangi gerekçelerle verildiğine de bakmak gerekir.

Kapsayıcılığı değerlendirmek için platforma kimlerin katıldığının bilinmesi yararlı olabilir ancak bireylerin hassas özelliklerini gereksiz biçimde toplamak yeni mahremiyet riskleri yaratır. Bu nedenle eşitsizlikleri izleme ihtiyacı ile veri minimizasyonu arasında dikkatli bir denge kurulmalıdır. Belediyeler, kişisel veri toplamayı artırmayı otomatik olarak daha iyi katılım ölçümüyle eşitlememelidir. Farklı mahallelerden gelen başvuruların toplulaştırılmış dağılımı ve alternatif katılım kanallarından elde edilen nitel bilgiler birlikte düşünülebilir.

Kullanıcı memnuniyeti demokratik etkiyi anlamak için tek başına yeterli değildir. Yurttaşlar hızlı ve kolay işlem yaptıkları için bir hizmetten memnun kalabilir; buna rağmen kentsel önceliklerin belirlenmesinde söz sahibi

olmadıklarını düşünebilir. Bunun tersine, yoğun tartışma ve görüş ayrılığı bulunan bir katılım süreci düşük memnuniyet üretebilir ama kamusal kararın gerekçelendirilmesini güçlendirebilir. Bu nedenle hizmet memnuniyeti ile siyasal katılım deneyiminin birbirine karıştırılmaması gerekir.

Algoritmik sistemlerin teknik başarı göstergeleri de demokratik yorumun yerine geçemez. Bir sınıflandırma modelinin ortalama doğruluğu yüksek olabilir fakat nadir görülen veya farklı dilsel biçimlerle ifade edilen taleplerde hata oranı artabilir. Hata oranlarının gruplar arasında nasıl dağıldığı bilinmeden genel başarı puanı üzerinden eşitlik sonucu çıkarılamaz. Bu nedenle teknik ölçütler kurumsal denetimin gerekli bir girdisi olabilir, fakat tek başına demokratik hesap verebilirlik sağlamaz.

Yurttaş taleplerinin görünürlüğünü yalnızca sosyal medya etkileşimiyle ölçmek de yanıltıcı olabilir. Beğeni, paylaşım ve yorum sayıları bir konunun çevrim içi dolaşımını gösterir ancak sessiz kalan kesimlerin tercihlerini açıklamaz. Ayrıca tartışmanın yoğunluğu ile çözümün kamusal önemi aynı şey değildir. Sosyal medya katılımını inceleyen Yılmaz (2026), dijital olanaklarla eşitsizlik ve manipülasyon risklerini birlikte ele almaktadır. Yerel yönetimlerin çevrim içi etkileşim verisini başka katılım biçimleriyle karşılaştırması bu nedenle önemlidir.

Bu değerlendirmeler, yurttaş katılımının ölçülmesinden vazgeçilmesi gerektiği anlamına gelmez. Önemli olan, kullanılan göstergelerin neyi ortaya koyduğunu ve hangi yönlerden sınırlı kaldığını dikkate almaktır. Başvuru sayıları gibi sayısal veriler, yurttaş görüşleri, toplantı kayıtları ve karar gerekçeleriyle birlikte incelendiğinde katılımın niteliği hakkında daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilir. Bu yaklaşım, katılımın yalnızca ne kadar gerçekleştiğini değil, karar alma süreçlerine nasıl yansıdığını da anlamaya yardımcı olabilir.

Demokratik değerlendirmede nihai amaç, teknolojinin kullanımını sayısal olarak yüksek göstermek değil, karar süreçlerinin yurttaşlara ne ölçüde açık olduğunu anlamaktır. Bir belediyenin az sayıda fakat gerekçeli, izlenebilir ve karara bağlanan katılım süreci yürütmesi, çok sayıda fakat etkisi belirsiz çevrim içi etkileşimden farklı bir demokratik anlam taşıyabilir. Bu karşılaştırma kesin bir sıralama iddiası değil, katılımın niceliği ile niteliğinin ayrı değerlendirilmesi gerektiğine ilişkin kuramsal bir uyarıdır.

5. TARTIŞMA: TEKNOLOJİK KAPASİTE İLE DEMOKRATİK ETKİ ARASINDAKİ MESAFE

İncelenen literatürün ortak biçimde işaret ettiği sorun, hizmetlerin dijitalleşmesi ile demokratik katılımın güçlenmesi arasında zorunlu bir neden-sonuç ilişkisinin bulunmamasıdır. Belediyeler daha hızlı yanıt verebilir, başvuruları daha kolay sınıflandırabilir ve kaynak kullanımını daha ayrıntılı izleyebilir. Bunlar yönetsel bakımdan önemli gelişmelerdir. Ancak demokratik katılım, yurttaşın yalnızca daha hızlı hizmet almasını değil, yerel önceliklerin oluşumuna ve kararların denetlenmesine anlamlı biçimde katılabilmesini gerektirir.

Bu ayrım, hizmet performansı ile demokratik meşruiyetin birbirine indirgenemeyeceğini gösterir. E-katılımın yerel düzeydeki etkisini inceleyen Erdoğan ve Sevgili (2026) ile katılımcı bütçeyi değerlendiren Arıkboğa (2024), farklı araçlar üzerinden de olsa katılımın niteliğini uygulama süreçleri içinde değerlendirmeye yöneltmektedir. Yapay zekâ destekli yönetişim bakımından da benzer bir ölçüt gereklidir: Hangi talepler toplanıyor, bunlar nasıl sınıflandırılıyor, hangi kararlar üzerinde etkili olabiliyor ve sonuçlar nasıl açıklanıyor?

Kurumsal koşullar birbirini etkiler. Dijital erişimi sınırlı grupların talepleri veriye yeterince yansımıyorsa, algoritmik önceliklendirme bu eksik veriden hareketle karar desteği üretebilir. Bu kararların ölçütleri açıklanmıyorsa sorun şeffaflık boyutu kazanır. Başvuru sahibi itiraz edemiyorsa hesap verebilirlik zayıflar. Görüşler kamusal tartışmaya taşınamıyorsa çoğulcu katılımın niteliği de sınırlanır. Böylece beş başlık, ayrı ayrı teknik iyileştirme alanlarından çok aynı demokratik ilişkinin bağlantılı yönleri olarak ortaya çıkar.

Bu bağlantıdan bütün belediyelerin aynı teknolojik çözümleri benimsemesi gerektiği sonucu çıkmaz. Belediyelerin ölçeği, mali kapasitesi, personel niteliği, hizmet yoğunluğu ve yurttaşların ihtiyaçları farklıdır. Küçük bir belediyede doğrudan görüşme kanalları etkili olabilirken büyük bir belediyede çok sayıda başvuruyu

sınıflandırmak için karar destek sistemlerine ihtiyaç duyulabilir. Demokratik ölçüt, kullanılan teknolojinin gelişmişlik derecesi değil, ilgili kurumun yurttaşlarla kurduğu ilişkinin açıklanabilir ve denetlenebilir olmasıdır.

Yerel yönetimlerde yapay zekâ kullanımına ilişkin güncel araştırmaların önemli katkısı, hizmet sunumu ve kurumsal kapasite sorunlarını görünür kılmasıdır (Özcan & Parlak, 2026; Gençay & Şahin, 2026). Katılım literatürünün katkısı ise yönetsel iyileşmelerin yurttaş etkisine dönüşmesinin ayrıca değerlendirilmesi gerektiğini hatırlatmasıdır (Özçelik, 2021; Gözüm, 2026). İki tartışmanın birlikte okunması, teknolojiyi ne kendiliğinden demokratikleştirici bir güç ne de kaçınılmaz biçimde dışlayıcı bir mekanizma olarak görmeyi gerektirir.

Bu nedenle algoritmik yönetişimin yerel demokrasi bakımından değerlendirilmesi, yalnızca sistemin ne kadar doğru tahmin ürettiğine veya hizmet süresini ne ölçüde kısalttığına dayanamaz. Yurttaşın karar sürecinde hangi aşamada söz sahibi olduğu, yanlış sınıflandırmayı nasıl düzeltebildiği ve karar gerekçesini nasıl sorgulayabildiği de önem taşır. Yapay zekâ teknolojilerinin toplumsal yararı, bu sorulara verilen kurumsal yanıtlarla birlikte düşünülmelidir.

6. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yerel yönetimlerde yapay zekâ destekli uygulamalar, kamu hizmetlerinin planlanması, başvuruların işlenmesi ve idari kararların hazırlanması bakımından yeni olanaklar sunmaktadır. Ancak bu olanakların demokratik katılıma dönüşmesi kendiliğinden gerçekleşmez. Demokratik katılımın niteliği, teknolojik aracın varlığından çok yurttaşın karar süreçlerine erişimi, taleplerinin değerlendirilme biçimi ve kararları sorgulayabilme imkânıyla ilgilidir. Literatür temelli değerlendirme, yerel yönetişimde teknik kapasite ile demokratik etki arasında kurumsal olarak kurulması gereken bir bağlantı bulunduğunu göstermektedir.

Dijital altyapıya erişim, kurumsal şeffaflık, algoritmik hesap verebilirlik, kapsayıcı katılım ve dijital kamusal müzakere bu bağlantının birbirini tamamlayan yönleridir. Erişimdeki eşitsizlik, başvuru verisinin temsil niteliğini etkileyebilir. Karar ölçütlerinin kapalı olması, yurttaşların taleplerinin neden kabul veya reddedildiğini anlamasını güçleştirebilir. İnsan denetiminin yalnızca biçimsel kalması, otomatik önerilerin sorumluluğunu belirsizleştirebilir. Dijital tartışmaların karar gündemine bağlanmaması ise katılımı görünür fakat etkisiz bir faaliyete dönüştürebilir.

Yerel yönetimler açısından ilk kurumsal gereklilik, dijital başvuru kanalları ile yüz yüze katılım seçeneklerini birbirinin alternatifi olarak görmemektir. Farklı toplumsal kesimlerin aynı araçlara erişemediği koşullarda tek kanallı katılım düzeni kapsayıcılığı zayıflatabilir. İkinci olarak, yapay zekâ destekli değerlendirme yapılan süreçlerde sistemin hangi aşamada kullanıldığı ve nihai kararın hangi birim tarafından verildiği açıklanmalıdır. Üçüncü olarak yurttaşların eksik veya yanlış verileri düzeltebileceği, karar gerekçelerini öğrenebileceği ve insan incelemesi talep edebileceği başvuru yolları korunmalıdır.

Dördüncü olarak, dijital ortamda toplanan taleplerin belediye gündemine nasıl aktarıldığı izlenebilir olmalıdır. Katılımcı bütçeleme ve kent konseyi deneyimlerinin hatırlattığı üzere, katılımın demokratik niteliği yalnızca görüş bildirme olanağına değil, bu görüşlerin değerlendirilme usulüne de bağlıdır. Beşinci olarak, teknolojik sistemlerin etkisi yalnızca hizmet hızı ve kullanıcı memnuniyetiyle değil, farklı mahalle ve toplumsal grupların katılım imkânları bakımından da incelenmelidir. Bunlar yeni bir yönetişim modeli önerisi değil, mevcut kurumsal sorumlulukların yapay zekâ destekli süreçlerde de korunmasına yönelik değerlendirmelerdir.

Araştırmanın temel sınırlılığı, belediyelerde özgün saha verisi toplamamış olmasıdır. Bu nedenle belirli bir uygulamanın demokratik katılımı artırdığı veya azalttığı yönünde nedensel sonuçlara ulaşılmamaktadır. Gelecek araştırmalar, belediyelerin yapay zekâ destekli başvuru ve karar destek sistemlerinde yurttaş taleplerinin nasıl sınıflandırıldığını, farklı grupların hangi kanalları kullandığını ve bu taleplerin kararlara ne ölçüde yansıdığını somut verilerle inceleyebilir. Bu tür çalışmalar, burada kuramsal düzeyde tartışılan kurumsal koşulların uygulamada nasıl karşılık bulduğunu açıklamaya katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak yerel demokratik yönetişimin temel meselesi, belediyelerin yapay zekâ kullanıp kullanmamasından daha geniştir. Önemli olan, teknolojinin yurttaşların taleplerini ifade etme, farklı görüşlerle karşılaşma ve kamu kararlarını sorgulama imkânlarıyla nasıl ilişkilendirildiğidir. Yapay zekâ destekli yerel yönetim uygulamalarının demokratik değeri, ancak bu kurumsal ilişki içinde değerlendirildiğinde anlam kazanır.

KAYNAKLAR

Arıkboğa, Ü. (2024). Belediyelerde katılımcı bütçe: İstanbul Büyükşehir Belediyesi örneği. Çağdaş Yerel Yönetimler, 33(4), 1–35. https://dergipark.org.tr/tr/pub/cyy/article/1491007

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. Journal of the American Institute of Planners, 35(4), 216–224. https://doi.org/10.1080/01944366908977225

Bölükbaş, V. (2026). Yerel yönetimlerde katılımcı bütçeleme: Küresel perspektiften Türkiye'deki yerel yönetimler için politika önerileri. International Journal of Entrepreneurship and Management Inquiries, (18). https://doi.org/10.55775/ijemi.2012967

Çobanoğulları, G., & Yereli, A. B. (2017). Katılımcı demokrasi ve bütçeleme. *Sosyoekonomi, 25*(31), 109–126. https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.288626

Doğan, K. C., & Kalkışım, H. M. (2015). Türkiye'de yerel siyasete katılım açısından kent konseyleri: Gümüşhane Kent Konseyi örneği. Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi. 118-136 https://dergipark.org.tr/tr/pub/paradoks/article/171172

Erdoğan, M., & Sevgili, Ş. (2026). Yerel yönetimlerde e-devlet ve e-katılım uygulamalarının etkileri: Beyoğlu örneği. Verimlilik Dergisi, 60(3). https://dergipark.org.tr/tr/pub/verimlilik/article/1787573

Ertan, M. G. (2026). Belediyelerde yapay zekâ tabanlı vatandaş geri bildirim sistemleri: Kamu değeri perspektifinden bir değerlendirme. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(21), 92-106. https://dergipark.org.tr/tr/pub/vanyyuiibfd/article/1904833

Gaisbauer, F., Pournaki, A., Banisch, S., & Olbrich, E. (2021). Ideological differences in engagement in public debate on Twitter. *PLOS ONE, 16*(3), e0249241.

Gençay, Y., & Şahin, S. (2026). Yerel yönetimlerde algoritmik yönetişim: Belediye hizmetlerinin dijital dönüşümü. Çağdaş Yerel Yönetimler, 35 (2026). https://dergipark.org.tr/tr/pub/cyy/article/2068902

Gözüm, P. (2026). A Systematic Analysis of Studies on Participatory Democracy Practices in Türkiye. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 29 (2026), 182-201. https://dergipark.org.tr/tr/pub/selcuksbmyd/article/1828690

Kılınç, A. (2017). Yerel ölçekte siyasal katılım ve temsiliyet açısından Adana Kent Konseyi. Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi, (1). https://dergipark.org.tr/tr/pub/bilgisosyal/article/313914

OECD. (2019). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence. OECD Legal Instruments. https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449

Özcan, K. E., & Parlak, B. (2026). Büyükşehir belediyelerinde yapay zeka kullanımı. Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi, 8(1), 114-131. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kaytek/article/1830789

Özçelik, T. G. (2021). Yerel demokraside temsil ve katılım. International Journal of Social Inquiry, 14(2), 715-739. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijsi/article/992260

Özdemir, A. T. (2011). Mahalli idarelerde halk katılımı bağlamında kent konseyleri. Sayıştay Dergisi, (83). https://dergipark.org.tr/tr/pub/sayistay/article/919069

Tuğaç, Ç. (2025). Yerel yönetimlerde yapay zekâ, dijitalleşme ve etik yönetişim: Barselona, Şanghay ve Ankara kentleri üzerinden karşılaştırmalı bir analiz. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 34 (Uygarlığın Dönüşümü: Yapay Zeka), 160-191. https://dergipark.org.tr/tr/pub/cusosbil/article/1683790

Türkoğlu, G. (2025). Yerel yönetimlerde yapay zekânın etkileri: İstanbul Büyükşehir Belediyesi örneği. Strategic Public Management Journal, 11(18), 177–211. https://doi.org/10.25069/spmj.1810716

UNESCO. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

Uysal, Y., & Öztürk, K. (2024). Büyükşehir belediyeleri perspektifinden yerel kamu hizmetlerinde yapay zekâ kullanımı üzerine değerlendirmeler. Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Çalışmalar Dergisi, 5(2), 269-287. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gsijses/article/1523313

Yalçın, A. (2016). Yerel yönetimlerde katılımcı bütçeleme. Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 22(2), 311-329. https://dergipark.org.tr/tr/pub/yonveek/article/165897

Yılmaz, C. (2026). The Increase of Citizen Participation in Local Governance Through Social Media. Topkapı Sosyal Bilimler Dergisi, 5(2), 241-263. https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjssd/article/1892476

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL İLETİŞİM ALGILARI: BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ İLETİŞİM FAKÜLTESİ ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Ahmet Tuncay Erdem

1Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Özet

Dijital iletişim, bilgi ve mesajların internet, sosyal ağlar ve diğer dijital teknolojiler aracılığıyla üretilmesini, paylaşılmasını ve karşılıklı olarak aktarılmasını sağlayan iletişim biçimidir. Hızlı, etkileşimli ve geniş kitlelere ulaşabilen yapısı sayesinde bireylerin gündelik ilişkilerinden eğitim, siyaset, kültür ve kurumsal yaşama kadar pek çok alanı etkilemektedir. Bu yönüyle dijital iletişim, bilgiye erişim ve toplumsal katılım için önemli olanaklar sunarken bireylerin iletişim kurma, içerik üretme ve kamusal tartışmalara katılma biçimlerini de dönüştürmektedir. Bu araştırma, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencilerinin dijital iletişime yönelik algılarını incelemektedir. Dijital iletişim kapsamında iki adet ölçek (Dijital Vatandaşlık ve Dijital Yetkinlik) kullanılarak veri elde edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bulgulara göre öğrencilerin dijital iletişim algıları (dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik algıları) ortalaması 3,45'tir. Araştırmada kullanılan değerlendirme ölçütü doğrultusunda bu ortalama, öğrencilerin dijital iletişim algılarının yüksek düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu düzeyin, öğrencilerin üniversite eğitimi almaları ve iletişim alanında eğitim görmeleriyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, araştırma bulguları bu etkenlerin algı düzeyine doğrudan neden olduğunu tek başına ortaya koymamaktadır. Çalışma, iletişim fakültesi öğrencilerinin dijital iletişime yönelik algılarını üniversite örneğinde değerlendirerek konuya ilişkin akademik tartışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital iletişim, dijital iletişim algısı, üniversite öğrencileri, iletişim fakültesi öğrencileri

UNIVERSITY STUDENTS' PERCEPTIONS OF DIGITAL COMMUNICATION: THE CASE OF THE FACULTY OF COMMUNICATION AT BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Tuncay Erdem

1Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Communication, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Abstract

Digital communication is a form of communication that enables the creation, sharing, and reciprocal exchange of information and messages via the internet, social networks, and other digital technologies. Due to its rapid, interactive nature and its capacity to reach broad audiences, it influences many areas of life—ranging from individuals' daily relationships to education, politics, culture, and the corporate sphere. In this respect, while digital communication offers significant opportunities for accessing information and fostering social participation, it also transforms the ways in which individuals communicate, create content, and engage in public discourse. This study examines the perceptions of digital communication among students at the Faculty of Communication at Bolu Abant İzzet Baysal University. Data were collected using two scales—Digital Citizenship and Digital Competence—within the context of digital communication, and the resulting data were subsequently analyzed. The findings indicate an average score of 3.45 for the students' perceptions of digital communication (encompassing both digital citizenship and digital competence). Based on the evaluation criteria employed in the study, this average suggests a high level of perception regarding digital communication among the students. It is hypothesized that this level may be linked to the students' pursuit of a university education, specifically within the field of communication. However, the research findings do not definitively establish a direct causal relationship between these factors and the observed level of perception. By evaluating the perceptions of digital communication among students in a faculty of communication, this study aims to contribute to the ongoing academic discourse on the subject.

Keywords: Digital communication, perceptions of digital communication, university students, communication students.

GİRİŞ

Dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte iletişim pratikleri hızla dönüşmekte, özellikle üniversite çağındaki gençlerin sosyal etkileşim biçimleri sosyal ağlar üzerinden yeniden şekillenmektedir (Gebremariam vd., 2024). Bu dönüşüm, öğrencilerin bilgiye erişim, akademik iletişim ve kendini ifade etme biçimlerinde köklü değişikliklere yol açmakta; yükseköğretim kurumlarının dijital iletişim stratejilerini yeniden değerlendirmesini zorunlu kılmaktadır (Aydın, 2025). Bu bağlamda öğrencilerin dijital ortamdaki iletişim algılarını, yani dijital ayak izi farkındalıklarını ve dijital ortam kullanımına ilişkin bilgi düzeylerini ortaya koymak, hem yükseköğretim yönetimleri için hem de dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik alanındaki akademik tartışmalar için önemli bir veri kaynağı oluşturmaktadır (Atılgan, 2025). Bununla birlikte, öğrencilerin dijital iletişim algılarının dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik kavramları çerçevesinde bütüncül biçimde ele alındığı Türkçe yazındaki çalışmaların sınırlı kaldığı görülmektedir; mevcut çalışmalar genellikle dijital bağımlılık (Arslan ve Bardakçı, 2020), sosyal medya mahremiyet algısı (Türten, 2018) veya belirli bir alandaki dijital beceriler (Çakır ve Tekin, 2024) gibi tekil boyutlara odaklanmaktadır. Bu çalışma, bu boşluğu doldurmak amacıyla öğrencilerin dijital iletişim algılarını dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik kavramlarını birlikte ele alan bütüncül bir çerçevede incelemeyi hedeflemektedir. Diğer yandan Zheltukhina vd. (2026) dijital okuryazarlık becerilerini sosyal medya bağımlılığı ve sosyal medya tutumu değişkenlerini birlikte ele almanın parçalı yaklaşımların ötesine geçilmesinin dijital ortamdaki öğrenci davranışlarını daha kapsamlı açıklayabileceğini gösterdiği belirtilmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin dijital iletişim algılarının yalnızca teknik beceri düzeyiyle değil, dijital vatandaşlık bilinciyle ve etik sorumluluk anlayışıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu çalışma, dijital iletişim algısının yalnızca teknik beceriyle değil, dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik kavramlarıyla birlikte ele alınması gerektiğini savunmakta ve bu çerçevede Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencilerinin dijital iletişim algılarını incelemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda çalışma, öğrencilerin dijital iletişim algılarını belirlemeye yönelik olarak sorgulanan ve ele alınan araştırma problemini, dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik kavramlarını bir arada değerlendiren kuramsal bir çerçeve üzerinden temellendirmektedir. Bu kapsamda araştırmanın problemi, öğrencilerin dijital ortamda sergiledikleri iletişim davranışlarının farkındalık düzeyi ile bu davranışların dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik boyutlarındaki karşılıklarının nasıl algılandığı sorusu etrafında şekillendirilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencilerinin dijital iletişim algılarını dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik kavramları çerçevesinde betimlemek ve bu algıların öğrencilerin dijital ortamdaki davranışlarıyla ilişkisini ortaya koymaktır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Dijital vatandaşlık kavramı, bireylerin teknolojiyi bilgi ve iletişim kaynaklarını eleştirel biçimde değerlendirebilmesi, çevrimiçi davranışlarının etik sonuçlarının farkında olması ve teknolojiyi başkalarına zarar vermeyecek biçimde kullanabilmesi olarak tanımlanmakta ve bu tanım, dijital ortamda sorumlu davranış normlarının bütününe işaret etmektedir (Şirin, 2024). Dijital vatandaşlık, bu boyutları ile birlikte, bilgi ve iletişim teknolojilerinin yasal, güvenli, etik ve sorumlu bir biçimde kullanımını sağlayan davranışların çevrimiçi ortamda uygulanmasını kapsamaktadır (Som Vural ve Kurt, 2018). Bu bağlamda dijital vatandaşlık, bireylerin dijital okuryazarlık becerilerini etik ve sorumlu bir çerçevede kullanmasını sağlayan bir sosyal ve kültürel katılım biçimi olarak görülmektedir (Özbilen ve Dilber, 2025). Bu tanımın yanı sıra dijital vatandaşlık, bireylerin dijital ortamda yapılan paylaşımlarında ve işbirliğinde doğru tutumu sergilemesini ve bu davranışı çevresindekilere de yaymasını gerektiren bir sorumluluk anlayışını da içermektedir (Kaya ve Imer, 2020). Dijital vatandaşlık, bu sorumluluk boyutunun yanında dijital hukuk, dijital etik ve dijital haklar gibi bileşenlerle birlikte ele alındığında, bireyin çevrimiçi özgürlüklerini kullanırken bu özgürlüklerin gerektirdiği yükümlülükleri de dengeli biçimde üstlenmesini ifade etmektedir (Metin ve Çolak Yakar, 2026). Dijital vatandaşlığın bu çok boyutlu yapısı, dijital iletişim algısının yalnızca teknik bir yetkinlik olarak değil, etik ve toplumsal katılımı da kapsayan bir

değerlendirme ekseninde ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Pala ve Başıbüyük, 2020). Bu bağlamda dijital vatandaşlık, bireylerin dijital haklarını ve sorumluluklarını anlamasını, çevrim içi ortamda etik davranışlar sergilemesini ve dijital güvenliği sağlamasını kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmaktadır (Demirkıran ve Terzioğlu, 2024).

Dijital yetkinlik kavramı ise bireylerin dijital teknolojileri etkin, güvenli ve amaca uygun biçimde kullanabilmesini sağlayan bilgi, beceri ve tutumların bütününü ifade etmekte olup, özellikle dijital iletişim becerileri, bilgi ve veri okuryazarlığı ile dijital içerik üretimi ve iş birliği boyutlarıyla dijital vatandaşlığın pratik ayağını oluşturmaktadır (Dönmez, 2026; Sevigen ve Yılar, 2022). Dijital yetkinliğin bu boyutu, bireylerin dijital okuryazarlık becerilerini yalnızca teknik düzeyde değil, bilişsel ve etik düzeyde de kullanabilmesini gerektirmekte; dolayısıyla dijital iletişim algısının değerlendirilmesinde teknik beceri ile etik farkındalığın birlikte ele alınması gerektiği görülmektedir (Bozkurt vd., 2021; Korkmaz ve Ünal, 2023). Bu noktada dijital yetkinliğin, dijital vatandaşlığın bilgi ve beceri temelli bileşeni olarak işlev gördüğünü ve iki kavram arasındaki ilişkinin bu tamamlayıcı yapı üzerinden kurulabileceğini belirtmek gerekir (Sakallı vd., 2026). Bu tamamlayıcılık, dijital vatandaşlığın normatif boyutu ile dijital yetkinliğin uygulamaya dönük boyutu arasındaki ilişkinin kuramsal olarak tartışılabilmesi açısından önemli bir zemin sunmaktadır. Bu kuramsal zemin, dijital vatandaşlık ile dijital yetkinliğin birbirinden bağımsız iki kavram olarak değil, birbirini besleyen ve karşılıklı olarak tanımlayan yapılar olarak ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Şen, 2025). Bu iki kavram arasındaki ilişki, dijital vatandaşlığın kapsayıcı çerçevesi içinde dijital yetkinliğin bilgi, beceri ve etik farkındalık boyutlarının yer aldığı bütünleşik bir yapı olarak değerlendirilebilmektedir (Elçi ve Sarı, 2016; Eskin ve Sarısoy, 2023). Bu bütünleşik yapı, dijital vatandaşlığın dokuz boyutunu (dijital erişim, dijital ticaret, dijital iletişim, dijital okuryazarlık, dijital etik, dijital hukuk, dijital haklar ve sorumluluklar, dijital sağlık ve dijital güvenlik) tanımlayan Ribble ve Bailey'nin çerçevesiyle de örtüşmekte; bu boyutlar arasında dijital okuryazarlık ve dijital iletişimin, bireyin dijital ortamda etkin bir iletişimin, bireyin dijital ortamda etkin bir iletişim kurabilmesi için gerekli olan bilgi, beceri ve tutumların birbiriyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çittir vd., 2025).

2. YÖNTEM

Bu araştırmada, öğrencilerin dijital iletişim algılarını ölçmeye yönelik olarak nicel yaklaşım benimsenmiş ve araştırma sorularına uygun olarak betimsel ve ilişkisel tarama modeli tercih edilmiştir. Araştırmanın evrenini Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi'nde öğrenim gören lisans öğrencileri oluşturmakta, örneklemi ise tabakalı örnekleme yöntemiyle, bölümler ve sınıf düzeyleri dikkate alınarak seçilen gönüllü katılımcılar meydana getirmektedir. Veri toplama aracı olarak, dijital iletişim algısını dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik boyutlarında ölçmek amacıyla alan yazındaki geçerliliği sınanmış ölçeklerden uyarlanan, beşli Likert tipi bir anket formu kullanılacaktır. Ölçeğin iç tutarlılığı, faktör yapısı ve ölçüt geçerliliği, ön uygulama yapılarak pilot bir örneklem üzerinde Cronbach alfa katsayısı ve doğrulayıcı faktör analizi ile sınanacaktır. Ön uygulamadan elde edilecek veriler ile ana uygulamada toplanacak verilerin analiz süreçleri, araştırmanın nicel bulgularının güvenilirliğini sağlamak amacıyla ayrı ayrı yürütülecek; ölçeğin son hali ise bu iki aşamanın sonuçlarına göre netleştirilecektir. Ana uygulamada elde edilen veriler, ölçeğin yapı geçerliliği ve güvenilirliği açısından yeniden değerlendirilerek, öğrencilerin dijital iletişim algısını dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik boyutlarında ne ölçüde kapsadığına dair istatistiksel kanıtlar sunacak şekilde yorumlanacaktır. Veri toplama sürecinde, öğrencilerin algılarını ölçmek amacıyla literatürde geçerliği kanıtlanmış ölçeklerin Türkçeye uyarlanmış formları kullanılmış ve ölçek maddeleri üzerinde doğrulayıcı faktör analizi ile iç tutarlılık testleri uygulanarak aracın yapı geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmıştır (Tutar ve Erdem, 2022). Araştırma kapsamında elde edilen verilerin analizinde, değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla SPSS 22.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırmada Tutar vd. (2024a) geliştirdiği Dijital Vatandaşlık Ölçeği ile Tutar vd. (2024b) geliştirdiği Dijital Yetkinlik Ölçeği ifadelerinden oluşan anket formu kullanılmıştır. Araştırma evreni, Bolu Abant İzzet Baysal

Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencileri oluşmaktadır. Veriler, üniversitede öğrenim gören 1253 kişiden oluşan 328 kişilik bir örneklemden elde edilmiştir.

3. BULGULAR

Verilerin güvenilirliği için alfa katsayısı incelenmiş ve alfa değeri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cronbach Alfa Katsayısı

Ölçekler	**Alfa Katsayısı**
Dijital Vatandaşlık	0,892
Dijital Yetkinlik Ölçeği	0,844

Tablo 1'de görülebileceği gibi, Dijital Vatandaşlık ölçeğinden elde edilen verilerin alfa katsayısı 0,844, Dijital Yetkinlik ölçeğinden elde edilen verilerde alfa katsayısı 0,892 olarak belirlenmiş olup verilerin güvenilir olduğu söylenebilir. Bu işlemden sonra, araştırma verilerine açıklayıcı faktör analizi uygulandı. Faktör analizi sonucunda elde edilen faktör yükleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Dijital Vatandaşlık Ölçek ifadeleri için faktör yükleri

Ölçek Kodu	Ölçek Maddeleri	Faktör Yükleri
	Faktör 1: Dijital Yetkinlik	
Vatandaşlık 1	Kurumların online hizmetlerinden yararlanırım.	0,59
Vatandaşlık 2	İnternet üzerinden resmî kurumlara başvuru yaparım.	0,67
Vatandaşlık 3	Kurumların online uygulamalarını kullanabilecek donanıma sahibim.	0,72
Vatandaşlık 4	Kurumların web sayfalanın kullanma konusunda bilgi sahibiyim.	0,55
Vatandaşlık 5	Kurumların web sayfalarını etkili biçimde kullanabilirim.	0,58
Vatandaşlık 6	e-devlet sayfasını aktif olarak kullanıyorum.	0,62
Vatandaşlık 7	Bilgi teknolojileri ile kurumlardan bilgi edinme hakkımı kullanıyorum.	0,66
Vatandaşlık 8	Kumulların çevrimiçi randevu sistemlerini kullanıyorum.	0,72
Vatandaşlık 9	İnternet güvenliği konusunda yeterince bilgi sahibiyim.	0,61
Vatandaşlık 10	İnternet bankacılığı uygulamalarını (eft, havale, vb.) kullanıyorum.	0,81
Vatandaşlık 11	Dijital teknolojiler bürokratik işlerimi kolaylaştırmaktadır.	0,83
Vatandaşlık 12	Kurumların web sayfalarında ihtiyaç duyduğum bilgiye ulaşabiliyorum.	0,66
Vatandaşlık 13	Dijital okur-yazarlığımın yüksek olduğunu düşünüyorum.	0,59
Vatandaşlık 14	e-uygulamalar vatandaşlar arasında bilgi edinme eşitliği sağlıyor.	0,57
Vatandaşlık 15	e-belediyecilik hizmetlerinden aktif olarak yararlanıyorum.	0,73
	Faktör 2: Dijital Güven	
Vatandaşlık 16	Sanal ortamda kişisel verilerimin güvende olmadığını düşünürüm.	0,61
Vatandaşlık 17	İnternet uygulamalarında güvenliği yeterli bulmuyorum.	0,72
Vatandaşlık 18	İnternet uygulamalarında kişisel verilerim yeterince güvende değildir.	0,77
Vatandaşlık 19	İnternette ulaştığım bazı bilgilerin güvenilir olmadığına inanırım.	0,63
Vatandaşlık 20	Kurumların web sayfaları ihtiyaç duyduğum bilgileri bulamıyorum.	0,66
	Faktör 3: Dijital Kaygı	
Vatandaşlık 21	Hata yapmaktan korktuğum için dijital teknolojiyi kullanmaktan çekmiyorum.	0,72
Vatandaşlık 22	Bilgi teknolojilerini yanlış kullanırım diye güven problemi yaşıyorum.	0,73
Vatandaşlık 23	Resmi işlemlerimde bilgi teknolojilerini kullanma konusunda endişelerim var.	0,68

Tablo 2'ye göre, tüm faktör yükleri 0,5'ten yüksek olduğu için hiçbir araştırma sorusu çıkarılmamıştır. Bu bulguya göre, dijital vatandaşlık ölçeğinde araştırma verilerinin geçerli olduğu söylenebilir. Araştırma kapsamında ele alınan bir diğer ölçek ise Dijital Yetkinlik Ölçeğidir. Bu ölçek kullanılarak toplanan verilere yine açımlayıcı faktör analizi uygulanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Dijital Yetkinlik Ölçek ifadeleri için faktör yükleri

Ölçek Kodu	Ölçek Maddeleri	Faktör Yükleri
	Faktör 1: Dijital Yetkinlik Algısı	
Yetkinlik 1	Bilgiye kolay erişim için dijital teknolojiden faydalanıyoruz.	0,55
Yetkinlik 2	İş süreçlerimizde bilgi-iletişim teknolojilerini yaygın olarak kullanırız.	0,67
Yetkinlik 3	İşlerimizi yaparken bilgi yönetim sistemlerini kullanıyoruz.	0,71
Yetkinlik 4	İşlerimizi yürütürken yeni mobil uygulamaları kullanıyoruz.	0,51
Yetkinlik 5	Etkin veri kullanımı için dijital bilgiye önem veririz.	0,59
Yetkinlik 6	Bilgi-İletişim teknolojilerini hizmet kalitesini artırmada kullanıyoruz.	0,58
Yetkinlik 7	Çalıştığım kurum dijital sistemin kullanımını desteklemektedir.	0,67
Yetkinlik 8	Dijital Teknolojileri kullanırken karşılaştığımız sorunları çözebiliyoruz.	0,62
	Faktör 2: Dijital Uyum Algısı	
Yetkinlik 9	Bilgi sistemindeki değişikliklere kolayca adapte olabilirim.	0,66
Yetkinlik 10	İnternet siteleri üzerinden dosya ve içerik paylaşabilirim.	0,53
Yetkinlik 11	Dijital teknolojileri kullanmak için yeterli beceriye sahibim.	0,67
Yetkinlik 12	Bilmediğim dijital uygulamayı öğrenme konusunda istekliyimdir.	0,78
Yetkinlik 13	Dijital teknolojiler kişisel gelişimime katkı sağlar.	0,77
Yetkinlik 14	Hizmet sunumunda bilgi teknolojilerini kullanmak bir zorunluluktur.	0,74
Yetkinlik 15	Dijital sistemi kullanmak için gerekli bilgiye sahibim.	0,66
Yetkinlik 16	Dijital sistemleri kullanmak motivasyonumu artırmaktadır.	0,50
Yetkinlik 17	e-işlemler çalışmayı daha ilginç hale getiriyor.	0,59
Yetkinlik 18	Dijital becerilerimi sürekli güncellemem gerektiğinin farkındayım.	0,73
	Faktör 3: Dijital Kaygı Algısı	
Yetkinlik 19	Dijital teknolojilere karşı olumsuz bir önyargım var.	0,69
Yetkinlik 20	Dijital teknolojiyi işlerime bütünleştirmede zorlanıyorum.	0,81
Yetkinlik 21	İnternet siteleri üzerinden dosya ve içerik paylaşımı risklidir.	0,71

Tablo 3'e göre, tüm faktör yükleri 0,5'ten yüksek olduğu için hiçbir araştırma sorusu çıkarılmamıştır. Bu bulguya göre, dijital yetkinlik ölçeğinde araştırma verilerinin geçerli olduğu söylenebilir. Araştırma kapsamında toplanan verilere frekans analizi yapılmış ve verilerin ortalama değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. İki Ölçeğe Yönelik Ortalama Değerleri

Ölçekler	Ortalama Değer
Dijital Vatandaşlık Ölçeği	3,21
Dijital Yetkinlik Ölçeği	3,69
Ortalama Değer	3,45

Tablo 3'te görülebileceği gibi, katılımcıların dijital yetkinlik algısı 3,45 olarak belirlenmiş olup, bu değer ortalama değer olan 2,5'in üzerindedir. Bu değere göre, üniversite öğrencilerinin dijital iletişim algılarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Bu araştırmada Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencilerinin dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik algıları, 328 katılımcıdan elde edilen veriler üzerinden incelenmiştir. Bulgular, her iki ölçeğin iç tutarlılığının kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Tabloda bildirilen Cronbach alfa katsayıları dijital vatandaşlık için 0,892, dijital yetkinlik için 0,844'tür. Açıklayıcı faktör analizinde maddelerin faktör yüklerinin 0,50'nin üzerinde olması nedeniyle maddeler analiz dışında bırakılmamıştır.

Katılımcıların dijital vatandaşlık puan ortalaması 3,21, dijital yetkinlik puan ortalaması 3,69 ve iki ölçeğe ilişkin genel ortalama 3,45 olarak raporlanmıştır. Bu değerler, katılımcıların her iki alandaki algılarının ölçek orta noktasının üzerinde olduğunu; dijital yetkinlik algısının ise dijital vatandaşlık algısından daha yüksek seyrettiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, öğrencilerin dijital teknolojileri kullanma ve bu teknolojilere uyum sağlama konusundaki algılarının görece olumlu olduğuna işaret ederken, dijital vatandaşlık boyutundaki ortalamanın daha düşük olması bu alandaki farkındalık ve uygulamaların geliştirilmesine yönelik çalışmaların önemini göstermektedir.

Sonuçlar araştırmanın tek bir üniversitenin iletişim fakültesinde öğrenim gören öğrencilerinden elde edilen verilerle sınırlıdır; bu nedenle farklı fakültelere veya üniversitelere doğrudan genellenmemelidir. Ayrıca araştırma bulguları, öğrencilerin eğitim alanı ya da üniversite eğitiminin algı düzeylerine neden olduğunu göstermemektedir. Bulguların kapsamını genişletmek için farklı üniversite ve fakülteleri içeren örneklemlerle karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir; dijital vatandaşlık ve dijital yetkinlik algılarının sınıf düzeyi, bölüm ve dijital kullanım deneyimi gibi değişkenlerle ilişkisi ayrıca incelenebilir. Böylece öğrencilerin dijital becerilerini geliştirmenin yanı sıra çevrimiçi ortamdaki hak, sorumluluk, güvenlik ve etik boyutlarını destekleyen eğitim çalışmalarının planlanmasına katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Arslan, A., & Bardakçı, S. (2020). Üniversite Öğrencilerinin Dijital Bağımlılık Düzeylerinin İletişim Becerileri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Gençlik Araştırmaları Dergisi*, *8*(20), 36-70. https://dergipark.org.tr/en/pub/genclikarastirmalari/article/669994

Atılgan, Z. (2025). Dijital Ayak İzi Farkındalığı Bağlamında Atatürk Üniversitesi İletişim Fakültesi Öğrencilerine Yönelik Bir Araştırma [A Study on Ataturk University Faculty of Communication Students in the Context of Digital Footprint Awareness]. *İmgelem*(Yeni Medya Çalışmaları), 373-408. https://doi.org/10.53791/imgelem.1669666

Aydın, A. (2025). Dijital halkla ilişkilerde diyalojik iletişim: Trakya üniversitelerinin İnstagram sayfalarının incelenmesi [Dialogical communication in digital public relations: An analysis of the Instagram pages of universities in Trakya]. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, *7*(1), 61-72. https://doi.org/10.55580/oguzhan.1705361

Bozkurt, A., Hamutoğlu, N. B., Liman Kaban, A., Taşçı, G., & Aykul, M. (2021). Dijital bilgi çağı: Dijital toplum, dijital dönüşüm, dijital eğitim ve dijital yeterlilikler. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, *7*(2), 35-63. https://doi.org/10.51948/auad.911584

Çakır, E., & Tekin, G. (2024). Halkla İlişkiler Eğitiminde Dijital Zekânın Rolü: Nicel Bir Araştırma. *The Journal of Academic Social Science*, *150*(150), 364-382.

Çittir, K., Aktaş, M. A., Şahin, M. A., Aktaş, İ., & Baltacı, H. (2025). Öğretmen adaylarının 21. Yüzyıl becerilerinin dijital yeterlikleri üzerindeki yordayıcı rolü [The predictive power of pre-service teachers' 21st century skills on digital competencies]. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Education Faculty*(74), 241-261. https://doi.org/10.21764/maeuefd.1476049

Demirkıran, S., & Terzioğlu, M. K. (2024). Dijital Devlet Ekosisteminin Güçlendirilmesi İçin Dijital Vatandaşlık Ölçeği Araştırması [Research on the Digital Citizenship Scale for Strengthening the Digital Government Ecosystem]. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, *31*(4), 849-870. https://doi.org/10.18657/yonveek.1509254

Dönmez, T. (2026). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Sosyal Bilgiler Öğretim Programında Dijital Vatandaşlık [Digital Citizenship in the Social Studies Curriculum of the Turkish Century Education Model]. *Uluslararası Sosyal Bilgilerde Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, *10*(1), 1-19. https://doi.org/10.38015/sbyy.1757426

Elçi, A. C., & Sarı, M. (2016). Digital citizenship in the Information Technology and Software course: A scale development studyBilişim Teknolojileri ve Yazılım dersinde dijital vatandaşlık: Bir ölçek geliştirme çalışması. *Journal of Human Sciences*, *13*(2), 3602-3613.

Eskin, İ., & Sarısoy, Ö. (2023). Muhasebe eğitiminde dijital yetkinlikler: Türk muhasebe müfredatı üzerine bir inceleme [Digital competencies in accounting education: A review of turkish accounting curriculum]. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(58), 169-192. https://doi.org/10.30794/pausbed.1228489

Gebremariam, H. T., Dea, P., & Gonta, M. (2024). Digital socialization: Insights into interpersonal communication motives for socialization in social networks among undergraduate students. *Heliyon*, *10*(20). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39507

Kaya, M., & Imer, G. (2020). Investigation of the relationship between digital citizenship and digital literacy levels of secondary school students. *International Journal of Scientific and Technological Research*, *6*(12), 9-19.

Korkmaz, Ö., & Ünal, S. (2023). Ortaöğretim Düzeyindeki Öğrencilerin Dijital Okuryazarlık Düzeyleri Dijital Bağımlılık ve Sanal Ortam Yalnızlık Düzeyleri. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, *18*(37), 218-240. https://doi.org/10.35675/befdergi.1210839

Metin, Ö., & Çolak Yakar, C. (2026). Öğretmen Adaylarının Dijital Vatandaşlık ve Teknostres Düzeyleri Arasındaki İlişkinin Çeşitli Değişkenler Bağlamında İncelenmesi [An Examination of the Relationship

Between Teacher Candidates' Digital Citizenship and Technostress Levels in the Context of Various Variables]. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*(67), 274-302. https://doi.org/10.53444/deubefd.1776265

Özbilen, F. M., & Dilber, Y. (2025). Okul yöneticilerinin sosyal medya kullanım yeterlikleri ile dijital vatandaşlık düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi [Examining the relationship between school administrators' social media usage competencies and their digital citizenship levels]. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, *15*(3), 1624-1646. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1675513

Pala, Ş. M., & Başıbüyük, A. (2020). Ortaokul Beşinci Sınıf Öğrencilerinin Dijital Okuryazarlık Düzeylerinin İncelenmesi [The Investigation of Digital Literacy of Fifth Grade Secondary School Students]. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, *9*(3), 897-921. https://doi.org/10.30703/cije.672882

Sakallı, T., Barut, Y., Demirtaş, E., & Çankaya, S. (2026). 12-18 Yaş Araliği Bireylerde Siber Zorbalik, Siber Mağduriyet Farkindaliği Ve Dijital Okuryazarlik Bilinci Üzerine Inceleme [A study on cyberbullying, cyber victimization, and digital literacy awareness among individuals aged 12 to 18]. *Trakya Eğitim Dergisi*, *16*(4), 1755-1788. https://doi.org/10.24315/tred.1746421

Sevigen, M., & Yılar, M. B. (2022). Türkiye'de Eğitim Alanında Yazılan Dijital Vatandaşlık Konulu Lisansüstü Tezlerdeki Eğilimler [Trends in Graduate Thesis on Digital Citizenship in Turkey]. *Uluslararası Sosyal Bilgilerde Yeni Yaklaşımlar Dergisi*, *6*(1), 47-70. https://doi.org/10.38015/sbyy.1108752

Som Vural, S., & Kurt, A. (2018). [Ünİversİte ÖĞrencİlerİnİn bakiŞ aÇisiyla dİjİtal vatandaŞlik gÖstergelerİnİn İncelenmesİ]. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, *8*(1), 60-80. https://doi.org/10.17943/etku.317713

Şen, A. T. (2025). Dijital Vatandaşlık: Bir Ölçek Uyarlama Çalışması [Digital Citizenship: A Scale Adaptation Study]. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *15*(1), 108-128. https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.1447631

Şirin, Ş. (2024). Meslek yüksekokulu öğrencilerinin dijital vatandaşlık kavramına yükledikleri metaforlar. *Kastamonu İnsan ve Toplum Dergisi*, *2*(3), 133-150.

Tutar, H., & Erdem, A. T. (2022). *Örnekleriyle bilimsel araştırma yöntemleri ve SPSS uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık.

Tutar, H., Erdem, A. T., & Şahin, N. (2024a). Dijital Vatandaşlık Ölçeği (DVÖ): Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışması. *Alanya Akademik Bakış*, *8*(1), 310-327. https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1337114

Tutar, H., Erdem, A. T., & Şahin, N. (2024b). Dijital Yetkinlik Ölçeği (DYÖ): Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışması [Digital Competence Scale (DCS): A Scale Development Study]. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, *27*(1), 31-47. https://doi.org/10.29249/selcuksbmyd.1375960

Türten, E. (2018). Yüksek Lisans Öğrencilerinin Sosyal Medyada Mahremiyet Algısı: Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Örneği. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*(29. Özel Sayısı), 143-162. https://doi.org/10.31123/akil.460160

Zheltukhina, M. R., Sergeeva, O. V., Gimaliev, V. G., Astakhov, D. V., Sokolova, E. G., & Chernikova, N. V. (2026). University students' digital literacy skills, attitudes to social media use, and social media addictions. *Contemporary Educational Technology*, *18*(3), ep675.

DİJİTAL İLETİŞİM KONULU TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Doç. Dr. Ahmet Tuncay Erdem

1Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, İletişim Fakültesi, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Özet

Dijital iletişim, siyasal katılımdan kurumsal iletişime, kültürel üretimden sağlık iletişimine uzanan geniş bir alanda toplumsal ve kurumsal ilişkileri dönüştürmektedir. Bu araştırma, Türkiye'de dijital iletişim konusunu ele alan doktora tezlerinin akademik eğilimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın örneklemini, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde yapılan tarama sonucunda belirlenen 15 doktora tezi oluşturmaktadır. Tezlerin başlık, özet ve bibliyografik bilgileri içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Analiz kapsamında tezlerin ele aldığı temel konular, dijital iletişim ortamları ve araçları, incelenen toplumsal aktörler ve araştırma yaklaşımları belirlenen kategoriler doğrultusunda kodlanmış, yapılan kodlamalarda sosyal ağlar ve influencerlar, siyasal iletişim ve katılım, kurumsal itibar, kamu diplomasisi, kültürel miras, sağlık iletişimi ve dijital medya ortamlarında kültürel üretim gibi farklı temaların öne çıktığı görülmektedir. Çalışmanın, Türkiye'de dijital iletişim alanındaki doktora araştırmalarının konu yönelimlerini ve çeşitliliğini ortaya koyarak alanın akademik gelişimine ilişkin genel bir çerçeve sunması beklenmektedir. Bulgular, incelenen tezlerin içerik analizinden elde edilecek kodlama sonuçlarına göre raporlanmıştır. Bu kapsamda Dijital İletişim kavramının sınırlı kullanımla daha fazla araştırma alanı bulması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital iletişim, Doktora tezleri, İçerik analizi, YÖK Ulusal Tez Merkezi, Türkiye, Dijital medya.

AN EXAMINATION OF THESES ON DIGITAL COMMUNICATION THROUGH CONTENT ANALYSIS

Assoc. Prof. Dr. Ahmet Tuncay Erdem

1Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Communication, ahmeterdem@ibu.edu.tr, 0000-0003-4573-8415

Abstract

Digital communication is transforming social and institutional relations across a broad range of areas, from political participation and corporate communication to cultural production and health communication. This study aims to examine the academic trends in doctoral theses addressing digital communication in Türkiye. The sample consists of 15 doctoral theses identified through a search of the Turkish Council of Higher Education's National Thesis Center. The titles, abstracts, and bibliographic information of the theses were analyzed using content analysis. The main topics addressed, digital communication environments and tools, social actors examined, and research approaches were coded according to predefined categories. The coding revealed a range of prominent themes, including social networking sites and influencers, political communication and participation, corporate reputation, public diplomacy, cultural heritage, health communication, and cultural production in digital media environments. The study is expected to provide an overview of the thematic orientations and diversity of doctoral research on digital communication in Türkiye, thereby offering a general framework for understanding the academic development of the field. The findings were reported based on the coding results obtained from the content analysis of the theses. In this regard, the concept of digital communication is expected to attract greater research attention and be examined across a wider range of fields.

Keywords: Digital communication, doctoral theses, content analysis, National Thesis Center of the Turkish Council of Higher Education, Türkiye, digital media.

GİRİŞ

Dijital iletişim, yeni iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bireylerin, toplumların ve kurumların bilgiye erişim, paylaşım ve etkileşim biçimlerini köklü biçimde dönüştüren, teknoloji ile insan ilişkisinin en görünür olduğu alanlardan biri hâline gelmiştir (Babacan, 2022). Bu bağlamda dijital iletişim, yalnızca teknolojik bir araç olarak değil, toplumsal ilişkilerin, kurumsal iletişim pratiklerinin ve medya ekosisteminin yeniden biçimlendiği kapsamlı bir çalışma alanı olarak ele alınmaktadır (Değirmencioğlu ve Gürer, 2024). Dijital iletişimin kapsamı; sosyal medya platformlarını, dijital medya içeriklerini, kurumsal iletişim stratejilerini ve dijital halkla ilişkiler uygulamalarını birlikte kapsayan geniş bir alana yayılmakta ve bu alandaki akademik üretim, farklı disiplinlerden gelen kuramsal yaklaşımlarla zenginleşmektedir (Aydın, 2025; Çağlar Demir, 2025). Bu çalışma, dijital iletişim alanındaki tez çalışmalarının hangi kuramsal çerçevelerden, hangi yöntemsel tercihlerle ve hangi tematik odaklarla yürütüldüğünü içerik analizi yöntemiyle ortaya koymayı amaçlamaktadır (Arısoy Gedik, 2026). Bu doğrultuda, dijital iletişim alanında son yıllarda yapılan tezlerin tematik dağılımının, araştırma yöntemlerinin ve kuramsal yaklaşımlarının sistematik biçimde incelenmesi, alanın gelişim seyrini ve eğilimlerini ortaya koymak açısından önemli bir ihtiyacı karşılamaktadır (Aktaş, 2019).

Bu alandaki tez çalışmaları, dijital iletişim araçlarının kurumsal ve bireysel kullanımındaki yaygınlığına karşın, akademik üretimin hâlâ sınırlı kaldığını ve özellikle 2010'lu yıllardan itibaren artış gösterdiğini ortaya koymaktadır (Karakuş, 2024). Bu çalışmada, dijital iletişim konulu tezlerin tematik ve yöntemsel özellikleri içerik analizi yöntemiyle incelenerek alandaki genel eğilimlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, dijital iletişim alanında yazılmış lisansüstü tezlerin konu dağılımı, yöntem tercihleri ve veri toplama teknikleri birlikte ele alınarak alanın kuramsal ve metodolojik gelişim seyri ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Bu içerik analizi, tezlerin hangi tematik başlıklar etrafında yoğunlaştığını, hangi yöntemsel yaklaşımların tercih edildiğini ve veri toplama tekniklerinin alandaki dağılımını sistematik biçimde görünür kılmayı hedeflemektedir; nitekim benzer bibliyometrik ve içerik analizi çalışmaları, lisansüstü tezlerin konu, yöntem ve danışman düzeyinde ayrıntılı biçimde sınıflandırılmasının alanın gelişim çizgisini daha net ortaya koyabildiğini göstermektedir (Akar, 2025; Özispa ve Akdaş, 2019). Bu bağlamda, dijital iletişim alanındaki tezlerin içerik analizi yoluyla incelenmesi, yalnızca konu başlıklarının belirlenmesini değil, alanın kavramsal sınırlarının ve yöntemsel tercihlerinin zaman içindeki değişimini de izlemeye olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, tezlerin yalnızca konu dağılımını değil, aynı zamanda kullanılan kuramsal yaklaşımların ve veri toplama tekniklerinin de bütüncül biçimde değerlendirilmesi, alandaki eğilimlerin daha güvenilir bir zemine oturtulmasını sağlamaktadır.

Literatürde dijital işetişim hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük bölümü, etki ve izleyici kavramlarını merkeze alan kuramsal tartışmalar ile sosyal medya pazarlaması gibi belirli uygulama alanlarına odaklanmakta, bu alanlar arasındaki kavramsal bağlantılar ise sınırlı düzeyde incelenmektedir (Güven ve Sarı, 2024; Serdaroğlu ve Zengin, 2020). Bu boşluğu doldurmak amacıyla, dijital iletişim tezlerinin tematik ve yöntemsel eğilimlerini bütüncül biçimde ortaya koyan içerik analizi çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, dijital iletişim alanında yazılmış tezlerin konu, yöntem ve veri toplama tekniklerini bütüncül biçimde ele alan bir içerik analizi, alanın gelişim çizgisini ve araştırma eğilimlerini değerlendirmek açısından önemli bir katkı sunmaktadır. Bu çalışmada izlenen yöntem, tezlerin konu, amaç, bağlam ve yöntem bileşenleri üzerinden kodlanmasına dayanmakta; bu sayede farklı yıllarda yazılmış tezlerin karşılaştırılabilir bir veri seti oluşturması hedeflenmektedir (Erdem ve Akcaoğlu Erdem, 2021). Bu bağlamda, mobil iletişim alanındaki tez çalışmalarının 1994'ten günümüze kadar nasıl bir seyir izlediğini inceleyen değerlendirmeler, lisansüstü üretimin konu ve yöntem düzeyindeki değişimini izlemek açısından bu tür içerik analizlerinin ne denli yol gösterici olabileceğini ortaya koymaktadır (Dede Özdemir, 2023). Bu doğrultuda, içerik analizi yöntemiyle dijital iletişim tezlerinin tematik ve yöntemsel özelliklerinin incelenmesi, alandaki gelişim eğilimlerini ortaya koymak ve gelecekteki araştırmalar için yol haritası sunmak açısından özgün bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışma, dijital iletişim tezlerinin konu ve yöntem düzeyindeki eğilimlerini izlemek için tekrarlanabilir bir çerçeve sunmakta; ayrıca

lisansüstü üretimin hangi alt alanlarda yoğunlaştığını ve hangilerinde sınırlı kaldığını sistematik biçimde görünür kılmaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Türkiye'de dijital iletişim alanındaki akademik üretimin disipliner yapısı, siyasal iletişim konulu makalelere ilişkin bir haritalama çalışmasında da görüldüğü üzere, büyük ölçüde iletişim disiplininden, özellikle halkla ilişkiler ve tanıtım bölümlerinden gelen araştırmacılar tarafından şekillenmektedir (Yıldız vd., 2024). Bu alandaki tezler, söylem çözümlemesi ve içerik analizi gibi yöntemlerin yanı sıra dijital mecraların kullanım biçimlerine odaklanan betimleyici çalışmalar üzerinden bir çeşitlilik sergilemektedir. Bu çeşitliliğin yanında, tezlerin büyük bölümünün içerik analizi ve söylem çözümlemesi gibi nitel yöntemlere dayandığı, yöntem tercihlerinin ise yıllar içinde belirgin bir değişim göstermediği görülmektedir (Kubilay, 2021). Bu durum, alanda yöntemsel çeşitliliğin sınırlı kaldığını ve tez çalışmalarının büyük ölçüde mevcut analiz tekniklerinin tekrarına dayandığını göstermektedir; nitekim Türk dizilerindeki toplumsal bellek inşasını konu alan lisansüstü tezlerin de içerik analizi tekniğiyle incelendiği görülmektedir (Zamur Tuncer, 2024).

Bu tezlerin büyük bölümünde kullanılan içerik analizi yaklaşımı, dijital iletişim araçlarının kurumsal kullanımına ilişkin verilerin betimlenmesine yönelik olup, kuramsal çerçevenin test edilmesinden ziyade mevcut uygulamaların sınıflandırılmasına dayanmaktadır. Bununla birlikte, mevcut tezlerde kullanılan içerik analizi yaklaşımlarının, metinlerin kodlanması ve kategorilerin oluşturulmasında nasıl bir yöntemsel titizlik gösterdiği, alanın metodolojik olgunluğuna dair önemli ipuçları sunmaktadır. Bu bağlamda, tez incelemelerinde kullanılan içerik analizinin kategori oluşturma ve kodlayıcılar arası tutarlılık gibi ölçütlere ne ölçüde başvurulduğu, alandaki yöntemsel birikimin niteliğini belirlemede önemli bir ölçüt olarak değerlendirilebilir (Pelivan, 2026). Bununla birlikte, tezlerin büyük çoğunluğunda kodlama sürecinin ayrıntılı biçimde raporlanmadığı ve güvenirlik hesaplamalarına yer verilmediği görülmekte, bu durum da tez çalışmalarının yöntemsel şeffaflığını sınırlamaktadır. Bu durum, alanın yöntemsel olarak tekrarlayan bir yapıya sıkıştığını ve gelecekteki araştırmaların hem kuramsal hem de metodolojik açıdan çeşitlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir (Delal Abanoz, 2024).

Bu doğrultuda, gelecekteki tez çalışmalarında kodlayıcılar arası güvenirlik ölçütlerinin ve analiz kategorilerinin açık biçimde raporlanmasının, alandaki yöntemsel birikimi hem izlenebilir hem de karşılaştırılabilir kılacağı söylenebilir. Bu tür bir standardizasyonun, farklı dönemlerde ve farklı üniversitelerde üretilen tezler arasında yapılacak karşılaştırmaları güçlendirerek dijital iletişim alanının gelişim çizgisine dair daha sağlam çıkarımlar yapılmasına imkân tanıyacağı değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımın benimsenmesi, tez çalışmalarının kuramsal çerçevelerini ve veri toplama süreçlerini kendi içinde tutarlı hale getirirken, dijital iletişim alanında ortaya çıkan yeni eğilimlerin ve araştırma konularının daha hızlı tespit edilmesine de olanak tanıyacaktır. Bununla birlikte, bu tür bir çerçevenin uygulanabilmesi için tez çalışmalarının konu, yöntem ve veri toplama tekniklerine ilişkin verilerin ortak bir kodlama şemasıyla düzenlenmesi ve yıllar içinde biriken bu verilerin sistematik biçimde karşılaştırılabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu standardizasyonun sağlanması, yalnızca tezlerin yöntemsel şeffaflığını artırmakla kalmayıp alanın tematik evriminin boylamsal olarak izlenmesini de mümkün kılacaktır. Bu bağlamda, ortak bir kodlama şemasının benimsenmesi, dijital iletişim tezlerinde henüz yeterince ele alınmayan kavramsal bağlantıların ve disiplinlerarası yaklaşımların sistematik biçimde incelenmesine de zemin hazırlayacaktır. Bu çerçevede, ileride yapılacak tez incelemelerinin hem tematik hem de yöntemsel boyutlarda birbirini tamamlayan bir veri tabanı oluşturabilmesi için, tez künyelerinin ve kodlama protokollerinin ortak bir standart altında tutulması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu standardizasyonun sağlanması, alandaki boylamsal eğilimlerin daha güvenilir biçimde izlenmesine ve tez çalışmalarının birbirine referans verebileceği ortak bir analiz zemininin oluşmasına katkı sunacaktır. Bu bağlamda, söz konusu standardizasyonun uygulanabilirliğini test etmek üzere, örnek bir tez grubu üzerinden pilot bir kodlama çalışmasının yürütülmesi hem kodlama şemasının hem de güvenirlik ölçütlerinin alana özgü biçimde revize edilmesine imkân tanıyacaktır. Bu tür bir pilot çalışmanın sonuçları, tez incelemelerinde kullanılan içerik analizi çerçevesinin kuramsal ve yöntemsel

açıdan ne ölçüde geçerli olduğunu gösterebilir, böylece alanın gelecekteki karşılaştırmalı çalışmalarına sağlam bir temel hazırlayabilir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada veriler, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nde yer alan dijital iletişim konulu lisansüstü tezlerden oluşturulmuştur. İnceleme kapsamı, belirlenen anahtar kelimeler üzerinden erişilebilen ve tam metnine ulaşılabilen tezlerle sınırlandırılmıştır. Tez seçiminde, konuyla doğrudan ilgili olmayan çalışmalar, yalnızca özet bilgisi bulunan kayıtlar ve aynı içeriği tekrarlayan yinelenen tez kayıtları ise kapsam dışında bırakılmıştır. Tez taraması, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında "dijital iletişim", "sosyal medya", "dijital medya" ve "kurumsal iletişim" anahtar kelimeleri birlikte kullanılarak gerçekleştirilmiş; başlık, özet ve anahtar kelime alanları eşzamanlı olarak taranmıştır. Tarama sonucunda elde edilen kayıtlar, tez künyesi bilgileri (yazar, danışman, yıl, enstitü, dil ve konu başlığı) esas alınarak bir çalışma formuna aktarılmış ve tam metinler, içerik analizinin birim ve kategorilerinin belirlenmesi amacıyla ayrıntılı biçimde okunmuştur. Tam metinlerin okunmasının ardından, her bir tezden elde edilen veriler; amaç, yöntem, kuramsal çerçeve, örneklem ve bulgular başlıkları altında oluşturulan kodlama formu aracılığıyla sistematik biçimde kaydedilmiştir. Kodlama formu, her bir tezin içerik analizi açısından tutarlı bir biçimde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla iki aşamalı bir denetimden geçirilmiş; ilk aşamada tüm tezler araştırmacı tarafından, ikinci aşamada ise rastgele seçilen bir alt örneklem üzerinde bağımsız bir kodlayıcı tarafından incelenerek kodlar arası uyum kontrol edilmiştir.

2.1. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Ulusal Tez Merkezi veri tabanında yer alan ve dijital iletişim konusunu ele alan lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise 2008–2026 yılları arasında hazırlanmış, başlığında “dijital iletişim” ifadesi bulunan ve tam metnine erişilebilen toplam 15 lisansüstü doktora tezi oluşturmaktadır.

Tezler, YÖK Ulusal Tez Merkezi’nde “dijital iletişim” anahtar kelimesiyle tez adı alanında yapılan tarama ile belirlenmiştir Taramada ulaşılan [15] çalışmalar ön incelemeye tabi tutulmuştur. Tam metnine erişim izni bulunmayan tezler ile dijital iletişimi araştırmanın temel konusu olarak ele almayan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır. Sonuç olarak tamamı doktora tezi olan 15 çalışma analiz kapsamına alınmıştır. İncelenen tezler, 11 farklı üniversitede ve iletişim bilimleri alanı ağırlıklı olmak üzere farklı anabilim dallarında hazırlanmış olup analiz birimi olarak tezlerin tam metinleri esas alınmıştır.

2.2. Veri Toplama Süreci

Araştırma verileri, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından elde edilmiştir. Tezlerin tam metinleri sistematik biçimde incelenmiş ve her bir tez için önceden belirlenen kodlama formu kullanılmıştır. Kodlama sürecinde tezlerin; yayın yılı, üniversite bilgisi, tez türü, anabilim dalı, sayfa sayısı, anahtar kelimeleri, uygulama alanları, örneklem özellikleri, kullanılan analiz yöntemleri, araştırma değişkenleri, uygulama sektörleri gibi özellikleri değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

Araştırma kapsamında, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanında kayıtlı bulunan algılanan aşırı niteliklilik konulu lisansüstü tezler sistematik olarak incelenmiş ve analiz edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Araştırma Kapsamında İncelenen Tezlerin Künye Bilgileri

No	Çalışmanın Adı	Yazar	Tez Türü	Düzey	Üniversite	Anabilim Dalı	Yıl
1	Politik İletişim Sürecinin Dijital İletişim Teknolojisi Olarak İnternet Dolayımında Kurgulanması: Yeni Olanaklar, Stratejiler ve Beklentiler	Mehmet YILMAZ	Uygulamalı	Doktora	Ege Üniversitesi	Radyo Televizyon	2008
2	Dijital İletişim Çağında Belgesel Sinema: Gerçekliğin Yeniden İnşası	Önder M. ÖZDEM	Kuramsal	Doktora	Ankara Üniversitesi	Radyo Televizyon Sinema	2012
3	Dijital İletişim Çağında Toplumun Medyatikleşmesiyle Dönüşen Şöhret Kültürü	Berk ÇAYCI	Uygulamalı	Doktora	İstanbul Ticaret Üniversitesi	Medya ve İletişim Çalışmaları	2019
4	Sağlık İletişiminde Dijital İletişim Kanallarının Kullanımı: Sektör Aktörlerinin Sosyal Medya Hesaplarının İncelenmesi	Tuba IŞIK	Uygulamalı	Doktora	İstanbul Üniversitesi	Gazetecilik	2019
5	Kamu Diplomasisinde Dijital İletişimin Rolü: Türkiye ve G8 Ülkelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi	Esra TUNÇAY	Uygulamalı	Doktora	İstanbul Üniversitesi	Halkla İlişkiler ve Tanıtım	2020
6	Dijital İletişim Çağında İletişimin Gerçekliği: Influencer, Yapay Zeka ve Kanaat Önderliği	Feyza ÜNLÜ DALAYLI	Uygulamalı	Doktora	Marmara Üniversitesi	İletişim Bilimleri Bilim Dalı	2021
7	Dijital İletişim Bağlamında Kültürel Miras Yönetimi	Meriç KILINÇ	Uygulamalı	Doktora	İstanbul Üniversitesi	Halkla İlişkiler ve Tanıtım	2022
8	Dijital İletişim Çağında Siyasal Katılım ve Karar Verme: Türkiye Gençliği Üzerine Bir Araştırma	Hasan BATAR	Uygulamalı	Doktora	Fırat Üniversitesi	İletişim Bilimleri	2024
9	Dijital İletişim Teknolojileri ve Şeffaflık: Kavramsal Tartışmalar ve Uygulamalar	Mehmet KESKİN	Uygulamalı	Doktora	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	Halkla İlişkiler ve Tanıtım	2024
10	Dijital İletişim Çağında Beğenilerin Oluşumundaki Yeni Aracılar: Influencerların Bireylerin Beğenileri Üzerindeki Etki Araştırması	Ece ERGÜL	Uygulamalı	Doktora	Sakarya Üniversitesi	İletişim Bilimleri	2024

11	Havayolu İşletmeciliğinde Dijital İletişim Uygulamalarının, Müşteri Memnuniyetine ve Hizmet Kalitesine Etkisinde Kurumsal İtibarın Aracı Rolü: Türk Hava Yolları Örneği	Alpaslan ÇELEBİ	Uygulamalı	Doktora	Başkent Üniversitesi	Radyo, Televizyon ve Sinema	2025
12	Geleneksel ve Dijital İletişim Kanallarında CEO'ların İzlenim Yönetimi Taktikleri ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı ile İlişkisi	Selin KARACA VARİNLİ OĞLU	Uygulamalı	Doktora	Yıldız Teknik Üniversitesi	İşletme	2025
13	Dijital İletişim'de Prodüksiyon Tasarımı ve Yeni Medya Ortamlarında Metanın Yeniden Üretimi	Şehmuz GÜLER	Uygulamalı	Doktora	İstanbul Üniversitesi	Halkla İlişkiler ve Tanıtım	2025[3]
14	Z Kuşağının Oy Verme Davranışında Dijital İletişim Araçlarının Rolü	Fatma Nur KÜÇÜKBIYIK	Uygulamalı	Doktora	Selçuk Üniversitesi	Halkla İlişkiler ve Tanıtım	2026
15	Sosyal Ağ Sitelerinin Türkiye Dijital İletişim Ekosisteminde Konumlanması: Yükselen Kullanıcının Aktif Katılımı	Onur ŞEN	Uygulamalı	Doktora	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	Gazetecilik	2026

Araştırma kapsamında başlığında "dijital iletişim" kavramı geçen 15 lisansüstü tez incelenmiştir. Tezlerin künye bilgileri Tablo 1'de çalışmanın adı, yazar, tez türü, düzey, üniversite, anabilim dalı ve yıl değişkenlerine göre gösterilmiştir. Düzey bakımından tezlerin tamamı (n=15; %100) doktora tezidir. Örneklemde yüksek lisans tezi yer almamaktadır. Dijital iletişim kavramının başlık düzeyinde doktora çalışmalarında öne çıkması, kavramın yalnızca güncel bir araştırma nesnesi olarak değil, kuramsal ve yöntemsel derinlik gerektiren bir inceleme alanı olarak da ele alındığını düşündürmektedir.

Tezlerin yıllara göre dağılımı incelendiğinde, ilk tezin 2008 yılında Yılmaz (2008) Ege Üniversitesi, ikincisinin ise 2012 yılında Özdem (2012) Ankara Üniversitesi'nde tamamlandığı görülmektedir. Bu iki çalışmadan sonra 2019 yılına kadar örneklemde başka bir teze rastlanmamaktadır. Tezlerin büyük çoğunluğu (n=13; %86,7) 2019–2026 döneminde yazılmıştır. Bu tezlerin 8'i (%53,3) yalnızca son üç yıla (2024–2026) aittir: 2024 ve 2025 yıllarında üçer, 2026 yılında iki tez bulunmaktadır. Bu dağılım, dijital iletişim konusuna lisansüstü düzeydeki akademik ilginin özellikle 2019 sonrasında belirgin biçimde arttığını göstermektedir. Söz konusu artışı sosyal medya platformlarının kurumsal ve siyasal iletişim pratiklerine yerleşmesiyle, COVID-19 salgını döneminde hızlanan dijitalleşmeyle ve yapay zekâ tabanlı iletişim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte değerlendirmek mümkündür. Ancak 2026 yılına ait verilerin yıl tamamlanmadan derlendiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Üniversitelere göre dağılımda, 15 tezin 11 farklı üniversitede hazırlandığı görülmektedir. İstanbul Üniversitesi dört tezle (%26,7) en fazla tez üretilen kurumdur. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi iki tezle (%13,3) ikinci sıradadır. Ege, Ankara, İstanbul Ticaret, Marmara, Fırat, Sakarya, Başkent, Yıldız Teknik ve Selçuk üniversitelerinde ise birer tez hazırlanmıştır. Tezlerin 13'ü (%86,7) devlet, 2'si (%13,3) vakıf üniversitelerine aittir. Coğrafi açıdan tezlerin yaklaşık yarısı İstanbul'daki (n=7; %46,7), dörtte biri ise Ankara'daki (n=4; %26,7) üniversitelerde yazılmıştır. Bu görünüm, köklü iletişim fakültelerinin ve doktora programlarının yoğunlaştığı

büyük şehirlerin alandaki lisansüstü üretimde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte Fırat, Selçuk ve Sakarya gibi Anadolu üniversitelerinde de çalışmalar yapılmış olması, konuya ilginin farklı bölgelere yayılmaya başladığına işaret etmektedir.

Anabilim dallarına göre dağılımda, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Anabilim Dalı beş tezle (%33,3) ilk sıradadır. Bunu üçer tezle (%20,0) Radyo, Televizyon ve Sinema ile İletişim Bilimleri, iki tezle (%13,3) Gazetecilik izlemektedir. Medya ve İletişim Çalışmaları programı ile İşletme Anabilim Dalı ise birer tezle temsil edilmektedir. Bu dağılımda dikkat çeken bulgu, tezlerin 14'ünün (%93,3) iletişim bilimleri alanında hazırlanmış olmasıdır. Halkla ilişkiler ve tanıtım alanının öne çıkması, dijital iletişimin kurumsal itibar, şeffaflık, kamu diplomasisi ve kültürel miras yönetimi gibi stratejik iletişim konuları üzerinden ele alındığını göstermektedir. İşletme Anabilim Dalı'nda hazırlanan tez ise dijital iletişimin iletişim bilimlerinin sınırlarını aşarak yönetim ve örgüt çalışmalarında da bir inceleme alanına dönüştüğünü ve konunun disiplinlerarası bir nitelik kazandığını ortaya koymaktadır.

Tez türü açısından tezlerin 14'ü (%93,3) uygulamalı (ampirik) araştırmaya dayanmaktadır. Yalnızca bir tez (%6,7) bütünüyle kuramsal ve tarihsel-eleştirel bir yaklaşımla hazırlanmıştır. Uygulamalı tezlerin büyük bölümünde kavramsal çerçevenin ardından anket, yarı yapılandırılmış görüşme, içerik analizi ve sanal etnografi gibi veri toplama ve analiz tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. Ampirik çalışmaların bu denli ağırlıkta olması, dijital iletişim alanının görece yeni olmasından kaynaklanıyor olabilir: Araştırmacılar dijital iletişim pratiklerini kuramsal düzeyde tartışmaktan çok, bu pratiklerin kullanıcılar, kurumlar ve siyasal süreçler üzerindeki etkilerini veriye dayalı olarak betimlemeye ve açıklamaya yönelmiştir. Öte yandan kuramsal çalışmaların sınırlı kalması, dijital iletişime özgü kavramsal ve kuramsal çerçevelerin geliştirilmesine yönelik özgün katkılara alanda hâlâ ihtiyaç duyulduğu biçiminde yorumlanabilir.

Tablo 2. İncelenen Tezlerin Hacim Bilgileri ve "Dijital İletişim" İfadesinin Kullanım Sıklığı

No	Çalışmanın Adı	Sayfa Sayısı	Kelime Sayısı	"Dijital İletişim" İfade Sayısı	10.000 Kelimede Sıklık*
1	Politik İletişim Sürecinin Dijital İletişim Teknolojisi Olarak İnternet Dolayımında Kurgulanması: Yeni Olanaklar, Stratejiler ve Beklentiler	396	88.896	49	5,51
2	Dijital İletişim Çağında Belgesel Sinema: Gerçekliğin Yeniden İnşası	421	91.470	54	5,90
3	Dijital İletişim Çağında Toplumun Medyatikleşmesiyle Dönüşen Şöhret Kültürü	379	104.439	79	7,56
4	Sağlık İletişiminde Dijital İletişim Kanallarının Kullanımı: Sektör Aktörlerinin Sosyal Medya Hesaplarının İncelenmesi	186	45.622	32	7,01
5	Kamu Diplomasisinde Dijital İletişimin Rolü: Türkiye ve G8 Ülkelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi	392	103.724	75	7,23
6	Dijital İletişim Çağında İletişimin Gerçekliği: Influencer, Yapay Zeka ve Kanaat Önderliği	190	70.198	13	1,85
7	Dijital İletişim Bağlamında Kültürel Miras Yönetimi	265	53.663	36	6,71
8	Dijital İletişim Çağında Siyasal Katılım ve Karar Verme: Türkiye Gençliği Üzerine Bir Araştırma	321	146.863	22	1,50
9	Dijital İletişim Teknolojileri ve Şeffaflık: Kavramsal Tartışmalar ve Uygulamalar	408	115.355	587	50,89
10	Dijital İletişim Çağında Beğenilerin Oluşumundaki Yeni Aracılar: Influencerların Bireylerin Beğenileri Üzerindeki Etki Araştırması	226	63.036	44	6,98
11	Havayolu İşletmeciliğinde Dijital İletişim Uygulamalarının, Müşteri Memnuniyetine ve Hizmet Kalitesine Etkisinde Kurumsal İtibarın Aracı Rolü: Türk Hava Yolları Örneği	179	45.291	224	49,46
12	Geleneksel ve Dijital İletişim Kanallarında CEO'ların İzlenim Yönetimi Taktikleri ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı ile İlişkisi	273	84.299	5	0,59
13	Dijital İletişim'de Prodüksiyon Tasarımı ve Yeni Medya Ortamlarında Metanın Yeniden Üretimi	745	207.103	64	3,09
14	Z Kuşağının Oy Verme Davranışında Dijital İletişim Araçlarının Rolü	272	79.166	494	62,40
15	Sosyal Ağ Sitelerinin Türkiye Dijital İletişim Ekosisteminde Konumlanması: Yükselen Kullanıcının Aktif Katılımı	446	140.549	156	11,10

Tablo 2'de incelenen tezlerin sayfa sayısı, kelime sayısı ve "dijital iletişim" ifadesinin metin içindeki kullanım sıklığı yer almaktadır. Sayfa sayıları tezlerin elektronik nüshalarının toplam sayfa sayısını gösterir; ön sayfalar, kaynakça ve ekler bu sayıya dahildir. Kelime sayıları ve ifade sayıları ise tezlerin tam metninden otomatik metin çıkarımı yoluyla elde edilmiştir. İfade sayımı büyük-küçük harf ayrımı yapılmadan ve çekimli biçimler ("dijital

iletişimin", "dijital iletişimde", "dijital iletişim'de" vb.) dahil edilerek yapılmıştır. Başlık, özet, içindekiler ve kaynakça bölümlerinde geçen kullanımlar da sayıma girmiştir. İngilizce özetlerdeki "digital communication" karşılığı ise kapsam dışında bırakılmıştır.

Tezlerin hacmi incelendiğinde, 15 tezin toplam 5.099 sayfa ve yaklaşık 1,44 milyon kelimeden oluştuğu görülmektedir. Tez başına ortalama sayfa sayısı 339,9 (ortalama=321), ortalama kelime sayısı ise 95.978'dir (ortalama=88.896). En kısa tez 179 sayfa ve 45.291 kelimeyle Çelebi'nin (2025), en uzun tez ise 745 sayfa ve 207.103 kelimeyle Güler'in (2025) çalışmasıdır. Güler'in tezi örneklem ortalamasının iki katından uzun olduğu için uç değer niteliğindedir; bu nedenle merkezi eğilim ölçüsü olarak ortalamaın kullanılması daha doğru bir tablo sunmaktadır. Tezlerin büyük bölümü 250–450 sayfa aralığında yoğunlaşmaktadır. Bu durum, iletişim alanındaki doktora tezlerinin kapsamlı bir kavramsal çerçeve ile uygulamalı bir araştırma bölümünü bir araya getiren yapısıyla uyumludur.

Tezlerde "dijital iletişim" ifadesi toplam 1.934 kez geçmektedir. Tez başına ortalama kullanım 128,9'dur; ancak dağılım belirgin biçimde sağa çarpık olduğundan ortalama değeri 54'te kalmaktadır. Ham sayılar tez uzunluklarındaki farklılıktan etkilendiği için kullanım yoğunluğu 10.000 kelimede geçme sıklığı üzerinden de hesaplanmıştır. Bu ölçüte göre örneklem genelinde ifade her 10.000 kelimede ortalama 13,4 kez kullanılmaktadır. Ne var ki bu ortalama, üç tezin yüksek değerlerinden kaynaklanmaktadır: Küçükbıyık (2026; 62,40), Keskin (2024; 50,89) ve Çelebi (2025; 49,46). Bu üç tez, toplam kullanımın %67,5'ini (1.305/1.934) tek başına oluşturmaktadır. Geri kalan 12 tezde ifade 10.000 kelimede 0,59 ile 11,10 arasında, çoğunlukla 5–7 bandında kullanılmıştır.

Bu farklılık, kavramın tezlerde iki ayrı işlevle kullanıldığını düşündürmektedir. Yüksek yoğunluklu tezlerde "dijital iletişim" ifadesi; "dijital iletişim araçları", "dijital iletişim uygulamaları" ve "dijital iletişim teknolojileri" gibi kalıplar içinde araştırmanın temel değişkeni ya da analiz birimi olarak kullanılmakta, bu nedenle ölçek maddelerinde, hipotezlerde ve bulgularda sürekli tekrarlanmaktadır. Düşük yoğunluklu tezlerde ise ifade daha çok "dijital iletişim çağı" gibi dönemsel ya da bağlamsal bir çerçeveyi adlandırmak için başlıkta yer almakta, metin içinde ise sosyal medya, influencer, yeni medya veya siyasal katılım gibi daha özgül kavramlar öne çıkmaktadır. Batar (2024; 1,50), Ünlü Dalaylı (2021; 1,85) ve Karaca Varinlioğlu (2025; 0,59) bu durumun belirgin örnekleridir. Özellikle Karaca Varinlioğlu'nun tezinde ifadenin yalnızca beş kez geçmesi, kavramın başlıkta yer almasına karşın analitik bir kategori olarak işlenmediğini göstermektedir. Bu bulgu, başlıkta kavrama yer verilmesinin, tezin içeriğinde de kavramsal bir odak bulunduğu anlamına gelmediğine işaret etmektedir. Bu yönüyle, dijital iletişimin lisansüstü çalışmalarda zaman zaman kuramsal bir kavramdan çok, çalışmanın güncelliğini vurgulayan bir çerçeve etiketi olarak kullanıldığı söylenebilir.

Son olarak, tez uzunluğu ile ifade sayısı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır (Spearman ρ=0,23; p=0,42). Benzer biçimde, tezin yazıldığı yıl ile ifadenin kullanım yoğunluğu arasında da anlamlı bir ilişki saptanmamıştır (ρ=0,24; p=0,38). Dolayısıyla daha uzun ya da daha yeni tezlerin kavramı daha yoğun kullandığı söylenemez; kullanım yoğunluğunu belirleyen asıl etkenin tezin araştırma tasarımında kavrama verilen rol olduğu anlaşılmaktadır. Ancak örneklemin 15 tezle sınırlı olması, bu korelasyon sonuçlarının genellenebilirliğini kısıtlamaktadır.

Tablo 3. İncelenen Tezlerin Anahtar Kelimeleri ve Uygulama Alanları

No	Çalışmanın Adı	Anahtar Kelimeler	Uygulama Alanı (Araştırma Örneklemi)
1	Politik İletişim Sürecinin Dijital İletişim Teknolojisi Olarak İnternet Dolayımında Kurgulanması: Yeni Olanaklar, Stratejiler ve Beklentiler	Belirtilmemiş	Dört siyasi partinin (AKP, CHP, MHP, DP) resmî web siteleri ve bu sitelerden sorumlu birim yöneticileri; iki siyasi gündem konusu üzerinden seçilen bloglar ve forumlar
2	Dijital İletişim Çağında Belgesel Sinema: Gerçekliğin Yeniden İnşası	Belgesel sinema, kurmaca sinema, melezleşme, Dijital İletişim Çağı, sinema teknolojileri	Uygulama yok (kuramsal çalışma); farklı dönemlere ait belgesel filmler tarihsel-eleştirel olarak tartışılmıştır
3	Dijital İletişim Çağında Toplumun Medyatikleşmesiyle Dönüşen Şöhret Kültürü	Şöhret Kültürü, Medyatikleşme, Sosyal Medya, Sosyal Medya Fenomenleri	YouTube veya Instagram'da 10.000'den fazla takipçisi olan fenomenleri takip eden 687 kullanıcı (anket); 10 Türk sosyal medya fenomeni (derinlemesine görüşme)
4	Sağlık İletişiminde Dijital İletişim Kanallarının Kullanımı: Sektör Aktörlerinin Sosyal Medya Hesaplarının İncelenmesi	Sağlık iletişimi, sosyal medya, hastane, dijital dönüşüm, iletişim	İstanbul ve Erzurum'daki kamu ve özel hastanelerden rastgele seçilen 8 hastanenin yetkilileri ve çalışanları (derinlemesine görüşme)
5	Kamu Diplomasisinde Dijital İletişimin Rolü: Türkiye ve G8 Ülkelerinin Karşılaştırmalı İncelenmesi	Türkiye, G8 Ülkeleri, Kamu Diplomasisi, Dijital Diplomasi, Metin Madenciliği, Sosyal Ağ Analizi, Duygu Analizi	TİKA ile G8 ülkelerindeki denk kurumların (GIZ, USAID vb.) kurumsal Twitter hesaplarında iki ayrı tarih aralığında yapılan paylaşımlar
6	Dijital İletişim Çağında İletişimin Gerçekliği: Influencer, Yapay Zeka ve Kanaat Önderliği	Influencer, İletişim, Gerçeklik, Kanaat Önderi, Yapay Zekâ	Instagram'da 30 Türk ve 22 yabancı influencer ile takipçileri (sanal etnografi, katılımcı gözlem, görüşme); robot influencer Miquela Sousa; "gerçek iletişim" örneği olarak İmece Evi

7	Dijital İletişim Bağlamında Kültürel Miras Yönetimi	Kültür, kültürel miras, dijital iletişim, dijital diplomasi	UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde kültür varlığı bulunan şehirlerin belediye ve turizm web siteleri (29 web sitesi, yaklaşık 700 sayfa; içerik analizi)
8	Dijital İletişim Çağında Siyasal Katılım ve Karar Verme: Türkiye Gençliği Üzerine Bir Araştırma	Dijital Çağ, Sosyal Medya, Siyasal İletişim, Siyasal Katılım, Siyasal Karar Verme[2]	Yedi coğrafi bölgenin en kalabalık illerinde (İstanbul, Ankara, İzmir, Antalya, Samsun, Şanlıurfa, Van) yaşayan 18–24 yaş arası 1.056 genç (anket)
9	Dijital İletişim Teknolojileri ve Şeffaflık: Kavramsal Tartışmalar ve Uygulamalar	İletişim Teknolojileri, Dijital İletişim, Şeffaflık	Dijital iletişimde şeffaflık konusunda çalışan kamu sektörü, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarından 10 yönetici ve uzman (yarı yapılandırılmış görüşme)
10	Dijital İletişim Çağında Beğenilerin Oluşumundaki Yeni Aracılar: Influencerların Bireylerin Beğenileri Üzerindeki Etki Araştırması	Dijital İletişim, Kanaat Önderi, Influencer, Kültürel Aracı, Beğeni	İBBS Düzey 1'deki 12 bölgeden seçilen 26 ilde yaşayan 1.010 birey (anket); 17 ilden 26 kişi (yarı yapılandırılmış görüşme)
11	Havayolu İşletmeciliğinde Dijital İletişim Uygulamalarının, Müşteri Memnuniyetine ve Hizmet Kalitesine Etkisinde Kurumsal İtibarın Aracı Rolü: Türk Hava Yolları Örneği	Dijital İletişim Uygulamaları, Kurumsal İtibar, Yolcu Memnuniyeti, Hizmet Kalitesi	İstanbul Havalimanı'nda iç hatlarda seyahat eden THY yolcuları (608 anket toplanmış, 604'ü analiz edilmiştir; kolayda örnekleme)
12	Geleneksel ve Dijital İletişim Kanallarında CEO'ların İzlenim Yönetimi Taktikleri ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı ile İlişkisi	İzlenim Yönetimi Taktikleri, CEO Mesajları, Okunabilirlik, Ton, Sürdürülebilirlik Performansı	Fortune "Dünyanın En Beğenilen Şirketleri 2022" listesindeki Global 500 içinden 58 halka açık şirketin CEO'ları; yıllık raporlar ve sürdürülebilirlik raporlarındaki CEO mesajları ile LinkedIn gönderileri
13	Dijital İletişim'de Prodüksiyon Tasarımı ve Yeni Medya Ortamlarında Metanın Yeniden Üretimi	Dijital, İletişim, Tasarım, Üretim, Meta,	Dijital prodüksiyon sektöründen (Canon, Blackmagic, Unreal

		Prodüksiyon, Yeni Medya	Engine, Siyah Martı Animasyon Stüdyosu, Steam'de oyun yayımlayan geliştiriciler vb.) 12 profesyonel ve kurum temsilcisi (yarı yapılandırılmış görüşme)
14	Z Kuşağının Oy Verme Davranışında Dijital İletişim Araçlarının Rolü	Oy Verme Davranışı, Siyasal İletişim, Dijital İletişim Araçları, Kuşaklar, Z Kuşağı, Sosyal Medya, Anlık Mesajlaşma Uygulamaları, Web Tabanlı Uygulamalar	Türkiye'de yaşayan 18–26 yaş arası 490 Z kuşağı bireyi (çevrim içi ve yüz yüze anket)
15	Sosyal Ağ Sitelerinin Türkiye Dijital İletişim Ekosisteminde Konumlanması: Yükselen Kullanıcının Aktif Katılımı	Sosyal ağ siteleri, düzenleme-denetleme, kullanıcı katılımı, kamusal alan, iletişim özgürlüğü	Samsun'da yaşayan 18 yaş ve üzeri 650 kişi (çevrim içi ve yüz yüze anket)

Tablo 3'te incelenen tezlerin anahtar kelimeleri ve uygulama alanları yer almaktadır. Anahtar kelimeler tezlerin Türkçe özetlerinden olduğu gibi aktarılmıştır. Uygulama alanları ise araştırmanın verilerinin kimlerden ya da hangi materyalden elde edildiği esas alınarak, tezlerin özet ve yöntem bölümlerinden belirlenmiştir. Bir tez (Yılmaz, 2008) anahtar kelime içermemektedir. Kalan 14 tezde toplam 72 anahtar kelime kullanılmıştır. Tez başına ortalama 5,1 anahtar kelime düşmektedir ve bu sayı 3 (Keskin, 2024) ile 8 (Küçükbıyık, 2026) arasında değişmektedir.

Anahtar kelimelerin en dikkat çekici özelliği, incelenen tezlerin tamamının başlığında "dijital iletişim" ifadesi bulunmasına karşın bu ifadenin anahtar kelimeler arasında sınırlı ölçüde yer almasıdır. İfade, tek başına ya da "Dijital İletişim Çağı", "Dijital İletişim Uygulamaları" ve "Dijital İletişim Araçları" gibi bileşik biçimleriyle yalnızca altı tezde (%42,9) anahtar kelime olarak kullanılmıştır. Tek başına "Dijital İletişim" biçiminde yalnızca üç tezde (Kılınç, 2022; Keskin, 2024; Ergül, 2024) geçmektedir. Güler'in (2025) tezinde ise "Dijital" ve "İletişim" ayrı anahtar kelimeler olarak verilmiştir. Bu bulgu, Tablo 2'de ortaya konan ve kavramın bazı tezlerde analitik bir kategoriden çok dönemsel ya da bağlamsal bir çerçeve olarak kullanıldığına ilişkin bulguyu desteklemektedir. Nitekim başlığında "dijital iletişim çağı" ifadesi bulunan dört tezden yalnızca biri (Özdem, 2012) bu ifadeyi anahtar kelime olarak kullanmıştır. Diğer üç tezde (Çaycı, 2019; Ünlü Dalaylı, 2021; Batar, 2024) "dijital iletişim" yerine sosyal medya, influencer, şöhret kültürü ve siyasal katılım gibi daha özgül kavramlar anahtar kelime olarak seçilmiştir.

Anahtar kelimeler arasında en sık tekrarlanan kavram "sosyal medya"dır. Bu kavram tek başına ya da "Sosyal Medya Fenomenleri" biçimiyle dört tezde geçmektedir. "Sosyal ağ siteleri" (Şen, 2026) ve "sosyal ağ analizi" (Tunçay, 2020) ifadeleriyle birlikte değerlendirildiğinde, sosyal ortalamaın dijital iletişim araştırmalarının başlıca inceleme nesnesi olduğu görülmektedir. "Influencer" ve "kanaat önderi" (Ünlü Dalaylı, 2021; Ergül, 2024), "siyasal iletişim" (Batar, 2024; Küçükbıyık, 2026) ve "dijital diplomasi" (Tunçay, 2020; Kılınç, 2022) ikişer tezde ortak kullanılan diğer kavramlardır.

Anahtar kelimeler tematik açıdan gruplandırıldığında tezlerin dört ana eksende yoğunlaştığı görülmektedir.

- Kurumsal ve stratejik iletişim (6 tez): sağlık kurumları, kamu diplomasisi, kültürel miras yönetimi, şeffaflık, kurumsal itibar ve CEO iletişimi.
- Siyasal iletişim ve katılım (4 tez): politik iletişim, siyasal katılım, oy verme davranışı ve kamusal alan.
- Influencer, şöhret ve kanaat önderliği (3 tez).
- Medya üretimi ve sinema (2 tez).

Bu dağılım, Tablo 1'de halkla ilişkiler ve tanıtım anabilim dalının öne çıkmasıyla tutarlıdır. Uygulama alanları incelendiğinde, tezlerin araştırma örneklemlerini dört farklı kaynaktan oluşturduğu görülmektedir: Bireyler ve kullanıcılar (6 tez): En yaygın uygulama alanıdır. Bu tezlerin tamamında anket tekniği kullanılmıştır (Çaycı, 2019; Batar, 2024; Ergül, 2024; Çelebi, 2025; Küçükbıyık, 2026; Şen, 2026). Anket örneklemlerinin büyüklüğü 490 ile 1.056 kişi arasında değişmekte ve toplamda 4.487 katılımcıya ulaşmaktadır. Bu örneklemlerde gençler ve Z kuşağı (Batar, 2024; Küçükbıyık, 2026), sosyal medya fenomenlerinin takipçileri (Çaycı, 2019) ve belirli bir hizmetin kullanıcıları (Çelebi, 2025) gibi dijital iletişim ortamlarında yoğun etkinlik gösteren gruplar öne çıkmaktadır.

- Uzmanlar, yöneticiler ve sektör temsilcileri (3 tez): Bu tezlerde görüşme tekniğiyle 8 ile 12 arasında katılımcıya ulaşılmıştır (Işık, 2019; Keskin, 2024; Güler, 2025).
- Dijital içerik ve kurumsal metinler (3 tez): Örneklem doğrudan web siteleri, Twitter paylaşımları, CEO mesajları ve LinkedIn gönderileri gibi dijital içeriklerden oluşturulmuştur (Tunçay, 2020; Kılınç, 2022; Karaca Varinlioğlu, 2025). Yılmaz'ın (2008) tezi de siyasi parti web sitelerini ve blog-forum içeriklerini incelediği için bu gruba yakın olmakla birlikte, parti web sitelerinin yöneticileriyle yapılan görüşmeleri de içermektedir.
- Çevrim içi topluluklar (1 tez): Ünlü Dalaylı (2021), sanal etnografi yöntemiyle influencerları ve takipçilerini doğrudan dijital ortamın içinden incelemiştir.
- Kuramsal çalışma (1 tez): Özdem'in (2012) tezinde bir uygulama örneklemi bulunmamaktadır.

Örneklemlerin coğrafi kapsamı ve seçim yöntemi bulguların genellenebilirliği açısından önem taşımaktadır. Bireylerden veri toplayan tezlerden üçü Türkiye genelini temsil etmeyi amaçlamıştır: Batar (2024) yedi coğrafi bölgeden birer ili, Ergül (2024) İBBS Düzey 1'deki 12 bölgeden 26 ili örnekleme dahil etmiş, Küçükbıyık (2026) ise Türkiye geneline ulaşmaya çalışmıştır. Buna karşılık Şen (2026) ve Çelebi (2025) tek bir ilde ya da tek bir veri toplama noktasında, Işık (2019) ise iki ilde araştırma yapmıştır. Ayrıca bazı tezlerde amaçlı (Çaycı, 2019) ve kolayda (Çelebi, 2025) örnekleme gibi olasılığa dayalı olmayan örnekleme teknikleri kullanılmıştır. Bu durum, ilgili bulguların evrene genellenmesini sınırlamaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, incelenen tezlerin dijital iletişimi büyük ölçüde kullanıcı algısı ve tutumu üzerinden ölçtüğü görülmektedir. Dijital platformların yapısı, algoritmaları, ekonomi-politiği ve içerik üreticileri gibi üretim tarafını doğrudan veri kaynağı olarak ele alan çalışmalar ise görece sınırlı kalmıştır.

Tablo 4. İncelenen Tezlerde Kullanılan Analiz Yöntemleri

Çalışmanın Atfı	Analiz Yöntemi
Yılmaz (2008)	ISO/IEC 9126 Tabanlı Kalite Analizi, Blog ve Forum İçerik Analizi, Görüşme
Özdem (2012)	Tarihsel-Eleştirel Çözümleme (Kuramsal)
Çaycı (2019)	NCSS, Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis, Spearman Korelasyon, Betimsel Analiz
Işık (2019)	Derinlemesine Görüşme, Doküman İncelemesi (Analiz Tekniği Belirtilmemiş)
Tunçay (2020)	R, Metin Madenciliği, Sosyal Ağ Analizi, Duygu Analizi
Ünlü Dalaylı (2021)	Sanal Etnografi (Katılımcı Gözlem, Derinlemesine Görüşme)
Kılınç (2022)	İçerik Analizi (MAXQDA)
Batar (2024)	SPSS, t-Testi, ANOVA (Tukey), Ki-Kare
Keskin (2024)	Fenomenolojik Desen, İçerik Analizi (MAXQDA)
Ergül (2024)	SPSS, AFA, t-Testi, ANOVA, Regresyon, Tematik Analiz (MAXQDA)
Çelebi (2025)	SmartPLS, PLS-SEM, Aracılık Analizi, t-Testi
Karaca Varinlioğlu (2025)	Doküman İncelemesi, Okunabilirlik ve Ton Analizi, PLS-SEM
Güler (2025)	İçerik Analizi, Yarı Yapılandırılmış Görüşme
Küçükbıyık (2026)	SPSS, LISREL, AFA, DFA, Korelasyon, Regresyon
Şen (2026)	SPSS, AMOS, AFA, DFA, Korelasyon, Regresyon

Tablo 4'te incelenen tezlerde kullanılan analiz yöntemleri yer almaktadır. Yöntemler, tezlerin özet ve yöntem bölümlerinde açıkça belirtilen analiz teknikleri ile kullanılan yazılımlar esas alınarak belirlenmiştir. Tablo, tezlerin analiz yöntemleri bakımından belirgin bir çeşitlilik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Tezlerin yedisinde (%46,7) istatistiksel analiz, beşinde (%33,3) yalnızca nitel analiz, ikisinde (%13,3) hesaplamalı metin analizi kullanılmıştır. Bir tez (%6,7) ise kuramsal ve tarihsel-eleştirel bir çözümlemeye dayanmaktadır. Çaycı (2019) ve

Ergül (2024), istatistiksel analizleri nitel analizlerle (betimsel analiz ve tematik analiz) birlikte kullanarak karma yöntem deseni benimsemiştir.

İstatistiksel analiz kullanan tezlerde en yaygın teknikler grup karşılaştırmasına yönelik testlerdir. Bağımsız örneklem t-testi beş tezde (Batar, 2024; Ergül, 2024; Çelebi, 2025; Küçükbıyık, 2026; Şen, 2026), tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ise dört tezde kullanılmıştır. Değişkenler arası ilişkileri incelemek için korelasyon ve regresyon analizleri üçer tezde yer almaktadır. Ölçek geçerliliğini sınamak amacıyla açımlayıcı faktör analizi (AFA) üç tezde, doğrulayıcı faktör analizi (DFA) iki tezde uygulanmıştır. Yapısal eşitlik modellemesi ise yalnızca iki tezde (Çelebi, 2025; Karaca Varinlioğlu, 2025) kısmi en küçük kareler (PLS-SEM) yaklaşımıyla kullanılmıştır. Aracılık analizi yalnızca Çelebi'nin (2025) tezinde yer almaktadır. Verilerin normal dağılmadığı durumda parametrik olmayan testlere başvuran tek tez Çaycı'nın (2019) çalışmasıdır. Şen (2026) ise tekrarlı ölçümlerin karşılaştırılması için Friedman testini kullanmıştır. Bu dağılım, dijital iletişim alanındaki nicel tezlerin ağırlıklı olarak demografik değişkenlere göre farklılaşmayı ve değişkenler arası doğrudan ilişkileri sınayan modeller kullandığını göstermektedir. Aracılık, düzenleyicilik ve yapısal modeller gibi daha karmaşık nedensel ilişkileri test eden ileri analizler ise sınırlı kalmıştır.

Nitel analiz kullanan tezlerde en sık başvurulan teknik içerik analizidir. Bu teknik dört tezde (Yılmaz, 2008; Kılınç, 2022; Keskin, 2024; Güler, 2025) kullanılmıştır. Bunun yanında tematik analiz (Ergül, 2024), betimsel analiz (Çaycı, 2019), fenomenolojik desen (Keskin, 2024) ve sanal etnografi (Ünlü Dalaylı, 2021) gibi farklı nitel yaklaşımlara da yer verilmiştir. Hesaplamalı yöntemler açısından Tunçay (2020), kurumsal Twitter paylaşımlarını metin madenciliği, sosyal ağ analizi ve duygu analizi ile incelemiştir. Karaca Varinlioğlu (2025) ise CEO mesajlarını okunabilirlik (Flesch, Gunning Fog) ve ton değerleri üzerinden sayısallaştırarak PLS-SEM ile modellemiştir. Bu iki tez, dijital iletişimin ürettiği büyük hacimli metinsel verinin doğrudan analiz birimi olarak ele alındığı ve alan için görece yeni sayılabilecek bir yöntemsel yönelimi temsil etmektedir.

Kullanılan yazılımlar incelendiğinde, nicel analizlerde SPSS'in baskın olduğu görülmektedir (5 tez). SPSS; AMOS (Şen, 2026), LISREL (Küçükbıyık, 2026) ve SmartPLS (Çelebi, 2025) gibi yapısal modelleme yazılımlarıyla birlikte kullanılmıştır. SmartPLS iki tezde, NCSS ve R ise birer tezde tercih edilmiştir. Nitel analizlerde ise MAXQDA üç tezde (Kılınç, 2022; Keskin, 2024; Ergül, 2024) kullanılmıştır. Nitel veri analiz yazılımlarının ilk kez 2022 sonrasındaki tezlerde görülmesi, nitel analiz süreçlerinin de giderek dijitalleştiğine ve sistematik kodlama araçlarına yöneldiğine işaret etmektedir.

Analiz yöntemlerinin yıllara göre dağılımı da dikkat çekicidir. İstatistiksel analiz kullanan yedi tezin altısı 2024–2026 döneminde yazılmıştır; bu dönemden önce istatistiksel analiz kullanan tek tez Çaycı'nın (2019) çalışmasıdır. 2008–2022 dönemindeki tezler ise ağırlıklı olarak kuramsal, nitel ve betimsel yaklaşımlarla hazırlanmıştır. Bu bulgu, dijital iletişim araştırmalarının alanın ilk yıllarında kavramsallaştırma ve betimleme ağırlıklı bir yaklaşımla ele alındığını göstermektedir. Son yıllarda ise ölçek geliştirme, hipotez testi ve modelleme gibi ölçme odaklı bir yaklaşıma doğru belirgin bir yöntemsel dönüşüm yaşandığı söylenebilir. Bununla birlikte iki tezde (Işık, 2019; Ünlü Dalaylı, 2021) veri toplama teknikleri açıkça tanımlanmış olsa da verilerin hangi analiz tekniğiyle çözümlendiği belirtilmemiştir. Bu durum, nitel çalışmalarda yöntemsel şeffaflık ve tekrarlanabilirlik açısından bir eksiklik olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Bu çalışmada, YÖK Ulusal Tez Merkezi'nde yer alan ve başlığında "dijital iletişim" ifadesi bulunan 15 doktora tezi içerik analizi yöntemiyle incelenmiştir. Tezler künye bilgileri, hacim ve kavram kullanım yoğunluğu, anahtar kelimeler, uygulama alanları ve analiz yöntemleri bakımından değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, dijital iletişimin Türkiye'deki lisansüstü araştırmalarda giderek güçlenen bir inceleme alanına dönüştüğünü göstermektedir. Ancak bu alanın kavramsal ve yöntemsel bakımdan henüz tam olarak yerleşmediği de görülmektedir.

Zamansal dağılım açısından, dijital iletişim konulu tezlerin büyük çoğunluğu (%86,7) 2019 sonrasında, yarısından fazlası (%53,3) ise yalnızca 2024–2026 döneminde hazırlanmıştır. 2008 ve 2012 yıllarında yazılan iki öncü tezden sonra yaklaşık yedi yıl boyunca örneklemde başka bir teze rastlanmaması, konuya yönelik akademik ilginin dijital platformların gündelik yaşamda, kurumsal iletişimde ve siyasal süreçlerde belirleyici hâle gelmesiyle birlikte hızlandığını düşündürmektedir. Kurumsal dağılımda ise tezlerin İstanbul ve Ankara'daki köklü iletişim fakültelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Fırat, Selçuk ve Sakarya gibi Anadolu üniversitelerinde de çalışmalar yapılmış olması, ilginin farklı bölgelere yayılmaya başladığını göstermektedir. Tezlerin büyük bölümünün iletişim bilimleri alanında, özellikle halkla ilişkiler ve tanıtım anabilim dalında hazırlanması, dijital iletişimin ağırlıklı olarak stratejik ve kurumsal iletişim perspektifinden ele alındığına işaret etmektedir. İşletme anabilim dalında hazırlanan tez ise konunun disiplinlerarası bir nitelik kazanmaya başladığını göstermektedir.

Çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biri, "dijital iletişim" kavramının tezlerde iki farklı işlevle kullanılmasıdır. Tezlerin tamamının başlığında yer alan ifade, metin içinde her 10.000 kelimede 0,59 ile 62,40 arasında değişen çok farklı yoğunluklarla kullanılmıştır. Toplam kullanımın üçte ikisinden fazlası yalnızca üç teze aittir. Kavram, yüksek yoğunluklu tezlerde "dijital iletişim araçları", "uygulamaları" ya da "teknolojileri" biçiminde araştırmanın temel değişkeni olarak işlenmektedir. Düşük yoğunluklu tezlerde ise daha çok "dijital iletişim çağı" gibi dönemsel ya da bağlamsal bir çerçeveyi adlandırmak için başlıkta kullanılmakta, metin içinde ise sosyal medya, influencer veya siyasal katılım gibi daha özgül kavramlar öne çıkmaktadır. Anahtar kelime bulguları da bu tespiti desteklemektedir: Başlığında kavrama yer veren tezlerin yalnızca %42,9'u onu anahtar kelime olarak kullanmıştır. Bu durum, dijital iletişimin lisansüstü çalışmalarda zaman zaman analitik bir kavramdan çok çalışmanın güncelliğini vurgulayan bir çerçeve etiketi olarak işlev gördüğünü ve kavramın sınırlarının henüz ortak biçimde tanımlanmadığını göstermektedir.

Tematik açıdan tezler kurumsal ve stratejik iletişim, siyasal iletişim ve katılım, influencer ve kanaat önderliği, medya üretimi ve sinema olmak üzere dört eksende yoğunlaşmaktadır. Sosyal medya, anahtar kelimeler arasında en sık tekrarlanan kavramdır ve dijital iletişim araştırmalarının başlıca inceleme nesnesi konumundadır. Uygulama alanlarında ise bireylerden anket yoluyla veri toplayan çalışmalar ağırlıktadır. Altı tezde toplam 4.497 katılımcıya ulaşılmış ve bu tezlerde gençler, Z kuşağı ve sosyal medya takipçileri gibi dijital ortamlarda etkin olan gruplar öne çıkmıştır. Buna karşılık uzman ve sektör temsilcileriyle yapılan görüşmeler ile web siteleri, kurumsal paylaşımlar ve CEO mesajları gibi dijital içeriklerin doğrudan incelendiği çalışmalar daha sınırlı kalmıştır. Bu dağılım, alandaki araştırmaların dijital iletişimi büyük ölçüde kullanıcı algısı ve tutumu üzerinden ölçtüğünü göstermektedir. Platformların yapısı, algoritmaları, ekonomi-politiği ve içerik üretim süreçleri ise görece az çalışılmıştır.

Yöntemsel açıdan tezlerin %93,3'ü uygulamalı bir araştırmaya dayanmaktadır. Analiz yöntemlerinde ise zaman içinde belirgin bir dönüşüm göze çarpmaktadır. 2008–2022 döneminde kuramsal, nitel ve betimsel yaklaşımlar ağırlıktayken, istatistiksel analiz kullanan yedi tezin altısı 2024–2026 döneminde hazırlanmıştır. Bu dönüşüm, alanın kavramsallaştırma ve betimleme aşamasından ölçek geliştirme, hipotez testi ve modelleme aşamasına geçmeye başladığını göstermektedir. Bununla birlikte nicel tezlerde t-testi ve ANOVA gibi grup karşılaştırmalarına dayalı analizler baskındır. Yapısal eşitlik modellemesi, aracılık ve düzenleyicilik analizleri gibi karmaşık ilişkileri sınayan ileri teknikler ise sınırlı sayıda tezde kullanılmıştır. Metin madenciliği, duygu analizi ve okunabilirlik analizi gibi hesaplamalı yöntemlerin iki tezde yer alması, dijital iletişimin ürettiği büyük hacimli verinin doğrudan analiz birimi olarak ele alınmaya başladığını gösteren yeni bir yönelim olarak değerlendirilebilir. Öte yandan bazı nitel tezlerde verilerin hangi analiz tekniğiyle çözümlendiğinin belirtilmemesi, yöntemsel şeffaflık ve tekrarlanabilirlik açısından bir eksiklik olarak öne çıkmaktadır.

Bu bulgular ışığında gelecekteki çalışmalar için şu öneriler sunulabilir:

- Kavramsal netlik: Lisansüstü çalışmalarda "dijital iletişim" kavramının yalnızca başlıkta kullanılan bir çerçeve olmaktan çıkarılması ve araştırmanın kapsamına uygun biçimde açıkça tanımlanarak işlevselleştirilmesi gerekmektedir.
- Araştırma odağının genişletilmesi: Kullanıcı algısına odaklanan anket çalışmalarının yanı sıra platform yapıları, algoritmalar, içerik üreticileri ve dijital emek gibi üretim tarafını doğrudan inceleyen çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.
- Örneklemin güçlendirilmesi: Bulguların genellenebilirliğini artırmak için olasılığa dayalı örnekleme tekniklerinin kullanılması ve tek il ya da tek veri toplama noktasıyla sınırlı kalmayan örneklemlerle çalışılması önerilmektedir.
- Yöntemsel çeşitlilik ve şeffaflık: Aracılık ve düzenleyicilik analizleri, yapısal modeller ve hesaplamalı metin analizi gibi ileri yöntemlerin daha fazla kullanılması alanın kuramsal birikimine katkı sağlayacaktır. Nitel çalışmalarda ise analiz sürecinin ve kodlama aşamalarının açıkça raporlanması gerekmektedir.
- Kuramsal katkı: Ampirik çalışmaların ağırlığı karşısında, dijital iletişime özgü kavramsal ve kuramsal çerçeveler geliştiren özgün çalışmaların artırılması alanın olgunlaşması açısından önem taşımaktadır.

Son olarak, bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Araştırma, başlığında "dijital iletişim" ifadesi geçen ve tam metnine erişilebilen 15 doktora teziyle sınırlıdır. Başlığında bu ifade bulunmayan ancak konuyu ele alan tezler, yüksek lisans tezleri ve erişime kapalı çalışmalar kapsam dışında kalmıştır. Ayrıca 2026 yılına ait veriler yıl tamamlanmadan derlenmiştir. Örneklemin sınırlı büyüklüğü, özellikle korelasyon analizlerine dayalı çıkarımların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Gelecekte yüksek lisans tezlerini, farklı anahtar kelimelerle belirlenen çalışmaları ve hakemli dergi makalelerini de kapsayan daha geniş örneklemli bibliyometrik ve içerik analizi çalışmaları, dijital iletişim alanındaki akademik üretimin daha bütüncül bir resmini ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

Akar, D. (2025). Dijital Emek Konusunda Yapılan Lisansüstü Çalışmaların Bibliyometrik Analizi [Bibliometric Analysis of Graduate Studies on Digital Labor]. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi*(71), 247-262. https://doi.org/10.47998/ikad.1660114

Aktaş, M. (2019). Dijital iletişim ve halkla ilişkiler araştırmaları: uluslararası literatürde güncel yönelimler ve tartışmalar. *İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi*, *2019*(48), 65-78.

Arısoy Gedik, C. (2026). Dijital ikizlerin medya ortamı olarak kavramsallaştırılması: medya ekolojisi temelli bir analitik tipoloji [Conceptualizing digital twins as a media environment: An analytical typology based on media ecology]. *İnönü University Faculty of Communication Electronic Journal (INIF E-Dergi)*, *11*(1), 418-439. https://doi.org/10.47107/inifedergi.1860662

Aydın, A. (2025). Dijital halkla ilişkilerde diyalojik iletişim: Trakya üniversitelerinin İnstagram sayfalarının incelenmesi [Dialogical communication in digital public relations: An analysis of the Instagram pages of universities in Trakya]. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, *7*(1), 61-72. https://doi.org/10.55580/oguzhan.1705361

Babacan, M. E. (2022). Türkiye'de Yapılmış Medya ve İletişim Çalışmaları Doktora Tezlerinde Teknoloji ve İnsan İlişkisi Üzerine Bir Değerlendirme [An Evaluation on Relations Between Technology and Humans in Media and Communication Studies Dissertations in Turkey]. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, *20*(39), 125-156. https://doi.org/10.55842/talid.1026872

Batar, H. (2024). *Dijital iletişim çağında siyasal katılım ve karar verme: Türkiye gençliği üzerine bir araştırma* (Tez No. 871589) [Doktora tezi, Fırat Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çağlar Demir, B. (2025). Dijital Medya Kavramının Tematik Perspektiften Analizi [Analysis of Digital Media Concept from Thematic Perspective]. *Avrasya Terim Dergisi*, *13*(2), 67-76. https://doi.org/10.31451/ejatd.1610802

Çaycı, B. (2019). *Dijital iletişim çağında toplumun medyatikleşmesiyle dönüşen şöhret kültürü* (Tez No. 543230) [Doktora tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Çelebi, A. (2025). *Havayolu işletmeciliğinde dijital iletişim uygulamalarının, müşteri memnuniyetine ve hizmet kalitesine etkisinde kurumsal itibarın aracı rolü: Türk Hava Yolları örneği* (Tez No. 949641) [Doktora tezi, Başkent Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Dede Özdemir, Y. (2023). Türkiye'de Mobil İletişim Çalışmalarına Dair Bir Değerlendirme: 1994-2022 [A General Evaluation of Mobile Communication Studies in Turkey: 1994–2022]. *Ankara Üniversitesi İlef Dergisi*, *10*(1), 99-134. https://doi.org/10.24955/ilef.1306674

Değirmencioğlu, G., & Gürer, M. (2024). Türkiye'de "Yeni Medya" İçerikli Lisansüstü Tez Çalışmaları Üzerine Bibliyometrik Bir Araştırma [A Bibliometric Study on Graduate Theses on "New Media" in Türkiye]. *Akdeniz Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*(44), 45-65. https://doi.org/10.31123/akil.1359787

Delal Abanoz, Ö. (2024). Bibliometric Analysis of Turkish Journalism Theses and Dissertations: Research Approach Transformation. *Theoretical and Practical Issues of Journalism*, *13*(1).

Erdem, A. T., & Akcaoğlu Erdem, Ö. (2021). Ekonomi Politiği Ve Medyanın Ekonomi Politiği Üzerine Yapılan Çalışmaların İçerik Analiz Yöntemiyle Karşılaştırmalı Analizi [A Comparative Analysis of Studies on Political Economy and Medias Political Economy with Content Analysis Method]. *Ahi Evran Akademi*, *2*(2), 162-170. https://dergipark.org.tr/tr/pub/aea/article/1034839

Ergül, E. (2024). *Dijital iletişim çağında beğenilerin oluşumundaki yeni aracılar: Influencerların bireylerin beğenileri üzerindeki etki araştırması* (Tez No. 928608) [Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Güler, Ş. (2025). *Dijital iletişim'de prodüksiyon tasarımı ve yeni medya ortamlarında metanın yeniden üretimi* (Tez No. 932146) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Güven, Z. C., & Sarı, E. (2024). İletişim Çalışmalarında Etki Paradigması ve İzleyici Kavramsallaştırması: Anglo-Amerikan Çalışmaların Türkiyedeki Çalışmalara Yansıması. *Kritik İletişim Çalışmaları Dergisi*, *6*(2), 392-416. https://doi.org/10.53281/kritik.1530883

Işık, T. (2019). *Sağlık iletişiminde dijital iletişim kanallarının kullanımı: Sektör aktörlerinin sosyal medya hesaplarının incelenmesi* (Tez No. 547934) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Karaca Varinlioğlu, S. (2025). *Geleneksel ve dijital iletişim kanallarında CEO'ların izlenim yönetimi taktikleri ve kurumsal sürdürülebilirlik performansı ile ilişkisi* (Tez No. 980301) [Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Karakuş, M. (2024). "Dijital Halkla İlişkiler" ve "Çevrimiçi Halkla İlişkiler" Kavramları Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz [A Bibliometric Analysis of the Concepts of "Digital Public Relations" and "Online Public Relations"]. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(36), 473-489. https://doi.org/10.54600/igdirsosbilder.1388067

Keskin, M. (2024). *Dijital iletişim teknolojileri ve şeffaflık: Kavramsal tartışmalar ve uygulamalar* (Tez No. 875474) [Doktora tezi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kılınç, M. (2022). *Dijital iletişim bağlamında kültürel miras yönetimi* (Tez No. 728544) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Kubilay, Ç. (2021). Türkiye'de İletişim Çalışmaları Alanında Eleştirel Söylem Çözümlemeleri: Lisansüstü Tezler Üzerine Bir İnceleme [Critical Discourse Analysis in the Field of Communication Studies in Turkey: A Review on Postgraduate Theses]. *Türkiye İletişim Araştırmaları Dergisi*(38), 455-476. https://doi.org/10.17829/turcom.934545

Küçükbıyık, F. N. (2026). *Z kuşağının oy verme davranışında dijital iletişim araçlarının rolü* (Tez No. 1019282) [Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özdem, Ö. M. (2012). *Dijital iletişim çağında belgesel sinema: Gerçekliğin yeniden inşası* Ankara Universitesi].

Özdem, Ö. M. (2012). *Dijital iletişim çağında belgesel sinema: Gerçekliğin yeniden inşası* (Tez No. 314800) [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Özispa, N., & Akdaş, O. (2019). Dijital dönüşüm konusunda yapılmış çalışmaların lisansüstü tezlere dayalı bibliyometrik analizi. *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, *1*(1), 60-75. https://dergipark.org.tr/tr/pub/denlojad/article/653018

Pelivan, M. (2026). Haber ve Söylem Konulu İletişim Çalışmalarının Bibliyometrik Analizi [Bibliometric Analysis of Communication Studies on News and Discourse]. *Beykoz Akademi Dergisi*, *14*(1), 137-165. https://doi.org/10.14514/beykozad.1638246

Şen, O. (2026). *Sosyal ağ sitelerinin Türkiye dijital iletişim ekosisteminde konumlanması: Yükselen kullanıcının aktif katılımı* (Tez No. 1028476) [Doktora tezi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Serdaroğlu, Y., & Zengin, B. (2020). Sosyal medya pazarlaması konusundaki lisansüstü tezlerin içerik analiziyle değerlendirilmesi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *19*(4), 1562-1579. https://doi.org/10.21547/jss.730551

Tunçay, E. (2020). *Kamu diplomasisinde dijital iletişimin rolü: Türkiye ve G8 ülkelerinin karşılaştırmalı incelenmesi* (Tez No. 634894) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Ünlü Dalaylı, F. (2021). *Dijital iletişim çağında iletişimin gerçekliği: Influencer, yapay zeka ve kanaat önderliği* (Tez No. 677694) [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Yıldız, A. N., Kara, U. Y., & Arıkan, G. (2024). Türkiye'de Siyasal İletişim Çalışmalarını Haritalandırmak: Türkçe Araştırma Makaleleri Üzerine Bir İnceleme [Mapping Political Communication Studies in Turkey: A Review of Turkish Research Articles]. *Ankara Üniversitesi İlef Dergisi*, *11*(1), 79-110. https://doi.org/10.24955/ilef.1328452

Yılmaz, M. (2008). *Politik iletişim sürecinin dijital iletişim teknolojisi olarak internet dolayımında kurgulanması: Yeni olanaklar, stratejiler ve beklentiler* (Tez No. 231569) [Doktora tezi, Ege Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Zamur Tuncer, R. (2024). Türk Dizilerinde Toplumsal Bellek İnşası: Lisansüstü Tezler Üzerine Bir İnceleme [Construction of Social Memory in Turkish TV Series: An Analysis on Postgraduate Theses]. *TRT Akademi*, *9*(22), 780-809. https://doi.org/10.37679/trta.1519580

GELECEĞİN SINIF ÖĞRETMENLERİ KOLAYLAŞTIRICI KİŞİYLE ÇALIŞMAYA HAZIR MI?

Dr. Sema DURAN BAYTAR

Trakya Üniversitesi, Sınıf Eğitimi AD, semadrn@gmail.com, 0000-0001-7908-0995

Özet

Bu çalışmanın amacı, sınıf öğretmenliği lisans programı 4. sınıf öğrencilerinin kaynaştırma öğrencisi bulunan sınıflarda görev yapan kolaylaştırıcı kişiye ilişkin algılarını, bu kişinin görev ve sınırlarına dair düşüncelerini ve role yönelik beklentilerini ortaya koymaktır. Araştırma, nitel araştırma yönteminin durum çalışması deseniyle yürütülmüştür. Çalışma grubunu, bir devlet üniversitesinin sınıf öğretmenliği lisans programı 4. sınıfında öğrenim gören ve gönüllü olarak katılan 41 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme ile belirlenmiştir. Veriler araştırmacı tarafından geliştirilen, kolaylaştırıcı kişinin tanımı, görev ve sınırları, özel gereksinimli öğrenciye ve sınıf öğretmenine etkisi, iş birliği, kolaylaştırıcı kişi olabilecek kişilerin nitelikleri ve öğretmen eğitimindeki eksiklikler konularını kapsayan 10 açık uçlu sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formuyla toplanmıştır. Elde edilen verilerin analizi sonucunda; öğretmen adaylarının kolaylaştırıcı kişiyi çoğunlukla öğrenciye akademik ve sosyal destek sunan bir yardımcı olarak tanımladığı, kolaylaştırıcı kişi desteğinin öğrencinin akademik ve sosyal uyumuna katkı sağlarken bağımsızlığı ve akran ilişkilerini olumsuz etkileme riski taşıdığını ifade ettikleri tespit edilmiştir. Bunun yanında öğretmen eğitiminde kolaylaştırıcı kişiyle iş birliği becerilerine yönelik uygulamalı içeriğe gereksinim duydukları sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kolaylaştırıcı kişi, özel gereksinimli öğrenci, kaynaştırma/bütünleştirme, sınıf öğretmeni adayı.

ARE FUTURE PRIMARY SCHOOL TEACHERS READY TO WORK WITH FACILITATORS?

PhD. Sema DURAN BAYTAR

Trakya University, The Department of Primary School Education, semadrn@gmail.com, 0000-0001-7908-0995

Abstract

This study aims to reveal fourth-year undergraduate primary school teaching students' perceptions of the facilitator working in classrooms that include students with special needs, their views on the facilitator's duties and boundaries, and their expectations regarding this role. The research was conducted using a case study design, one of the qualitative research approaches. The study group consisted of 41 pre-service teachers who were enrolled in the fourth year of the primary school teaching program at a state university and participated voluntarily. Participants were selected through criterion sampling, a purposive sampling method. Data were collected with a semi-structured interview form developed by the researcher, consisting of 10 open-ended questions covering the definition of the facilitator, their duties and boundaries, their effects on the student with special needs and the primary school teacher, collaboration, the qualities of those who may serve as facilitators, and deficiencies in teacher education. The analysis showed that pre-service teachers mostly defined the facilitator as an assistant who provides academic and social support to the student. They stated that facilitator support contributes to the student's academic and social adaptation, but also carries the risk of negatively affecting the student's independence and peer relationships. The findings further indicated that pre-service teachers need practice-oriented content on collaboration skills with facilitators in teacher education.

Keywords: Facilitator, student with special needs, inclusion/integration, pre-service primary school teacher

1. GİRİŞ

Kaynaştırma/bütünleştirme yoluyla eğitim gören özel gereksinimli öğrencilerin genel eğitim sınıflarında etkili biçimde yer alabilmesi, yalnızca yerleştirmeye değil, öğrenciye, aileye ve öğretmene sunulan destek hizmetlerinin niteliğine de bağlıdır. Destek eğitim hizmetleri, ihtiyaçlar doğrultusunda sınıf içinde veya dışında verilebilen personel, araç-gereç, eğitim ve danışmanlık hizmetlerini kapsamaktadır (Özaydın, 2020). Ancak kaynaştırma sınıflarında öğretmenlere sağlanan özel eğitim danışmanlığı ve sınıf içi yardım gibi okul destek hizmetlerinin sınırlı kaldığı belirtilmektedir (Aslan, 2023). Türkiye'de özel eğitim öğretmeni dışında özel eğitim danışmanı ya da öğretmen yardımcısı gibi bir meslek tanımı bulunmamakta, bu boşluğu çoğunlukla ailelerin finanse ettiği yardımcı kişiler doldurmaktadır; uygulamanın yaygınlaşmasında otizm eylem planında gölge öğretmenliğe yer verilmesinin de etkili olduğu düşünülmektedir (Özaydın, 2020). Kurtkapan (2023) bu alanda yetişmiş eleman ihtiyacına yanıt olarak 2020'den itibaren bazı üniversitelerde eğitim programları başlatıldığını ve gölge öğreticilik kurumunun geliştirilmekte olduğunu aktarmaktadır.

Bu destek alan yazında gölge öğretmen, öğretmen yardımcısı ve kolaylaştırıcı kişi gibi adlarla anılmakta, terimler birbirinin yerine kullanılmaktadır (İncekara ve Ulaş, 2024; Ünlü ve Günay, 2024). Görevler ise genel hatlarıyla şöyle sıralanmaktadır: Kurtkapan (2023) özel gereksinimli öğrenci ile akranları arasındaki etkileşimi yönlendirmeyi, koçluğu, davranış yönetimini, sosyal becerilerin geliştirilmesini ve takım çalışmasını; Özaydın (2020) derse katılımın sağlanmasını, akran etkileşiminin ve güvenliğin desteklenmesini ve öz bakım ihtiyaçlarının karşılanmasını öne çıkarmaktadır. Ünlü ve Günay'a (2024) göre rolün özü, öğrencinin işini onun yerine yapmak değil, en az yardım ve ipuçlarıyla kendi başına yapmasını sağlamaktır. Terim sorunu yalnızca bu adlandırmalarla sınırlı değildir. Aynı sözcük, iletişim güçlüğü yaşayan bireylerin bir kişinin fiziksel desteğiyle kendini yazılı olarak ifade etmesini hedefleyen "kolaylaştırılmış iletişim" yönteminde de kullanılmakta (Nuri, 2025), "gölge eğitim" ise özel ders ve dershane gibi okul dışı ek eğitim faaliyetlerini anlatan ayrı bir kavram olarak literatürde yer almaktadır (Kendirlioğlu Günhan ve Bümen, 2024). Bu çalışmada kolaylaştırıcı kişi, yalnızca okul ortamında kaynaştırma öğrencisini destekleyen kişi anlamında kullanılmıştır.

Uygulamanın politika çerçevesi Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) belgeleriyle şekillenmiştir. Ünlü ve Günay'a (2024) göre MEB Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 2020 tarihli yazısı, otizmli öğrencilerin aileleri ve BEP geliştirme birimi kararı doğrultusunda belirlenen kişilerin kolaylaştırıcı kişi olarak sınıf içi ve sınıf dışı öğrenciye yardımcı olmak üzere okulda bulunmasına olanak sağlamaktadır. Genel Müdürlük, 20 Aralık 2024'te uygulamanın kapsamını tüm yetersizlik türlerini içerecek biçimde genişlettiğini duyurmuştur (Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü [MEB ÖRGM], 2024b). 24 Aralık 2024 tarihli yazıya göre kolaylaştırıcının belirlenmesi ailenin teklifine ve BEP geliştirme biriminin kararına bağlıdır; destek esas olarak sınıf dışında verilir, yalnızca zorunlu ve acil durumlarda birim kararıyla kısa süreli sınıf içinde de verilebilir; izleme ve sonlandırma kararı da aynı birimindir (MEB ÖRGM, 2024a). Aile tarafından teklif edilecek kişiler için ise bir öncelik sırası belirlenmiştir: Özel eğitim, rehberlik, sınıf öğretmenliği, okul öncesi öğretmenliği, çocuk gelişimi ve sosyal hizmet gibi programların mezunları öncelikli, ilgili lisans programlarının 3. ve 4. sınıf öğrencileri sonraki sıralarda, anne, baba, vasi ve 18 yaşından büyük kardeş veya aile yakınları ise ancak diğer şartları taşıyan kişi bulunmadığında teklif edilebilir. Maaş, sigorta ve özlük haklarına ilişkin sorumluluk velidedir (MEB ÖRGM, 2024a).

Bu düzenleme hukuki ve toplumsal tartışmalara konu olmaktadır. Akar Muratoğlu (2026), kolaylaştırıcı desteğinin kamusal hizmet olarak sunumuna ilişkin açık ve bağlayıcı bir yasal çerçevenin bulunmadığını, finansmanın ailelere bırakılmasının eşitsizlik ve iş hukuku belirsizlikleri doğurduğunu savunmaktadır; Özaydın (2020) de hizmetten ailelerin ekonomik gücü oranında yararlanıldığını vurgulamaktadır. Alan yazın uygulamanın hukuki ve mali boyutuna ya da uygulayıcıların deneyimine odaklanmaktadır. Aslan (2023) adayların kolaylaştırıcı kullanımına yönelik öz yeterliğini ölçek aracılığıyla ele almakta, İncekara ve Ulaş (2024) özel eğitim öğretmenlerinin görüşlerini incelemekte ve uygulamanın cesaretlendirici gibi olumlu sonuçlarının yanında

öğrencinin bağımsızlığını engelleme ve sınıfta fazlalık gibi algılanma gibi sorunlarını bildirmektedir. Gelecekte aynı sınıflarda görev yapacak sınıf öğretmeni adaylarının uygulamayı nasıl tanımladığı, hangi sınırları gerekli gördüğü ve kendi sınıflarında destek isteyip istemediği ise nitel olarak yeterince incelenmemiştir.

Bu çalışmanın amacı, sınıf öğretmeni adaylarının kolaylaştırıcı kişi uygulamasına ilişkin görüşlerini incelemektir. Bu doğrultuda şu sorulara yanıt aranmıştır: (1) Sınıf öğretmeni adayları kolaylaştırıcı kişiyi nasıl tanımlamakta ve bu konudaki bilgilerini nasıl değerlendirmektedir? (2) Kolaylaştırıcı kişinin görev ve sınırlarını, öğrenciye, öğretmene ve diğer öğrencilere etkisini nasıl görmektedirler? (3) Öğretmen–kolaylaştırıcı kişi iş birliğini, kolaylaştırıcı kişide aranacak nitelikleri ve aile üyesinin bu rolü üstlenmesini nasıl değerlendirmektedirler? (4) Kolaylaştırıcı kişi olarak çalışma ve kendi sınıflarında kolaylaştırıcı kişi isteme konusundaki görüşleri ve öğretmen eğitiminde eksik gördükleri noktalar nelerdir?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Araştırma, katılımcıların bir olguya ilişkin görüşlerini kendi ifadeleriyle ortaya koymayı amaçladığından nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması ile desenlenmiştir. Yin,'e göre (2019) durum çalışması güncel bir olguyu, olgunun kendi gerçek yaşam bağlamı içinde çalıştığı; bağlam ile olgu arasındaki sınırların kesin hatlarla belirgin olmadığı durumlarda kullanılmaktadır.

2.2. Çalışma Grubu

Çalışma grubunu bir devlet üniversitesi eğitim fakültesinde öğrenim gören 41 sınıf öğretmeni adayı oluşturmaktadır. Katılımcılardan 31 kişi kadın, 10 kişi erkektir; 2. sınıfta 9, 3. sınıfta 13 ve 4. sınıfta 19 katılımcı bulunmaktadır. Çalışma grubunda özel eğitim veya kaynaştırmayla ilgili bir ders alan 27 katılımcı ile yakın çevresinde özel eğitim gereksinimi olan bir birey bulunduğunu belirten 6 katılımcı yer almaktadır (Tablo 1). Katılımcılar K1–K41 kodlarıyla anılmıştır.

Tablo 1. Katılımcıların Özellikleri

Değişken	Kategori	f	%
Cinsiyet	Kadın	31	75,6
	Erkek	10	24,4
Sınıf düzeyi	2. sınıf	9	22,0
	3. sınıf	13	31,7
	4. sınıf	19	46,3
Yakın çevrede özel gereksinimli birey bulunma durumu	Var	6	14,6
	Yok	35	85,4
Özel eğitim/kaynaştırma dersi alma durumu	Aldım	27	65,9
	Almadım	14	34,1

2.3. Veri Toplama Aracı ve Verilerin Toplanması

Veriler, kolaylaştırıcı kişi kavramının tanımı, bilgi kaynağı ve yeterliği, görev ve sınırlar, öğrenciye katkılar ve olası sakıncalar, öğretmene ve diğer öğrencilere etkisi, öğretmen–kolaylaştırıcı iş birliği, kolaylaştırıcı kişide aranan nitelikler ve aile üyesinin rolü, kolaylaştırıcı kişi olarak çalışma isteği ile kendi sınıfında kolaylaştırıcı kişi isteme ve öğretmen eğitiminde eksikler konularında on sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formuyla

toplanmıştır. Katılım gönüllülük esasına dayanmaktadır. Araştırma, Trakya Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'nun 23.10.2026 tarih ve E-29563864-050.04-1135922 sayılı kararı ile alınan etik onayı doğrultusunda yürütülmüştür.

2.4. Verilerin Analizi

Her soruya verilen yanıtlar ayrı ayrı okunmuş, anlam taşıyan ifadelere kod verilmiş; benzer kodlar kategorilerde, kategoriler de temalarda toplanmıştır (kod → kategori → tema). İlk kodlamada 180 kod oluşturulmuş, anlamca yakın kodlar birleştirilerek tablolar 120 koda indirilmiştir. Bir yanıt birden fazla anlam birimi içerebildiğinden bir katılımcı birden fazla kodda yer alabilmiştir. Frekans ve yüzde değerleri betimleyici amaçla verilmiş, bulgular katılımcı ifadelerinden alıntılarla desteklenmiştir. Veriler üzerinde tamamlanan kodlama işlemi araştırmacı tarafından tamamlandıktan sonra, bir alan uzmanı tarafından da verinin %20'sinin kodlanması sağlanmıştır. Her iki kodlama sonucu karşılaştırılarak görüş birliği ve görüş ayrılığı hesaplanmıştır. Miles ve Huberman'a ait (2015) uyum yüzdesi formülüne bağlı olarak araştırma kapsamında hesaplanan güvenirlik değeri %89 olarak bulunmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Kolaylaştırıcı Kişi Kavramının Tanımı

Sınıf öğretmeni adaylarının tanımları en sık "özel gereksinimli öğrenciye doğrudan destek" temasında toplanmıştır.

Tablo 2. Kolaylaştırıcı kişi kavramının tanımına ilişkin tespitler

Tema	Kod	f	%
Doğrudan destek	Sınıfa uyum ve akranlarla kaynaşma	16	39,0
	Birebir ilgi, ihtiyaç anında yardım, ortamı uyarlama	11	26,8
	Derse/etkinliğe katılımı ve öğrenmeyi kolaylaştırma	10	24,4
Öğretmene destek	Öğretmene yardım / yükünü hafifletme	11	26,8
	Öğretmenle iş birliği; veli–okul köprüsü	6	14,6
Rehberlik ve çerçeve	Rehberlik; bağımsızlığı destekleme	7	17,1
Genel/farklı anlama	Gölge/destek öğretmen adı; uzmanlık ve idari çerçeve	9	22,0
	Özel gereksinimden bağımsız genel yardımcı	5	12,2
	Sözcük anlamı/kişilik özelliğine dayalı tanım	3	7,3

Tablo 2'ye göre 16 katılımcı kolaylaştırıcı kişiyi öğrencinin sınıfa uyumunu ve akranlarıyla kaynaşmasını sağlayan kişi, 11 katılımcı (%26,8) kolaylaştırıcı kişiyi öğretmene yardım eden ve iş yükünü hafifleten kişi olarak görmektedir. Ayrıca 10 katılımcı derse ve etkinliklere katılımı kolaylaştıran kişi olarak tanımlamıştır. Rehberlik ve bağımsızlığı destekleme vurgusu daha azdır (f = 7). Buna karşılık 8 katılımcı (%19,5) kavramı özel gereksinimden bağımsız genel bir yardımcı olarak ya da sözcük anlamı veya kişilik özellikleri üzerinden tanımlamıştır. Örneğin bir katılımcı kolaylaştırıcı kişiyi *"derslere adapte olmasına, sınıf arkadaşlarıyla kaynaşmasına ve okul ortamına alışmasına yardımcı olan kişidir"* (K7; Erkek, 2. sınıf) biçiminde tanımlarken başka bir katılımcı *"fazla çaba harcamadan yararımıza bir şeylerin hallolması"* (K33; Kadın, 3. sınıf) ifadesini kullanmıştır.

3.2. Bilginin Kaynağı ve Yeterlik Algısı

Sınıf öğretmeni adaylarının kolaylaştırıcı kişiyle ilgili sahip oldukları bilginin kaynağı ve yeterlik algılarına yönelik görüşlerine ilişkin bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Bilgi kaynağı ve yeterlik algısına ilişkin tespitler

Tema	Kod	f	%
Bilgi kaynağı	Kapsayıcı eğitim / kapsayıcı dil öğretimi dersleri	13	31,7
	Özel eğitim, bireyselleştirme, alternatif eğitim dersleri	5	12,2
	Diğer dersler	17	41,5
	Öğretmenlik uygulaması gözlemi	1	2,4
Yeterlik algısı	Yetersiz	28	68,3
	Orta düzey / kısmen yeterli	6	14,6
	Yeterli	3	7,3
Yetersizlik gerekçesi	Derslerde yüzeysel/kuramsal kalma	9	22,0
	Uygulama, gözlem ve saha deneyimi eksikliği	9	22,0
	Rol, görev, yasal çerçeve ve araştırma eksikliği	4	9,8

Tablo 3'e göre çalışma grubunda 35 katılımcı (%85,4) uygulamayı lisans derslerinden öğrendiğini belirtmiş; yalnızca 1 katılımcı öğretmenlik uygulaması gözlemini kaynak göstermiştir. Bilgisini yetersiz bulanların sayısı 28 (%68,3), kısmen yeterli bulanların sayısı 6, yeterli bulanların sayısı 3 olmuştur. Özel eğitim veya kaynaştırma dersi aldığını belirten 27 katılımcıdan 21 katılımcı bilgisini yine de yetersiz bulmaktadır. Yetersizliğin temel gerekçesi uygulama, gözlem ve saha deneyimi eksikliğidir (f = 9); bunu bilginin derslerde yüzeysel veya kuramsal kalması izlemektedir (f = 9). Bir katılımcı durumu *"Gözlemleme şansım olsa daha iyi öğrenebileceğimi düşünüyorum"* (K22; Kadın, 4. sınıf) diyerek ifade etmiştir.

3.3. Görev, Sınır ve Etkiler

Sınıf öğretmeni adaylarının kolaylaştırıcı kişiyle ilgili görev, sınır ve etkilere yönelik görüşlerine ilişkin bulgular Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Görev, sınır ve etkilere yönelik görüşlere ilişkin tespitler

Tema	Kod	f	%
Görevler	Derse/etkinliğe katılımı destekleme	18	43,9
	Akran iletişimi, güvenli ortam, kriz ve davranış desteği	17	41,5
	Öğretmenle iş birliği, gözlem ve öneri	16	39,0
	Bağımsızlığı teşvik, desteği kademeli geri çekme	12	29,3
Sınırlar	Ders akışına/sınıf yönetimine müdahale etmeme; tek başına karar almama	17	41,5
	Öğretmenin rolünü üstlenmeme	12	29,3
	Öğrencinin yerine yapmama	11	26,8
Öğrenciye etki	Derse katılım, öğrenme ve birebir destek	23	56,1
	Sınıfa uyum, aidiyet, akran iletişimi, zorbalığın önlenmesi	18	43,9
	Bağımlılık, pasifleşme, izlenme rahatsızlığı	17	41,5
	Akranlardan uzaklaşma, farklı hissetme, dışlanma	17	41,5
	Güven, rahatlık ve özgüven	13	31,7
Öğretmene etki	Otorite sarsılması; rol/görev sınırının aşılması	20	48,8
	İş yükü azalması, zaman kazanma, kalabalık sınıf sorununun çözümü	19	46,3
	İletişim eksikliği, görev paylaşımı anlaşmazlığı, sorumluluk devri	11	26,8
Diğer öğrencilere etki	Dikkat dağılması	20	48,8
	Farkındalık, empati, farklılıklara saygı	12	29,3

Tablo 4 incelendiğinde, görev tanımında derse ve etkinliğe katılımı destekleme (f = 18), öğretmenle iş birliği (f = 16), akran iletişimi ve güvenli ortam (f = 17) ile bağımsızlığı teşvik etme (f = 12) öne çıkmaktadır. Rol ise daha çok sınırlar üzerinden tanımlanmıştır; ders akışına ve öğretmene müdahale etmeme (f = 17), öğretmenin rolünü üstlenmeme (f = 12) ve öğrencinin yerine yapmama (f = 11). İlk iki kod birlikte 29 katılımcıyı (%70,7) kapsamaktadır. Bir katılımcı sınırı *"ona yön vermek yerine ondan yön almalı"* (K35; Erkek, 2. sınıf) biçiminde çizmiştir.

3.4. İş Birliği, Nitelikler ve Aile Üyesinin Rolü

Sınıf öğretmeni adaylarının kaynaştırma sınıflarında, kolaylaştırıcı kişiyle yapılacak iş birliği, kolaylaştırıcı kişi olmak için gerekli görülen nitelikler ve aile üyelerinin bu durumdaki rolüne yönelik görüşlerine ilişkin bulgular Tablo 5'te sunulmuştur.

Öğrenciye katkı olarak derse katılım ve öğrenme (f = 23), güven ve rahatlık (f = 13) ile uyum ve aidiyet (f = 18) belirtilmiştir. En sık sakınca bağımlılık ve pasifleşmedir (f = 17); farklı hissetme ve dışlanma ile akranlardan uzaklaşma ise 17 katılımcı tarafından dile getirilmiştir. Bir katılımcı riski *"Sınıftakilerden farklı hissetme, kendini*

otekilestirme" (K8; Erkek, 3. sınıf) sözleriyle özetlemiştir. Öğretmen açısından en sık ifade edilen kolaylaştırıcı yön iş yükünün azalması ve kalabalık sınıf sorununun hafiflemesidir (f = 19); zorlaştırıcı yönlerin başında otorite sarsılması ve rol sınırının aşılması (f = 20) ile iletişim ve görev paylaşımı sorunları (f = 11) gelmektedir. Diğer öğrenciler açısından farkındalık ve empati (f = 12) beklenirken, dikkat dağılması en sık ifade edilen olumsuz etki olmuştur (f = 20, %48,8).

Tablo 5. İş birliği, nitelikler ve aile üyesinin rolüne yönelik görüşlere ilişkin tespitler

Tema	Kod	f	%
İş birliği	Birlikte planlama	21	51,2
	BEP'in birlikte hazırlanması	20	48,8
	Aile iletişiminin birlikte yürütülmesi	16	39,0
	Planlama öğretmen sorumluluğunda (kolaylaştırıcıya danışarak)	10	24,4
	Kuralları öğretmen belirler	7	17,1
Nitelikler	Özel eğitim öğretmeni/mezunu	24	58,5
	Sabır, anlayış, empati, merhamet	19	46,3
Aile üyesi	Olmamalı	25	61,0
	Koşullu (eğitim/yeterlik şartıyla)	7	17,1
	Olabilir	3	7,3
Aile gerekçeleri	Bağımlılık ve akran ilişkilerinin olumsuz etkilenmesi	14	34,1
	Tarafsızlık kaybı, kayırma	8	19,5
	Uzmanlık/eğitim eksikliği	7	17,1

Tablo 5'e göre iş birliğinde ders planının birlikte yapılması (f = 21), BEP'in birlikte hazırlanması (f = 20) ve aile iletişiminin ortak yürütülmesi (f = 16) en sık ifade edilen kodlardır. Buna karşın planlamanın öğretmende olması (f = 10) ve kuralların öğretmence belirlenmesi (f = 7) de dile getirilmiştir. Bir katılımcı beklentisini *"Herkesin görevinin baştan belli olduğu bir düzen isterim"* (K34; Kadın, 3. sınıf) biçiminde ifade etmiştir. Kolaylaştırıcı kişide en çok özel eğitim öğretmeni veya mezunu olma (f = 24, %58,5) ve sabır, anlayış, empati gibi nitelikler (f = 19) aranmaktadır. Aile üyesinin rolüne ilişkin olarak 25 katılımcı (%61,0) aile üyesinin kolaylaştırıcı olmaması gerektiğini, 7 katılımcı koşullu olabileceğini, 3 katılımcı olabileceğini belirtmiştir. Başlıca gerekçeler bağımlılık ve akran ilişkilerinin etkilenmesi (f = 14), tarafsızlık kaybı (f = 8) ve uzmanlık eksikliğidir (f = 7); bir katılımcı

görüşünü *"Aile üyeleri daha sabırsız ya da aşırı yumuşak olabiliyor"* (K30; Kadın, 4. sınıf) şeklinde ifade etmiştir.

3.5. Rol Alma İsteği ve Öğretmen Eğitiminde Eksikler

Sınıf öğretmeni adaylarının kolaylaştırıcı kişi olarak çalışmak isteme, sınıflarında kolaylaştırıcı kişi desteği isteme ve aldıkları eğitimdeki eksiklere yönelik görüşlerine ilişkin bulgular Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Rol alma isteği, kendi sınıfında kolaylaştırıcı kişi isteme ve eğitim eksiklerine yönelik görüşlere ilişkin tespitler

Tema	Kod	f	%
Rol alma isteği	İstemem	17	41,5
	İsterim; kendimi geliştirmem gerekir ya da kişisel koşullar elverirse	15	36,6
	İsterim (yeterli hissederek)	5	12,2
	Kararsız ya da ileride yeterlik kazanırsa	4	9,8
Yeterlik algısı	Yetersiz	26	63,4
	Kısmen yeterli	6	14,6
	Yeterli	3	7,3
Kendi sınıfında	İsterim	27	65,9
	Koşullu isterim	8	19,5
	Kararsızım / istemem	6	14,6
Eğitim eksikleri	Uygulamalı, saha ve staj temelli eğitim eksikliği	11	26,8
	Özel gereksinim türleri, etkinlik/materyal ve BEP bilgisi	8	19,5
	İletişim, sınıf ve kriz yönetimi	4	9,8

Tablo 6 incelendiğinde kolaylaştırıcı kişi olarak çalışmak isteyen 20 katılımcının (%48,8) olduğu; 17 katılımcının (%41,5) istemediği, 4 katılımcının ise kararsız kaldığı görülmektedir. Ayrıca 26 katılımcı (%63,4) kendini bu rol için yetersiz görmektedir; rolü isteyen 20 katılımcıdan 9'u kendini yetersiz, 6 katılımcı ise kısmen yeterli bulmaktadır. İsteme gerekçesi çoğunlukla eğitim ve deneyimle yeterlik kazanılabileceği inancıdır (f = 17); istememe gerekçelerinin başında bilgi, deneyim ve alan eğitimi eksikliği gelmektedir (f = 13). Bir katılımcı görüşünü *"Kendimi kolaylaştırıcı kişi olarak hayal etmekte güçlük çekiyorum"* (K7; Erkek, 2. sınıf) olarak ifade etmiştir.

Kendi sınıfında kolaylaştırıcı kişi bulunmasını 27 katılımcı (%65,9) kesin, 8 katılımcı koşullu istemektedir; 6 katılımcı kararsızdır ya da istememektedir. Kolaylaştırıcı kişi olmak istemeyen 17 katılımcıdan 9 katılımcı kendi sınıfında kolaylaştırıcı kişi istediğini, 3 katılımcı koşullu olarak istediğini belirtmiştir. Başlıca gerekçeler kalabalık sınıf, zaman ve ders akışı (f = 14) ile öğrenciye uzman ve bireysel destektir (f = 14). Öğretmen eğitiminde en çok eksik görülen, uygulamalı, saha ve staj temelli eğitimdir (f = 11, %26,8). Bir katılımcı bu eksiği *"3 seçmeli dersimiz dışında sadece 1 tane zorunlu özel eğitim dersimiz bulunmakta"* (K23; Kadın, 4. sınıf) cümlesiyle belirtmiştir.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmada öğretmen adaylarının kolaylaştırıcı kişiyi olumlu ve gerekli bir destek olarak gördüğü, ancak kavramın çerçevesi, rolün sınırları ve uygulamanın işleyişi konusunda belirsizlik yaşadığı ortaya çıkmıştır. Bulgular beş başlıkta tartışılmıştır.

4.1. Kavramsal Belirsizlik ve Rolün Çerçevesi

Çalışma grubunda 8 katılımcı kavramı özel gereksinimden bağımsız genel bir yardımcı olarak ya da sözcük anlamı üzerinden tanımlamıştır. Alan yazında ilgili kavramların birbirinin yerine kullanılması (İncekara ve Ulaş, 2024; Ünlü ve Günay, 2024) ile "kolaylaştırıcı" sözcüğünün kolaylaştırılmış iletişim yönteminde de kullanılması (Nuri, 2025) ve "gölge" sözcüğünün gölge eğitim kavramında farklı bir anlam taşıması (Kendirlioğlu Günhan ve Bümen, 2024) düşünüldüğünde, sınıf öğretmeni adaylarının belirsizliği bu terim çeşitliliğinden de beslenmiş olabilir. Bu yorum verilerle doğrudan sınanmamıştır; ancak terminolojinin öğretmen eğitiminde açıkça tanımlanması gerektiğine işaret etmektedir.

Sınıf öğretmeni adaylarının tanımlarında derse katılım ve sınıf içi destek öne çıkarken, MEB'in 2024 düzenlemesi kolaylaştırıcı kişinin esas olarak sınıf dışında destek vermesini vurgulamakta, sınıf içi desteği ise zorunlu ve acil durumlarla sınırlamaktadır (MEB ÖRGM, 2024a). Oysa Ünlü ve Günay'ın (2024) aktardığına göre 2020 tarihli yazı sınıf içi ve sınıf dışı desteğe olanak sağlamaktaydı; dolayısıyla öğretmen adaylarının sınıf içi odaklı kavramsallaştırması önceki düzenlemeyle daha uyumludur ve güncel çerçevenin tanınmadığını düşündürmektedir. Yasal çerçeveye ilişkin bilgi eksikliğini belirten katılımcı sayısı az olsa da (f = 4), bu çelişki öğretmen adaylarının resmî çerçeveyi yeterince bilmediğini düşündürmektedir. Özaydın'ın (2020) bulgularında da bir öğretmen yardımcısı, öğretmenlerin "ikinci öğretmen" algısıyla otorite kaybından çekindiğini ve kendisini ders esnasında değil daha çok teneffüs ve öğle aralarında istediğini belirtmiştir. Bu çalışmadaki 20 katılımcının (%48,8) otorite sarsılması ve rol sınırı aşımı kaygısı, bu bulguyla örtüşmektedir. İncekara ve Ulaş (2024) özel eğitim öğretmenlerinin görüşlerinde de kolaylaştırıcıların zaman zaman sınıf yönetimine müdahale etmesi ve sınıfta fazlalık gibi algılanması sorunlarını bildirmiştir. Adayların "öğretmene karışmama" ve "öğretmen rolünü üstlenmeme" vurgusu (f = 17 ve 12), Özaydın'ın (2020) katılımcılarının kolaylaştırıcıyı bağımsız bir eğitici olarak görmediği bulgusuyla uyumludur.

4.2. Bağımlılık ve Bağımsızlık Gerilimi

Sınıf öğretmeni adaylarından 17 kişi bağımlılığı sakınca olarak belirtmiş, bağımsızlık ve beceri gelişimini ise yalnızca 5 katılımcı katkı olarak saymıştır. Bu yaklaşım, kolaylaştırıcı kişinin rolünü öğrencinin yerine yapmak değil, ipucuyla yönlendirip bağımsız olmasını sağlamak olarak tanımlayan yaklaşımla (Kurtkapan, 2023; Ünlü ve Günay, 2024) örtüşmektedir. İncekara ve Ulaş (2024) özel eğitim öğretmenlerinden beşinin uygulamanın öğrencinin bağımsızlığını engelleyebileceğini belirttiğini, kendilerinin ise öğrencinin kolaylaştırıcıya kaygılı bağlanma geliştirebileceğini düşündüğünü bildirmektedir. Özaydın (2020) annelerin çocuklarının akran etkileşiminde yardımcıya bağımlı olmaması gerektiği yönündeki hassasiyetini ve desteğin aşamalı sonlandırılma planlarını raporlamıştır. Aynı olgunun hem uyum ve aidiyet katkısı (f = 18) hem de farklı hissetme ve dışlanma riski (f = 17) olarak yorumlanması, öğretmen adaylarının etkiyi uygulamanın yönetimine bağlı gördüğünü göstermektedir. Ünlü ve Günay (2024) da saha değerlendirmesinde bazı sınıflarda uygulamanın diğer öğrenciler tarafından ayrıcalık olarak algılandığını bildirmiştir.

4.3. Öğretmen ve Sınıf Üzerindeki Etkiler

Sınıf öğretmeni adaylarının öğretmen açısından en sık belirttiği yarar iş yükünün azalmasıdır (f = 19). Ünlü ve Günay (2024) da uygulamaya katılan öğretmenlerin onu rahatlatıcı bulduğunu, bazı öğretmenlerin ise sınıfta başka birinin bulunmasını dikkat dağıtıcı gördüğünü bildirmiştir. Bu çalışmada dikkat dağılması en sık ifade edilen olumsuz etkidir (f = 20). Ünlü ve Günay'ın (2024) bazı sınıflarda öğretmenlerin uygulamayı diğer

öğrencilere önceden açıkladığı bulgusu, adayların da sıkça işaret ettiği tanıtma gerekliliğini desteklemektedir. Özaydın (2020) ile İncekara ve Ulaş (2024) okulların ve öğretmenlerin yardımcı kişiyi kabul etmekte zorlanabildiğini bildirmektedir; adayların iletişim ve görev paylaşımı kaygısı (f = 11) bu bulguyla ilişkilidir.

4.4. Nitelik ve Aile Üyesinin Rolü

Sınıf öğretmeni adaylarının büyük çoğunluğu kolaylaştırıcı kişinin özel eğitim kökenli olmasını istemektedir (f = 24). İncekara ve Ulaş (2024) da uygulamayı yürütecek kişilerin başta özel eğitim alanı olmak üzere uygun bir akademik eğitim almış olmasının sistemin amaçlarına ulaşmasında etkili olabileceğini belirtmektedir. MEB'in düzenlemesi de aile tarafından teklif edilecek kişiler için özel eğitim, rehberlik, sınıf öğretmenliği ve çocuk gelişimi gibi alanlardaki mezunları öncelikli saymaktadır (MEB ÖRGM, 2024a). Katılımcılardan 25 kişinin (%61,0) aile üyesinin rolüne karşı çıkması, aile üyelerinin yönetmelikte diğer şartları taşıyan kişi bulunmadığında teklif edilebilecek son seçenek olmasıyla (MEB ÖRGM, 2024a) yönlendirme açısından benzerlik göstermektedir; adayların gerekçeleri (bağımlılık, kayırma, rol karmaşası) bu sıralamanın pedagojik mantığına ışık tutabilir.

4.5. Yeterlik, İstek ve Öğretmen Eğitimi

28 öğretmen adayı (%68,3) bilgisini yetersiz bulmuş, ders almış olanların da büyük bölümü yetersizlik bildirmiştir. Bu durum Ünlü ve Günay'ın (2024) uygulamaya katılan sınıf öğretmenlerinin yaklaşık dörtte üçünün lisansta kaynaştırma dersi almadığı ve önemli bir bölümünün yeterli olmadığını belirttiği bulgusunun gelecekteki öğretmenler için de geçerli olabileceğini düşündürmektedir. Adayların en sık ifade ettikleri eksik, uygulamalı ve staj temelli eğitim (f = 11), İncekara ve Ulaş'ın (2024) formasyon dersleri eklenmesi ve uygulamanın süpervizyon ve staj gibi uygulamalarla desteklenmesi yönündeki görüşleriyle örtüşmektedir. Katılımcılar arasında yeterlik algısının düşüklüğüne rağmen rolü isteyenlerin çokluğu (20 katılımcı), eğitimle yeterlik kazanılabileceği inancıyla açıklanabilir. MEB'in düzenlemesinde ilgili lisans programlarının 3. ve 4. sınıf öğrencileri de kolaylaştırıcı olarak teklif edilebilmektedir (MEB ÖRGM, 2024a); bu çalışmanın 32 katılımcısı bu sınıf düzeylerindedir ve 26 katılımcı kendini bu rol için yetersiz görmektedir. Bu nedenle uygulamanın gerektirdiği hazırlığın, adayların kendi algıladıkları yeterlikle birlikte ele alınması gerekmektedir. Kendisi rol almak istemeyen adayların büyük çoğunluğunun kendi sınıfında destek istemesi, kolaylaştırıcı kişinin "başkasının üstlenmesi beklenen" bir destek olarak görüldüğünü düşündürmektedir.

Sonuç olarak; sınıf öğretmeni adayları kolaylaştırıcı kişiyi öğrencinin sınıfa uyumunu, derse katılımını ve akran ilişkilerini destekleyen, öğretmene yardımcı bir figür olarak görmektedir. Öğretmen adaylarının çoğu bilgisini yetersiz bulmakta ve bu yetersizliği uygulama deneyimi eksikliğine bağlamaktadır. Rolün sınırları öğretmen merkezli çizilmekte; en önemli riskler öğrencinin bağımlılığı, öğretmenin otoritesinin sarsılması ve sınıfta dikkatin dağılması olarak görülmektedir. Katılımcıların çoğu kolaylaştırıcı kişinin özel eğitim kökenli olmasını ve aile üyesi olmamasını tercih etmektedir. Kendisi kolaylaştırıcı kişi olmak istemeyenler dahil adayların büyük bölümü kendi sınıfında bu desteği istemektedir. Bulgular, uygulamanın başarısının kavramsal çerçevenin açık tanımlanmasına, rol sınırlarının net belirlenmesine ve öğretmen yetiştirme programlarında uygulamalı hazırlığa bağlı olduğunu göstermektedir.

Sonuçlardan hareketle, **ö**ğretmen yetiştirme programlarında kolaylaştırıcı kişi, gölge öğretmen ve öğretmen yardımcısı kavramlarının tanımı, MEB'in güncel düzenlemesi (BEP geliştirme biriminin rolü, sınıf dışı destek esası, istisnai sınıf içi destek, öncelik sırası) açık biçimde öğretilmesi önerilmektedir. Kaynaştırma ve özel eğitim derslerinin kuramsal içeriği vaka çalışması, gözlem ve staj temelli uygulamalarla desteklenmelidir. Okullarda kolaylaştırıcının diğer öğrencilere ve öğretmene tanıtılması, öğretmen–kolaylaştırıcı kişi iş birliği ve görev paylaşımının yazılı olarak belirlenmesi önerilmektedir. Uygulamanın finansmanı ve hukuki statüsüne ilişkin tartışmalar politika yapıcılar tarafından izlenmeli, uygulamanın erişimde eşitlik açısından değerlendirilmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Akar Muratoğlu, B. (2026). Özel eğitimde kolaylaştırıcı kişi (gölge öğretmen) desteğinin devlet tarafından okullarda özel eğitim öğretmenleri (NCE) başta olmak üzere ücretsiz sağlanması gerekliliğinin ulusal ve uluslararası mevzuatlar kapsamında hukuki boyutu. *Gordion Sosyal Bilimler Dergisi, 1*(2), 85–94.

Aslan, M. (2023). *Öğretmen adaylarının ortaokullarda kolaylaştırıcı kişi uygulamasına yönelik yeterliliklerinin belirleme ölçeği geliştirme çalışması* [Yüksek lisans tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi].

İncekara, H. İ. ve Ulaş, E. (2024). Yeni bir kavram: Özel gereksinim temelli dezavantajlı bireylere yönelik kolaylaştırıcı kişi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 25*(4), 403–417. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.1270055

Kendirlioğlu Günhan, N. ve Bümen, N. T. (2024). Türkiye'de gölge eğitim üzerine bir meta sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 62*, 179–214. https://doi.org/10.9779/pauefd.1277613

Kurtkapan, H. (2023). Özel gereksinimli bireyler için okullarda gölge öğreticilik. *Muhakeme Dergisi, 6*(2), 50–57. https://doi.org/10.33817/muhakeme.1393589

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2015). *Nitel veri analizi: Genişletilmiş bir kaynak kitap* (S. Akbaba Altun & A. Ersoy, Çev. Ed.). Pegem Akademi.

Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2024a, 24 Aralık). *Kolaylaştırıcı kişi* (Sayı: E-10096465-020-122666964) [Resmî yazı].

Millî Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2024b, 20 Aralık). *Kolaylaştırıcı kişi uygulamasının kapsamı genişletildi* [Duyuru]. https://orgm.meb.gov.tr/www/kolaylastirici-kisi-uygulamasinin-kapsami-genisletildi/icerik/3035

Nuri, C. (2025). Kolaylaştırılmış iletişim (kolaylaştırıcı kişi): Tarihsel gelişim, savunucular ve karşıt görüşler üzerine bir derleme. *Turkish Special Education Journal: International, 7*(1), 91–108.

Özaydın, L. (2020). Kaynaştırma uygulamalarında öğretmen yardımcısının görevlerine ilişkin paydaş görüşleri: Karma yöntem çalışması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi, 21*(3), 561–587. https://doi.org/10.21565/ozelegitimdergisi.563242

Ünlü, E. ve Günay, B. (Ed.). (2024). *Otizm ve kolaylaştırıcı kişi: Destekleyici bir yaklaşım*. Vize Akademik.

Yin, R. K. (2019). *Durum çalışması araştırması ve uygulamaları: Tasarım ve yöntemler* (C. Gerçek, Çev. Ed.). Nobel Akademik Yayıncılık.

FİNANSAL OKURYAZARLIĞIN MATEMATİK VE OKUMA BECERİLERİ TARAFINDAN YORDANMA DÜZEYİNİN İNCELENMESİ

Dr. Sema DURAN BAYTAR 1/ Prof. Dr. İbrahim COŞKUN 2/ Doç. Dr. Gökhan ILGAZ 3

1Trakya Üniversitesi, Sınıf Eğitimi AD, semadrn@gmail.com, 0000-0001-7908-0995

2Trakya Üniversitesi, Sınıf Eğitimi AD, ibrahimcoskun@trakya.edu.tr, 0000-0002-6270-7613

3Trakya Üniversitesi, Eğitim Programları ve Öğretim AD, gokhani@trakya.edu.tr, 0000-0001-8988-5279

Özet

Bu araştırmada, 15 yaşındaki öğrencilerin finansal okuryazarlık puanlarının matematik ve okuma puanları tarafından yordanma düzeyi incelenmiştir. Çalışma, nicel araştırma tasarımlarından ilişkisel tarama modelinde kurgulanmıştır. Araştırmanın evrenini ve örneklemini, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından yürütülen PISA 2022 uluslararası geniş ölçekli değerlendirme çalışmasına katılan ve finansal okuryazarlık opsiyonunu uygulayan ülkelerin öğrencileri oluşturmaktadır. Veri analizi sürecinde, PISA veri setlerinin iki aşamalı tabakalı örnekleme yapısı dikkate alınmıştır. Karmaşık örnekleme yapısı ve olası değerler (plausible values) dikkate alınarak analizler IEA IDB Analyzer yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulgularına göre, analize katılan tüm ülkelerde ve genel ortalamada finansal okuryazarlığı yordayan matematik ve okuma modelleri istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0.001$) bulunmuştur. Tüm ülkelerin ortalamasında açıklanan varyans $R^2 = 0.80$ olarak saptanmıştır. Bu durum matematik ve okuma puanlarının finansal okuryazarlık varyansının %80'ini ortaklaşa açıkladığını göstermektedir. Modelin en yüksek varyans açıkladığı ülkeler Hollanda, ABD, Belçika ve Avusturya olurken; en düşük olduğu ülkeler İtalya ve Norveç'tir. Standardize edilmiş regresyon katsayıları incelendiğinde, finansal okuryazarlığın en baskın yordayıcısının ortalama $\beta = 0.536$ ile matematik performansı olduğu; okuma becerilerinin de modele ortalama $\beta = 0.401$ düzeyinde pozitif ve anlamlı bir katkı sunduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, öğrencilerin finansal okuryazarlık düzeylerinin gelişiminde matematiksel yetkinliklerin yanı sıra okuma becerilerinin de kritik bir yordayıcı olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Finansal okuryazarlık, matematik, okuma, PISA.

EXAMINING THE EXTENT TO WHICH FINANCIAL LITERACY IS PREDICTED BY MATHEMATICS AND READING SKILLS

PhD. Sema DURAN BAYTAR 1/ Prof. Dr. İbrahim COŞKUN 2/Assoc. Prof. Dr. Gökhan ILGAZ 3

1Trakya University, The Department of Primary School Education, semadrn@gmail.com, 0000-0001-7908-0995

2Trakya University, The Department of Primary School Education, ibrahimcoskun@trakya.edu.tr, 0000-0002-6270-7613

3Trakya University, The Department of Educational Programs and Instruction, gokhani@trakya.edu.tr, 0000-0001-8988-5279

Abstract

This study examined the extent to which the financial literacy scores of 15-year-old students are predicted by their mathematics and reading scores. The study was designed according to the correlational survey model, one of the quantitative research designs. The population and sample of the study consisted of students from the countries that participated in PISA 2022, the large-scale international assessment conducted by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), and that administered the financial literacy option. In the data analysis process, the two-stage stratified sampling structure of the PISA datasets was taken into account. The analyses were conducted using the IEA IDB Analyzer software, accounting for the complex sampling design and plausible values. According to the findings, the mathematics and reading models predicting financial literacy were statistically significant ($p < 0.001$) in all of the countries included in the analysis and in the overall average. The explained variance across the average of all countries was found to be $R^2 = 0.80$, indicating that mathematics and reading scores jointly account for 80% of the variance in financial literacy. The countries in which the model explained the highest variance were the Netherlands, the United States, Belgium, and Austria, whereas the countries with the lowest values were Italy and Norway. When the standardized regression coefficients were examined, mathematics performance was found to be the most dominant predictor of financial literacy, with a mean $\beta = 0.536$, while reading skills made a positive and significant contribution to the model at a mean level of $\beta = 0.401$. In conclusion, it was shown that, in addition to mathematical competencies, reading skills are also a critical predictor in the development of students' financial literacy levels.

Keywords: Financial literacy, mathematics, reading, PISA.

1. GİRİŞ

Bireylerin ve toplumun finansal refahını iyileştirmeyi ve ekonomik hayata aktif katılımı sağlamayı amaçlayan Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'ne (OECD, 2024a) göre finansal okuryazarlık, finansal kavramlar ve riskler hakkında bilgi ve anlayışa sahip olmanın yanı sıra bu anlayışı çeşitli finansal bağlamlarda etkili kararlar almak için uygulama becerisi ve tutumlarını da içermektedir. Finansal becerilerin ve finansal okuryazarlık düzeyinin düşüklüğünün 2008 finansal krizinin derinleşmesinde ve uzamasında önemli rol oynadığı ifade edilmektedir (Kovács ve Sütő, 2020). Bu süreçte birçok ülke, OECD'nin 2005 yılında üye ülkelere vatandaşlarını yaşamlarının her evresinde finansal konularda eğitmelerini önermesinin ardından, genç nesillere yönelik girişimleri öne çıkarmıştır (Cordero ve Pedraja, 2019). Finansal okuryazarlık, 2012 yılında PISA'ya isteğe bağlı bir bileşen olarak eklenmiş ve değerlendirme 2012, 2015, 2018 ve 2022'de olmak üzere dört kez uygulanmıştır. PISA 2022'de 20 ülkeden yaklaşık 100.000 öğrenci finansal okuryazarlık değerlendirmesine katılmış; OECD ülkelerinde öğrencilerin ortalama %18'i ihtiyaç ile istek arasındaki farkı ayırt edebilen ve gündelik harcamalara ilişkin basit kararlar alabilen Düzey 1 ve altında kalmıştır (OECD, 2024b).

Ülkeler bu beceriyi geliştirmek için farklı politika ve uygulamalar benimsemiştir. PISA 2022'ye katılan 20 ülkenin 15'inde finansal okuryazarlığa yönelik ulusal bir strateji bulunmakta ve bunların çoğunda gençler özel hedef grup olarak belirlenmektedir. Ayrıca tüm katılımcı ülkeler finansal okuryazarlık konularını okul programına ya da okul içi ders dışı etkinliklere dâhil etmeye başlamıştır (OECD, 2024b). Çek Cumhuriyeti finansal eğitimi 2009'da liselerin, 2013'te ilköğretimin çerçeve programına yerleştirerek bu alanda zorunlu öğretime geçen ilk ülkeler arasına girmiştir (Mohelska ve Zubr, 2019). Macaristan 2017–2023 dönemi için finansal okuryazarlığı geliştirme stratejisi belirlemiş ve PÉNZ7 programıyla her yıl yaklaşık 250.000 öğrenciye ulaşmıştır (Kovács ve Sütő, 2020). Suudi Arabistan'da Vizyon 2030, finansal farkındalığın tüm yaş gruplarında artırılmasını ve tasarruf kültürünün güçlendirilmesini hedeflemektedir (Aldossary vd., 2025). Bu sebeple ortaöğretimde 2022–2023 eğitim-öğretim yılında finansal okuryazarlık dersi uygulamaya konmuştur (Ammer ve Aldhyani, 2022). Ülkeler finansal okuryazarlığı çoğunlukla ayrı bir ders olarak değil, mevcut derslerin içinde ele almaktadır; örneğin Portekiz 2018'den itibaren bu konuyu zorunlu vatandaşlık eğitimi dersi içinde, Peru ise 2016'dan itibaren bir program yeterliği kapsamında okutmakta, ABD'de 2024 itibarıyla 35 eyalet mezuniyet için kişisel finans dersi şartı koşmaktadır (OECD, 2024b).

Finansal okuryazarlık matematik ve okuma becerileriyle yakından ilişkilidir. PISA 2022'de OECD genelinde ortalama puanlar 2018'e kıyasla okumada 10, matematikte yaklaşık 15 puan düşmüş ve her dört öğrenciden biri matematik, okuma ve fen alanlarının üçünde de düşük performans göstermiştir. Aynı raporda finansal okuryazarlık ile matematik arasındaki korelasyon 0,87, okuma ile arasındaki korelasyon ise 0,83 bulunmuştur (OECD, 2024b). Perulu öğrencilerle yapılan bir çalışmada da matematik ve okuma başarısının finansal yeterliğin en güçlü yordayıcıları olduğu saptanmıştır (Bazán-Ramírez vd., 2025). Okuma becerileri ülkeler arasında belirgin biçimde farklılaşmaktadır: Norveç PISA 2012'de okumada AB ortalamasının üzerinde puan alırken (Garbe vd., 2016), PISA'ya ilk kez 2018'de katılan Suudi Arabistan'ın okuma ortalaması OECD ortalamasının altında bulunmuştur (Alharbi, 2022). Alan yazın tarandığında PISA finansal okuryazarlık verilerinin sınırlı ölçüde kullanıldığı; çalışmaların çoğunlukla tek bir ülkeye odaklandığı saptanmıştır. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde finansal okuryazarlık, okuma becerileri arasında tanımlanmıştır. Modelde finansal okuryazarlık; finansal planlama yapma ve finansal karar alma, borçlanma araçlarını ve kurumlarını değerlendirme ve yönetme ile finansal teknolojileri tanıma, kullanma ve risklerini algılama süreç bileşenleriyle ele alınmaktadır (MEB, 2024). Ayrıca Milli Eğitim Bakanlığı ile Sermaye Piyasası Kurulu'nun (SPK) ortak yürüttüğü çalışma kapsamında, 24 Mart 2026 tarihinde temel eğitim ve ortaöğretimdeki tüm okullarda ilk ders "finansal okuryazarlık" dersi olarak işlenmiştir (MEB, 2026). Bu araştırmada kullanılan PISA 2022 verileri söz konusu uygulamadan önce toplanmış olup Türkiye, PISA 2022 finansal okuryazarlık modülüne katılmamıştır. Bununla birlikte, finansal okuryazarlığın eğitim politikalarında artan görünürlüğü, Türkiye'nin ilerleyen PISA uygulamalarında bu modüle katılabileceğini

düşündürmektedir. Bu nedenle modüle katılan ülkelerin verilerine dayalı olarak finansal okuryazarlığın matematik ve okuma becerileri tarafından yordanma düzeyini incelemek, Türkiye'deki politika ve uygulamalara yönelik karşılaştırmalı bir temel sunması bakımından önemlidir. Bu çalışma, PISA 2022 finansal okuryazarlık modülüne katılan 20 ülkenin verilerinden hareketle finansal okuryazarlığın matematik ve okuma becerileri tarafından yordanma düzeyini incelemeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Bu araştırmada, 15 yaşındaki öğrencilerin finansal okuryazarlık puanlarının matematik ve okuma puanları tarafından yordanma düzeyini incelemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon analizi (Multiple Linear Regression) kullanılmıştır. Araştırma kapsamında kullanılan veriler, Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kurumu (IEA) tarafından geliştirilen IEA IDB Analyzer yazılımı aracılığıyla analiz edilmiştir.

2.1. Araştırma Modeli

Çalışma nicel tasarımda olup; ilişkisel tarama modelidir. Çoklu doğrusal regresyon analizine dayalı bu çalışmada birden fazla yordayıcı (bağımsız) değişkenin tek bir yordanan (bağımlı) değişken üzerindeki ortak ve ayrı ayrı etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada yordanan değişken PISA 2022 finansal okuryazarlık puanlardır. Yordayıcı Değişkenler (Bağımsız Değişkenler) ise PISA 2022 matematik okuryazarlığı puanları ve okuma becerisi puanlarıdır.

2.2. Evren ve Örneklem

Araştırmanın verileri, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından yürütülen PISA 2022 (Programme for International Student Assessment) uluslararası geniş ölçekli değerlendirme çalışmasından elde edilmiştir. PISA 2022 zorunlu eğitimin sonuna yaklaşmış olan 15 yaş grubundaki öğrencilerin, modern toplumların karşılaştığı gerçek yaşam zorluklarıyla başa çıkabilme bilgi ve becerilerini uluslararası karşılaştırılabilir standartlarda ölçmektedir. Finansal okuryazarlık alt örneklemi, PISA 2022 döngüsünde bu uluslararası opsiyona katılan ekonomi ve ülkelerden toplanan verileri kapsamaktadır.

2.3. Veri Analizi

PISA veri setlerinin yapısı gereği, örneklem tasarımı iki aşamalı tabakalı örnekleme yöntemine dayanır (birinci aşamada okullar, ikinci aşamada ise okul içinden öğrenci seçimi). Bu doğrultuda analizler gerçekleştirilirken, öğrenci ve okul düzeyindeki olasılıklı örnekleme yapısının korunması; eksik veri telafisi ve ulusal düzeyde yansız ve güvenilir parametre tahminlerinin elde edilmesi amacıyla PISA teknik standartlarına uygun olarak öğrenci nihai ağırlıkları (W_FSTUWT) ve tekrarlı ölçüm varyans hesaplamalarında kullanılan Fay (Fay's Balanced Repeated Replication-BRR) ya da Jackknife dengeleme ağırlıkları işe koşulmuştur. Veri setinin karmaşık örnekleme (complex sampling) yapısına ve çoklu atama (plausible values) metodolojisine uygun olarak, istatistiksel işlemler IEA IDB Analyzer yazılımı ile gerçekleştirilmiş; parametre tahminleri ve standart hatalar bu doğrultuda raporlanmıştır.

Çoklu doğrusal regresyon analizine geçilmeden önce modelin doğrusal regresyon varsayımlarını karşılayıp karşılamadığı test edilmiştir. Değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) sorununun belirlenmesi amacıyla VIF (Variance Inflation Factor) ve tolerans (tolerance) değerleri incelenmiştir. Analiz sonucunda tüm ülkeler için VIF değerlerinin 5'ten küçük (VIF < 5.0) ve tolerans değerlerinin 0.20'den büyük olduğu saptanmıştır. Bu bulgular, yordayıcı değişkenler olan matematik performansı ve okuma becerileri arasında analizi olumsuz etkileyecek düzeyde bir çoklu doğrusal bağlantı sorununun bulunmadığını ve verilerin regresyon analizi için uygun olduğunu göstermektedir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, PISA 2022 finansal okuryazarlık modülüne katılan 20 ülke ve ekonomide 15 yaş grubu öğrencilerinin finansal okuryazarlık (PV_FLIT) puanlarının matematik (PV_MATH) ve okuma (PV_READ) puanları tarafından yordanmasına ilişkin bulgular, araştırma sorularına göre sunulmaktadır. Her ülke için finansal okuryazarlık puanının matematik ve okuma puanları üzerine regresyonunu veren çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuş, ayrıca ülke ortalamaları hesaplanmıştır. Tablo 1'de ülkelere ait açıklanan varyans oranı (R^2), standardize katsayılar (β) ve sabit terimler yer almaktadır.

3.1. Matematik ve Okuma Becerilerinin Finansal Okuryazarlığı Birlikte Yordama Düzeyi

Ülke ortalaması modelinde matematik ve okuma becerileri birlikte finansal okuryazarlık puanlarındaki varyansın yaklaşık %80'ini açıklamıştır ($R^2 = 0,80$). Tüm ülkelerde ve ortalamada modeller $p < 0,001$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. R^2 değeri Hollanda'da en yüksek (0,857), İtalya ve Norveç'te en düşük (0,734) olmuş; hiçbir ülkede 0,73'ün altına düşmemiştir. Hollanda'yı ABD (0,840), Belçika (0,834) ve Avusturya (0,831) izlemiştir; Suudi Arabistan'da R^2 değeri 0,740'tır. Başka bir deyişle ülkeler arasındaki farklar küçük, açıklama gücü ise her ülkede yüksektir.

Tablo 1. Ülkelere göre finansal okuryazarlığın matematik ve okuma puanları tarafından yordanması

Countries	Factors	B	SE	*β*	*t*	R^2
Austria	CONSTANT	10,342	5,923			0,831
	PV_MATH	0,603	0,019	0,534	31,377***	
	PV_READ	0,423	0,019	0,417	23,196***	
Belgium	CONSTANT	57,644	6,427			0,834
	PV_MATH	0,581	0,018	0,579	30,600***	
	PV_READ	0,367	0,020	0,374	18,886***	
Brazil	CONSTANT	-15,844	6,009			0,765
	PV_MATH	0,663	0,030	0,496	23,246***	
	PV_READ	0,444	0,022	0,425	20,756***	
Bulgaria	CONSTANT	26,498	5,926			0,812
	PV_MATH	0,560	0,021	0,524	28,376***	
	PV_READ	0,410	0,020	0,416	21,598***	
Canada	CONSTANT	43,170	5,478			0,769
	PV_MATH	0,593	0,018	0,551	35,675***	
	PV_READ	0,359	0,015	0,374	23,391***	
Costa Rica	CONSTANT	-29,947	6,512			0,811
	PV_MATH	0,757	0,029	0,576	25,701***	
	PV_READ	0,382	0,026	0,371	16,603***	
Czech Republic	CONSTANT	22,273	6,861			0,794
	PV_MATH	0,617	0,023	0,573	28,725***	
	PV_READ	0,376	0,023	0,359	17,597***	
Denmark	CONSTANT	27,280	8,097			0,814
	PV_MATH	0,626	0,027	0,567	22,979***	
	PV_READ	0,384	0,025	0,380	15,353***	
Hungary	CONSTANT	30,729	7,226			0,823
	PV_MATH	0,628	0,023	0,595	27,461***	

	PV_READ	0,347	0,024	0,345	15,476***	
Italy	CONSTANT	52,490	7,485			0,734
	PV_MATH	0,522	0,021	0,518	26,382***	
	PV_READ	0,386	0,022	0,388	18,285***	
Malaysia	CONSTANT	-35,304	5,983			0,825
	PV_MATH	0,648	0,025	0,547	28,064***	
	PV_READ	0,459	0,023	0,434	20,827***	
Netherlands	CONSTANT	26,388	7,088			0,857
	PV_MATH	0,616	0,024	0,571	25,891***	
	PV_READ	0,397	0,023	0,388	17,194***	
Norway	CONSTANT	41,508	6,112			0,734
	PV_MATH	0,464	0,025	0,404	18,841***	
	PV_READ	0,483	0,019	0,502	24,149***	
Peru	CONSTANT	10,436	5,598			0,825
	PV_MATH	0,523	0,022	0,452	22,402***	
	PV_READ	0,506	0,025	0,498	24,932***	
Poland	CONSTANT	43,934	6,537			0,807
	PV_MATH	0,590	0,023	0,564	27,038***	
	PV_READ	0,358	0,021	0,377	17,643***	
Portugal	CONSTANT	62,458	7,890			0,786
	PV_MATH	0,516	0,025	0,514	23,946***	
	PV_READ	0,400	0,021	0,416	18,369***	
Saudi Arabia	CONSTANT	12,664	7,658			0,74
	PV_MATH	0,528	0,031	0,429	18,991***	
	PV_READ	0,506	0,023	0,484	21,745***	
Spain	CONSTANT	73,186	5,727			0,76
	PV_MATH	0,628	0,023	0,636	31,251***	
	PV_READ	0,248	0,020	0,273	12,343***	
United Arab Emirates	CONSTANT	6,154	5,413			0,80
	PV_MATH	0,641	0,019	0,544	38,657***	
	PV_READ	0,381	0,013	0,390	27,968***	
United States	CONSTANT	26,229	5,915			0,84
	PV_MATH	0,612	0,022	0,556	29,030***	
	PV_READ	0,384	0,019	0,402	20,301***	
Average	CONSTANT	24,614	1,463			0,80
	PV_MATH	0,596	0,005	0,536	118,747***	
	PV_READ	0,400	0,005	0,401	86,650***	

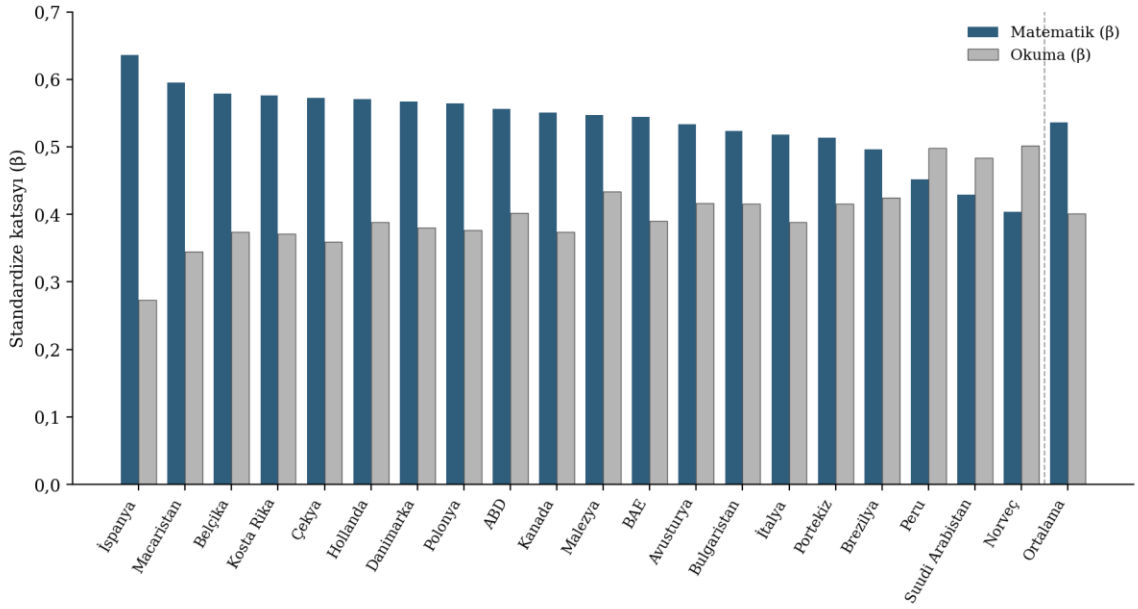
** $p < 0.05$ ($t_{critical} = 1.96$); ** $p < 0.01$ ($t_{critical} = 2.58$); *** $p < 0.001$ ($t_{critical} = 3.29$)*

3.2. Matematik ve Okumanın Göreli Katkısı

Ülke ortalamasında matematik katsayısı (β = 0,536; t = 118,75; p < 0,001) okuma katsayısından (β = 0,401; t = 86,65; p < 0,001) yüksektir. Matematik katsayısı ülkelere göre 0,404 ile 0,636, okuma katsayısı 0,273 ile 0,502 arasında değişmiş (Şekil 1) ve matematik katsayısı 20 ülkenin 17'sinde okuma katsayısından büyük bulunmuştur. En yüksek matematik katsayıları İspanya (0,636), Macaristan (0,595), Belçika (0,579) ve Kosta Rika'da (0,576) görülmüş; matematik ile okuma katsayıları arasındaki fark en fazla İspanya'da ortaya çıkmıştır (0,636'ya karşı 0,273). Standardize edilmemiş katsayılar incelendiğinde Kosta Rika (B = 0,757) ve Brezilya'da (B = 0,663) matematik katsayısının yüksek olduğu görülmüştür.

Norveç, Peru ve Suudi Arabistan'da bu örüntü tersine dönmüş, okuma katsayısı matematik katsayısını aşmıştır (sırasıyla 0,502'ye karşı 0,404; 0,498'e karşı 0,452; 0,484'e karşı 0,429).

Şekil 1. Ülkelere göre matematik ve okuma için standardize regresyon katsayıları (β)



3.3. Sabit Terimler

Modeldeki sabit terimler ülkelerin genel eğilimlerine göre farklılık göstermektedir. Sabit terim İspanya (73.19), Portekiz (62.46), Belçika (57.64) ve İtalya (52.49) gibi ülkelerde yüksek ve pozitif çıkarırken; Malezya (-35.30), Kosta Rika (-29.95) ve Brezilya (-15.84) gibi ülkelerde negatif değerler almıştır. Bu durum, yordayıcılar sıfır olduğunda ülkeler arasındaki temel başlangıç seviyesi farklılıklarını ve kültürel/eğitsel bağlam değişimlerini yansıtmaktadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma, PISA 2022 verilerinde 15 yaş grubunda matematik ve okuma becerilerinin finansal okuryazarlığı ne ölçüde yordadığını 20 ülke için incelemiştir. Matematik ve okuma becerileri, 15 yaş grubunda finansal okuryazarlık puanlarındaki varyansın yaklaşık %80'ini açıklamış ve açıklama gücü hiçbir ülkede 0,73'ün altına düşmemiştir. Elde edilen R^2 değeri, OECD (2024b) raporundaki sonuçlarla örtüşmektedir. Raporda finansal okuryazarlık ile matematik arasındaki korelasyonun 0,87, okuma ile arasındakinin 0,83 olduğu bildirilmektedir. Dört PISA turunu birlikte inceleyen Oberrauch vd. (2024) da modele matematik ve okuma puanları eklendiğinde düzeltilmiş R^2 değerinin 0,17–0,28 aralığından 0,71–0,83 aralığına yükseldiğini göstermiştir. Perulu öğrencilerle yapılan çok düzeyli bir analizde matematik ve okuma başarısı finansal yeterliğin en güçlü yordayıcıları olarak

bulunmuş (Bazán-Ramírez vd., 2025); PISA 2012 verilerine dayanan çok ülkeli bir çalışmada ise diğer değişkenler kontrol edildiğinde her iki becerinin de tüm ülkelerde finansal okuryazarlık puanıyla pozitif ve anlamlı biçimde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Salas-Velasco vd., 2021).

Öte yandan R^2 değerinin 1,00'a ulaşmaması önemlidir. OECD (2024b), farkın yaklaşık beşte birinin matematik ve okumadan bağımsız olduğunu, finansal okuryazarlıkta üst düzey performans gösteren öğrencilerin %47'sinin matematikte, %59'unun ise okumada üst düzey performans göstermediğini bildirmektedir. Zentai ve Molnárné Kovács (2024) de finansal okuryazarlığın sayısal beceri ve zekâdan ayrı bir yapı olduğunu belirtmektedir. Finansal okuryazarlık bu nedenle temel akademik becerilere dayanmakla birlikte, risk-getiri ilişkisi, kısa ve uzun vadeli kararlar ya da dolandırıcılığı fark etme gibi alana özgü boyutlar da taşımaktadır.

Bir diğer sonuç, matematiğin ortalamada daha güçlü yordayıcı olmasıdır ($\beta = 0{,}536$; okuma için $\beta = 0{,}401$). Matematik katsayısının okuma katsayısından yüksek olması, OECD (2024b) korelasyonlarıyla (0,87 ve 0,83) ve Peru'daki çok düzeyli modelle (matematik için 0,53–0,55, okuma için 0,50–0,51; Bazán-Ramírez vd., 2025) uyumludur. Hornyák (2018) da matematik yeterliğinin finansal becerilerin gelişiminde önemli bir rol oynadığını belirtmektedir. Ancak bu üstünlük her bağlamda değişmez değildir. Oberrauch vd. (2024), matematik katsayısını 2012, 2018 ve 2022 turlarında okumadan yüksek (örneğin 2018'de 0,62'ye karşı 0,36), 2015 turunda ise okumadan düşük (0,49'a karşı 0,55) bulmuştur.

İspanya ve Macaristan'da matematik katsayılarının en yüksek düzeyde olması dikkat çekicidir. Macaristan'da finansal bilgi içeren matematik çalışma kitapları ücretsiz dağıtılmış ve okullar tarafından yüz binlerce adet sipariş edilmiştir (Hergár vd., 2024); OECD (2024b) de finansal okuryazarlık içeriğinin Macaristan'da matematik gibi zorunlu derslere entegre edildiğini bildirmektedir. İspanya'da ise PISA 2012 uygulandığında finansal içerik bazı okullarda öğretilmekte ve finansal eğitimin etkisi yalnızca bu okullarda ortaya çıkmaktadır (Cordero ve Pedraja, 2019). Bu bilgiler yorumlayıcı bir bağlam sunmakla birlikte, İspanya'da matematik katsayısının neden en yüksek, okuma katsayısının neden en düşük olduğunu açıklamaya yetmemektedir.

Ulaşılan diğer sonuç, Norveç, Peru ve Suudi Arabistan'da okuma katsayısının matematiği aşmasıdır. OECD (2024b) raporunda İtalya, Norveç ve Suudi Arabistan'da finansal okuryazarlık puanındaki varyansın %25'inden fazlasının matematik ve okumayla açıklanamadığı bildirilmektedir. Bu ülkeler, çalışmamızda R^2 değerinin en düşük olduğu üç ülkedir (İtalya 0,734; Norveç 0,734; Suudi Arabistan 0,740). Dolayısıyla okumanın göreli ağırlığı, finansal okuryazarlık puanlarının matematik ve okuma dışındaki etkenlerden de beslendiği ülkelerle çakışmaktadır; ancak bu ağırlığın nedeni mevcut verilerle sınanamaz.

Norveç'te finansal okuryazarlık matematik ve sosyal bilgiler programı içinde verilmektedir (OECD, 2024b) ve ülke PISA 2012'de okumada Avrupa Birliği ortalamasının üzerinde puan almıştır (Garbe vd., 2016); bununla birlikte bu özelliklerin okuma katsayısını açıklayıp açıklamadığı sınanmamıştır. Peru'da çok düzeyli modelin matematik katsayısını okumadan biraz yüksek bulması (Bazán-Ramírez vd., 2025) ise bizim bulgumuzdan ayrışmaktadır; bu fark model yapısındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir ve Peru'daki matematik-okuma sıralamasının kesin kabul edilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Ayrıca yordama ilişkisi tek yönlü bir nedensellik olarak okunmamalıdır. Peru'da yürütülen deneysel bir çalışmada okul temelli finansal eğitimin matematik ve dil derslerindeki akademik başarıyı benzer ölçüde (yaklaşık 0,15–0,16 standart sapma) artırdığı saptanmıştır (Frisancho Robles, 2018). Bu durum, matematik ve okuma ile finansal okuryazarlık arasındaki ilişkinin karşılıklı olabileceğini düşündürmektedir.

Finansal eğitimin program içindeki yeri ile yordama örüntüleri arasında basit bir eşleşme görünmemektedir (Tablo 2). Norveç'te finansal okuryazarlık matematik ve sosyal bilgiler programı içinde verilirken okuma katsayısı matematiği aşmaktadır. Malezya'da konu zorunlu olarak ve özellikle matematik içinde entegre edilmekte, buna karşın sabit terim en düşük düzeydedir. Kosta Rika'da eğitim okul öncesinden ortaokula kadar

zorunlu olmasına rağmen sabit terim negatiftir. Bu örnekler, bir politikanın varlığının uygulama yoğunluğuyla aynı anlama gelmediğini düşündürmektedir. Suudi Arabistan'da 10. sınıfta zorunlu finansal okuryazarlık dersi 2022'de başlamıştır (Ammer ve Aldhyani, 2022; OECD, 2024b); bu nedenle dersin etkisinin PISA 2022 verilerine yansıması olası değildir. Portekiz'de ise finansal okuryazarlık 2018'den beri vatandaşlık eğitimi kapsamında zorunludur (OECD, 2024b); ülkenin sabit terimin yüksek olduğu ülkeler arasında yer alması bu bağlamla uyumludur, ancak nedensel olarak yorumlamak mümkün değildir.

Tablo 2. Seçili ülkelerde finansal eğitimin program içindeki yeri ve yordama örüntüleri

Ülke	Finansal eğitimin program içindeki yeri	Bu çalışmadaki örüntü
İspanya	2022 kararnameleriyle girişimcilik yeterliği kapsamında; disiplinler arası yaklaşım teşvik edilmektedir.	β Mat. = 0,636 (en yüksek); β Oku. = 0,273 (en düşük); sabit = 73,19 (en yüksek)
Macaristan	Matematik, çevre bilgisi gibi zorunlu derslere entegre; ayrıca ayrı bir ders olarak da verilmektedir.	β Mat. = 0,595; β Oku. = 0,345; sabit = 30,73
Belçika	İlkokulda matematik ile insan ve toplum derslerinde; ortaöğretimde bazı kademelerde zorunludur.	β Mat. = 0,579; β Oku. = 0,374; sabit = 57,64
Kosta Rika	Okul öncesinden ortaokula kadar zorunlu ve entegre; "hane yaşamı için eğitim" dersi.	β Mat. = 0,576; β Oku. = 0,371; sabit = −29,95
Malezya	Öğretim programına entegre; yılda yaklaşık üç saat, özellikle matematik dersinde verilmektedir.	β Mat. = 0,547; β Oku. = 0,434; sabit = −35,30 (en düşük)
Brezilya	Zorunlu kesişimsel tema; Aprender Valor pilot programı gönüllülük esasına göre uygulanmaktadır (devlet okullarının %23'ü).	β Mat. = 0,496; β Oku. = 0,425; sabit = −15,84
Portekiz	2018'den itibaren vatandaşlık eğitimi kapsamında zorunludur.	β Mat. = 0,514; β Oku. = 0,416; sabit = 62,46
Norveç	Matematik ve sosyal bilgiler programı içinde verilmektedir.	β Oku. = 0,502 > β Mat. = 0,404
Peru	2016'dan itibaren bir program yeterliği olarak; ilkokulda kişi-toplum, ortaöğretimde sosyal bilimler dersleri içinde verilmektedir.	β Oku. = 0,498 > β Mat. = 0,452
Suudi Arabistan	10. sınıfta zorunlu ders 2022'de başlamıştır; alt kademelerde matematik, yaşam becerileri ve dijital beceriler derslerinde verilmektedir.	β Oku. = 0,484 > β Mat. = 0,429

Kaynak: OECD (2024b)

Bu bulgulara dayanarak uygulamaya yönelik olarak, finansal bağlamların matematik ve okuma öğretiminde gerçek yaşam bağlamı olarak kullanılması ve finansal okuryazarlığın bu temel becerilerle birlikte ele alınması önerilebilir. Türkiye'de Maarif Modeli kapsamında yürütülen uygulamaların bu doğrultuda izlenmesi yararlı olacaktır. Araştırmaya yönelik olarak ise modellere sosyoekonomik düzey, cinsiyet ve okul türü gibi değişkenlerin eklenmesi, çok düzeyli modellerin PISA'nın olası değer ve çoğaltılmış ağırlık yöntemleriyle kurulması ve okumanın öne çıktığı ülkelerin ayrıntılı incelenmesi önerilmektedir. Türkiye'nin PISA'nın sonraki finansal okuryazarlık turlarına katılması da öğrenci düzeyinde karşılaştırılabilir veri üretilmesine olanak tanıyacaktır.

KAYNAKLAR

Aldossary, N. S. A., Etman, A. A. E. M., & Omar, S. M. S. (2025). Financial literacy concepts appropriate for early childhood: A field study from the perspective of kindergarten teachers. *Journal of Posthumanism, 5*(9), 37–45. https://doi.org/10.63332/joph.v5i9.2869

Alharbi, F. (2022). Associations between social learning environments and students' reading comprehension skills: An analysis of PISA's Saudi Arabia dataset. *Journal of Education and e-Learning Research, 9*(1), 1–7. https://doi.org/10.20448/jeelr.v9i1.3676

Ammer, M. A., & Aldhyani, T. H. H. (2022). An investigation into the determinants of investment awareness: Evidence from the young Saudi generation. *Sustainability, 14*(20), Article 13454. https://doi.org/10.3390/su142013454

Bazán-Ramírez, A., Hernández-Padilla, E., Palomino-Malpartida, Y. G., Bazán-Ramírez, W., & Félix-Benites, E. (2025). Predictors of financial competence of Peruvian high school students in PISA 2022. *Frontiers in Education, 10*, Article 1563131. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1563131

Cordero, J. M., & Pedraja, F. (2019). The effect of financial education training on the financial literacy of Spanish students in PISA. *Applied Economics, 51*(16), 1679–1693. https://doi.org/10.1080/00036846.2018.1528336

Frisancho Robles, V. (2018). *The impact of school-based financial education on high school students and their teachers: Experimental evidence from Peru* (IDB Working Paper No. IDB-WP-871). Inter-American Development Bank. https://doi.org/10.18235/0001056

Garbe, C., Kovacs, M., Lafontaine, D., Shiel, G., Solheim, R. G., Vacaretu, A.-S., & Valtin, R. (2016). *Literacy in Norway: Country report: Children and adolescents*. European Literacy Policy Network (ELINET).

Hergár, E., Kovács, L., & Németh, E. (2024). The status and development of financial literacy in Hungary. *Financial and Economic Review, 23*(1), 5–28. https://doi.org/10.33893/FER.23.1.5

Hornyák, A. (2018). Components of financial literacy of young people. *Acta Universitatis Sapientiae, Economics and Business, 6*, 5–20. https://doi.org/10.1515/eb-2018-0001

Kovács, L., & Sütő, Á. (2020). On improving financial literacy. *Economy and Finance, 7*(1), 131–140. https://doi.org/10.33908/EF.2020.1.6

Milli Eğitim Bakanlığı. (2026, 23 Mart). *Tüm okullarda yarın ilk ders: Finansal okuryazarlık* [Duyuru]. https://www.meb.gov.tr/tum-okullarda-yarin-ilk-ders-finansal-okuryazarlik/haber/40190/tr

Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: Okuryazarlık becerileri*. https://tymm.meb.gov.tr/beceriler/okuryazarlik-becerileri

Mohelska, H., & Zubr, V. (2019). Financial literacy as a part of lifelong education. In *Proceedings of the 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2019)* (pp. 225–232). https://doi.org/10.33965/celda2019_201911L028

Oberrauch, L., Kaiser, T., & Lusardi, A. (2024). Assessing financial literacy among the young. *Journal of Financial Literacy and Wellbeing, 2*, 63–78. https://doi.org/10.1017/flw.2024.17

OECD. (2024a). *Financial education*. https://www.oecd.org/en/topics/financial-education.html

OECD. (2024b). *PISA 2022 results (Volume IV): How financially smart are students?* OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/5a849c2a-en

Salas-Velasco, M., Moreno-Herrero, D., & Sánchez-Campillo, J. (2021). Teaching financial education in schools and students' financial literacy: A cross-country analysis with PISA data. *International Journal of Finance & Economics, 26*, 4077–4103. https://doi.org/10.1002/ijfe.2005

Zentai, P., & Molnárné Kovács, J. (2024). Financial literacy and its development prospects: Insights from Hungarian and international literature. *Public Finance Quarterly, 2024*(4), 48–62. https://doi.org/10.35551/PFQ_2024_4_2

2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ EĞİLİMLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN / Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU

Gazi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Felsefe Grubu Eğitimi, ezduman@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1965-1378

Bağımsız Araştırmacı, Felsefe Grubu Eğitimi, ozlemkucuksabanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3731-2844

Özet

Bu araştırmanın amacı, 2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'ndaki öğrenme-öğretme uygulamalarını Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nde tanımlanan eğilimler açısından incelemektir. Nitel doküman analizi ve kategorisel içerik çözümlemesiyle yürütülen çalışmada beş ünite, 18 öğrenme çıktısı ve bu çıktılarda açıkça kodlanan bütün E göstergeleri analiz edilmiştir. Her açık kod kullanımı ayrı bir çözümleme birimi sayılmış; tekrarlar frekans, yüzde, ünite yoğunluğu, konu-eylem uyumu ve sınıf içi uygulanabilirlik bakımından değerlendirilmiştir. Programda 16 farklı eğilim kodunun toplam 47 kez kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanımların %57,45'i entelektüel, %36,17'si benlik ve yalnızca %6,38'i sosyal eğilimlerden oluşmaktadır. En sık kullanılan eğilimler merak, muhakeme ve analitikliktir (her biri f=6). Entelektüel eğilimlerin tamamı temsil edilirken sosyal eğilimler yalnızca empati ve sorumlulukla sınırlı kalmış; kültür, toplumsal kurumlar ve güncel sosyolojik meseleler ünitelerinde hiçbir E2 koduna yer verilmemiştir. Kodların %53,19'u konu ve öğrenci eylemiyle yüksek, %38,30'u orta, %8,51'i düşük düzeyde ilişkili bulunmuştur. Bulgular, programın sorgulama ve analitik düşünme bakımından güçlü; sosyal eğilimlerin dengeli dağılımı ve eğilimlerin gözlenebilir eylemlere dönüştürülmesi bakımından geliştirilmeye açık olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sosyoloji öğretimi, eğilimler, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, doküman analizi, eleştirel sosyolojik düşünme.

AN ANALYSİS OF THE LEARNİNG-TEACHİNG PRACTİCES İN THE 2026 SOCİOLOGY CURRİCULUM İN TERMS OF DİSPOSİTİONS

Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN/ Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU

Gazi University, Faculty of Education, Department of Turkish and Social Sciences Education, Philosophy Group Education, ezduman@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1965-1378

Independent Researcher, Philosophy Group Education, ozlemkucuksabanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3731-2844

Abstract

This study examines the learning-teaching practices in the 2026 Sociology Course 1 Curriculum through the dispositions defined in the Century of Türkiye Education Model. Using qualitative document analysis and categorical content analysis, five units, 18 learning outcomes, and all explicitly coded E indicators were examined. Each explicit occurrence was treated as a separate unit of analysis and evaluated by frequency, percentage, unit density, content-action alignment, and classroom feasibility. The curriculum contains 47 uses of 16 different disposition codes. Intellectual dispositions account for 57.45% of all uses, self-related dispositions for 36.17%, and social dispositions for only 6.38%. Curiosity, reasoning, and analyticity are the most frequent dispositions (f=6 each). While all intellectual dispositions are represented, social dispositions are limited to empathy and responsibility; no E2 code appears in the units on culture, social institutions, or contemporary sociological issues. Content-action alignment was rated high for 53.19% of the uses, moderate for 38.30%, and low for 8.51%. The findings indicate a strong emphasis on inquiry and analytical thinking, alongside a need for a more balanced distribution of social dispositions and clearer transformation of disposition codes into observable student actions.

Keywords: Sociology education, dispositions, Century of Türkiye Education Model, document analysis, critical sociological thinking.

GİRİŞ

Beceri temelli öğretim programlarında öğrencinin bir beceriye sahip olması, o beceriyi uygun zamanda ve uygun amaçla kullanacağını tek başına garanti etmez. Eğilim kavramı tam da bu noktada; bilgiyi ve beceriyi eyleme geçirme isteği, duyarlılığı ve sürekliliği ile ilgilidir. Perkins, Jay ve Tishman'ın (1993) üçlü eğilim yaklaşımı, nitelikli düşünmenin yalnızca yetenekten değil, düşünme fırsatını fark etme ve düşünmeye yönelme boyutlarından da oluştuğunu ileri sürer. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli de eğilimleri becerileri harekete geçiren ve değerleri besleyen bir program bileşeni olarak tanımlamakta; benlik, sosyal ve entelektüel eğilimler biçiminde üç grupta toplam 21 eğilime yer vermektedir (MEB, 2026a).

Sosyoloji dersi açısından eğilimler, disiplinin doğasıyla doğrudan ilişkilidir. Sosyolojik düşünme, gündelik kanaatleri tekrarlamak yerine bireysel deneyimleri tarihsel bağlam, toplumsal yapı, kurumlar, güç ilişkileri ve kültürel örüntülerle birlikte değerlendirmeyi gerektirir. Grauerholz ve Bouma-Holtrop (2003), eleştirel sosyolojik düşünmenin bir problem ya da argümanı onu biçimlendiren sosyal güçleri ve bağlamı dikkate alarak değerlendirme niteliği taşıdığını belirtmektedir. Atkinson ve Hunt (2008) ise öğrencilerin sosyoloji hakkında yalnızca bilgi edinmeleri yerine soru soran, veri toplayan, kanıtları karşılaştıran ve sosyolog gibi düşünen etkin katılımcılara dönüşmesini önermektedir. Bu bakımdan merak, gerçeği arama, açık fikirlilik, şüphe duyma ve eleştirel bakma gibi eğilimlerin programda nasıl işlevselleştirildiği, sosyolojik düşünmenin niteliğini belirleyen temel bir göstergedir.

2026 Sosyoloji Dersi Öğretim Programı; öğrencilerin toplumsal olgu ve sorunları tarihsel ve kültürel boyutlarıyla eleştirel, analitik ve derinlikli biçimde kavramalarını hedeflemektedir. Programda Sosyoloji Dersi 1 için beş ünite, 18 öğrenme çıktısı ve okul temelli planlama dâhil 72 ders saati öngörülmüştür (MEB, 2026b). Özel amaçlarda bilimsel ve kanıta dayalı düşünme, farklı görüşlere saygılı tartışma, eleştirel sosyolojik bakış ve toplumsal sorumluluk birlikte vurgulanmaktadır. Duman ve arkadaşları (2024), felsefe grubu alan becerileri içinde eleştirel sosyolojik düşünmenin çözümleme, sorgulama ve eleştirel düşünme süreçleriyle bütünleştirilmesinin önemine işaret etmektedir. Bu hedefler, eğilimlerin yalnızca kod olarak görünmesini değil, öğrenci davranışına ve öğrenme kanıtına dönüşmesini gerekli kılar.

Program incelemeleri bakımından güncel sosyoloji öğretim programlarına odaklanan çalışmaların sınırlı olması (Aslan, 2026; Zabun, 2012, 2013; Duman & Şahin, 2023), 2026 programının bileşenleri üzerinde ayrıntılı ve ölçülebilir analizlere ihtiyaç bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca üniversite düzeyindeki bulgular, sosyoloji eğitimi ilerledikçe eleştirel sosyolojik düşünmede artış görülse bile bu gelişimin kendiliğinden istenen düzeye ulaşmadığını ortaya koymaktadır (Gürsoy, 2021). Dolayısıyla bir etkinlikte 'tartışma', 'araştırma' ya da 'sunum' bulunması, ilgili eğilimin otomatik olarak geliştiği anlamına gelmez; eğilim ile öğrenci eylemi arasındaki ilişkinin açık, tekrarlı, gözlenebilir ve değerlendirilebilir olması gerekir.

Araştırmanın amacı, 2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'ndaki öğrenme-öğretme uygulamalarında yer alan E kodlu eğilimleri nicel dağılım ve nitel bağlam açısından incelemektir. Bu amaç doğrultusunda aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır:

1. Eğilim kodlarının genel ve ünite bazındaki frekans ve yüzde dağılımları nasıldır?
2. Benlik, sosyal ve entelektüel eğilimler programda ne ölçüde ve ne kadar dengeli temsil edilmektedir?
3. Kodlanan eğilimler, ünite içeriği ve öğrenciden beklenen eylemle hangi düzeyde ilişkilidir?
4. Eğilimlerin öngörülen etkinlikler yoluyla sınıf ortamında uygulanabilirlik düzeyi nedir?
5. Programın amaçları ve sosyoloji öğretimi literatürü dikkate alındığında hangi eğilimler güçlendirilebilir veya yeni bağlamlarda kullanılabilir?

1. YÖNTEM

1.1. Araştırma Deseni ve İncelenen Doküman

Çalışma, nitel araştırma yaklaşımı içinde doküman analizi ve yönlendirilmiş içerik çözümlemesiyle tasarlanmıştır. Doküman analizi, bir olguyu açıklayabilecek yazılı materyallerin sistemli biçimde incelenmesine dayanır (Bowen, 2009). Çözümlemenin kuramsal kategorileri Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ndeki resmî eğilim sınıflamasından alınmış; kodların tekrar ve dağılımları nicel betimleyici göstergelerle desteklenmiştir. İçerik çözümlemesinde kategori sınırlarının açık tutulması ve çıkarımların incelenen bağlamla sınırlandırılması ilkeleri gözetilmiştir (Krippendorff, 2018).

Araştırmanın veri kaynağı, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından yayımlanan 2026 Sosyoloji Dersi Öğretim Programı'nın Sosyoloji Dersi 1 bölümündeki öğrenme-öğretme uygulamalarıdır. İncelenen bölüm; Sosyolojinin Doğuşu, Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji, Kültür ve Toplumsal Yapı, Toplumsal Kurumlar ve Güncel Sosyolojik Meseleler olmak üzere beş üniteden ve toplam 18 öğrenme çıktısından oluşmaktadır. Sosyoloji Dersi 2 yalnızca sosyal bilimler liselerine özgü ayrı bir program alanı olduğundan araştırma kapsamına alınmamıştır.

1.2. Kodlama ve Analiz Süreci

Analiz birimi, öğrenme-öğretme uygulamalarında parantez içinde açıkça verilen her bir E kodu kullanımıdır. Aynı eğilim farklı öğrenme eylemlerinde yeniden kullanıldığında yeni bir kullanım olarak sayılmıştır. Bir cümlede birden fazla E kodu bulunması hâlinde her kod ayrı kayıt olarak değerlendirilmiştir. Açıkça kodlanmayan ancak etkinliğin yapısında sezilen eğilimler frekanslara eklenmemiş; yalnızca tartışma ve öneriler bölümünde 'örtük potansiyel' olarak ele alınmıştır. Böylece resmî kod dağılımı ile araştırmacı yorumunun birbirine karışması önlenmiştir.

Kodlar önce E[1-3].[1-10] örüntüsüyle elektronik olarak belirlenmiş, ardından her eşleşme geçtiği cümle ve etkinlik bağlamında yeniden kontrol edilmiştir. Ünite başına toplam kullanım, toplam içindeki yüzde, öğrenme çıktısı başına yoğunluk ve ders saati başına yoğunluk hesaplanmıştır. Konu-eylem uyumu; (i) eğilimin resmî tanımı, (ii) öğrenciden beklenen eylem ve (iii) sosyolojik içeriğin niteliği birlikte değerlendirilerek yüksek, orta ve düşük düzeyde kodlanmıştır. Yüksek düzey doğrudan ve gözlenebilir eşleşmeyi; orta düzey uyumlu fakat dolaylı veya yeterince yapılandırılmamış ilişkiyi; düşük düzey ise resmî tanımı açık biçimde işlevselleştirmeyen eşleşmeyi ifade etmektedir. Uygulanabilirlik değerlendirmesinde etkinliğin sınıf koşullarında yürütülebilirliği, gereken zaman-kaynak, ürünün gözlenebilirliği ve değerlendirme olanağı dikkate alınmıştır.

Sınırlılık: Araştırma program metnindeki açık kodlarla sınırlıdır; öğretmen uygulaması ve öğrenci kazanımı hakkında doğrudan sonuç üretmez. Uyum ve uygulanabilirlik değerlendirmeleri analitik bir rubriğe dayansa da tek doküman ve tek kodlayıcı bağlamında yorumlanmalıdır.

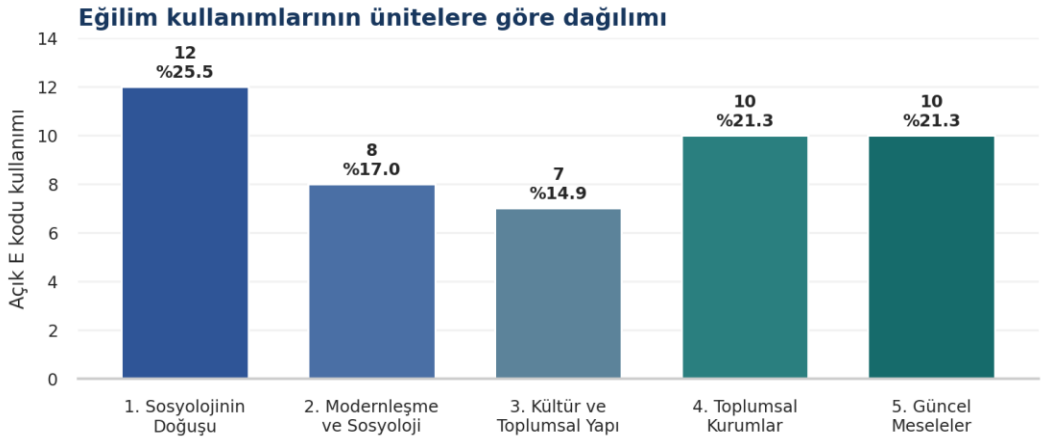
2. BULGULAR

2.1. Ünite Dağılımı ve Eğilim Yoğunluğu

Ünite	ÖÇ	Saat	f	%	f/ÖÇ
1. Sosyolojinin Doğuşu	3	16	12	%25.53	4.00
2. Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji	3	14	8	%17.02	2.67
3. Kültür ve Toplumsal Yapı	3	12	7	%14.89	2.33
4. Toplumsal Kurumlar	6	16	10	%21.28	1.67
5. Güncel Sosyolojik Meseleler	3	10	10	%21.28	3.33

Tablo 1. Eğilim kullanımlarının ünite, öğrenme çıktısı ve süreye göre yoğunluğu. ÖÇ: öğrenme çıktısı.

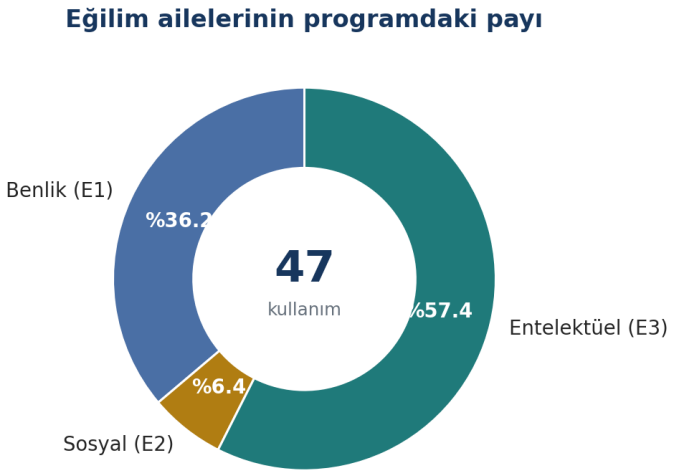
Toplam 47 açık eğilim kullanımının en büyük bölümü Sosyolojinin Doğuşu ünitesindedir (f=12; %25,53). Toplumsal Kurumlar ile Güncel Sosyolojik Meseleler ünitelerinde onar kullanım (%21,28), Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji ünitesinde sekiz (%17,02), Kültür ve Toplumsal Yapı ünitesinde yedi kullanım (%14,89) bulunmaktadır. Ham frekanslar, altı öğrenme çıktısı içeren dördüncü üniteyi yoğun göstermektedir; ancak öğrenme çıktısı başına hesaplama farklı bir görünüm sunar. Birinci ünite 4,00 kod/çıktı ile en yoğun, dördüncü ünite 1,67 kod/çıktı ile en düşük düzeydedir. Ders saati başına yoğunlukta ise 10 saatlik Güncel Sosyolojik Meseleler ünitesi 1,00 değerle ilk sıradadır. Bu bulgu, programın güncel sorunlara ayrılan sınırlı süre içinde çok sayıda eğilimi harekete geçirmeye çalıştığını göstermektedir.



Şekil 1. E kodu kullanımlarının ünitelere göre frekans ve yüzde dağılımı.

2.2. Eğilim Aileleri ve Kod Çeşitliliği

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ndeki 21 eğilimin 16'sı programda en az bir kez kullanılmıştır; çeşitlilik kapsamı %76,19'dur. Kullanımların 27'si entelektüel (%57,45), 17'si benlik (%36,17) ve yalnızca 3'ü sosyal eğilimlerdir (%6,38). Entelektüel eğilimlerin onunun da programda bulunması güçlü bir kapsam göstergesidir. Buna karşılık altı benlik eğiliminin dördü, beş sosyal eğilimin yalnızca ikisi temsil edilmiştir. Sosyal eğilimlerin düşük payı, sosyoloji disiplininin etkileşim, farklı bakış açılarını anlama, toplumsal sorumluluk ve ortak problem çözme niteliğiyle karşılaştırıldığında dengesiz bir dağılıma işaret etmektedir.



Şekil 2. Benlik, sosyal ve entelektüel eğilimlerin toplam kullanımlar içindeki payı.

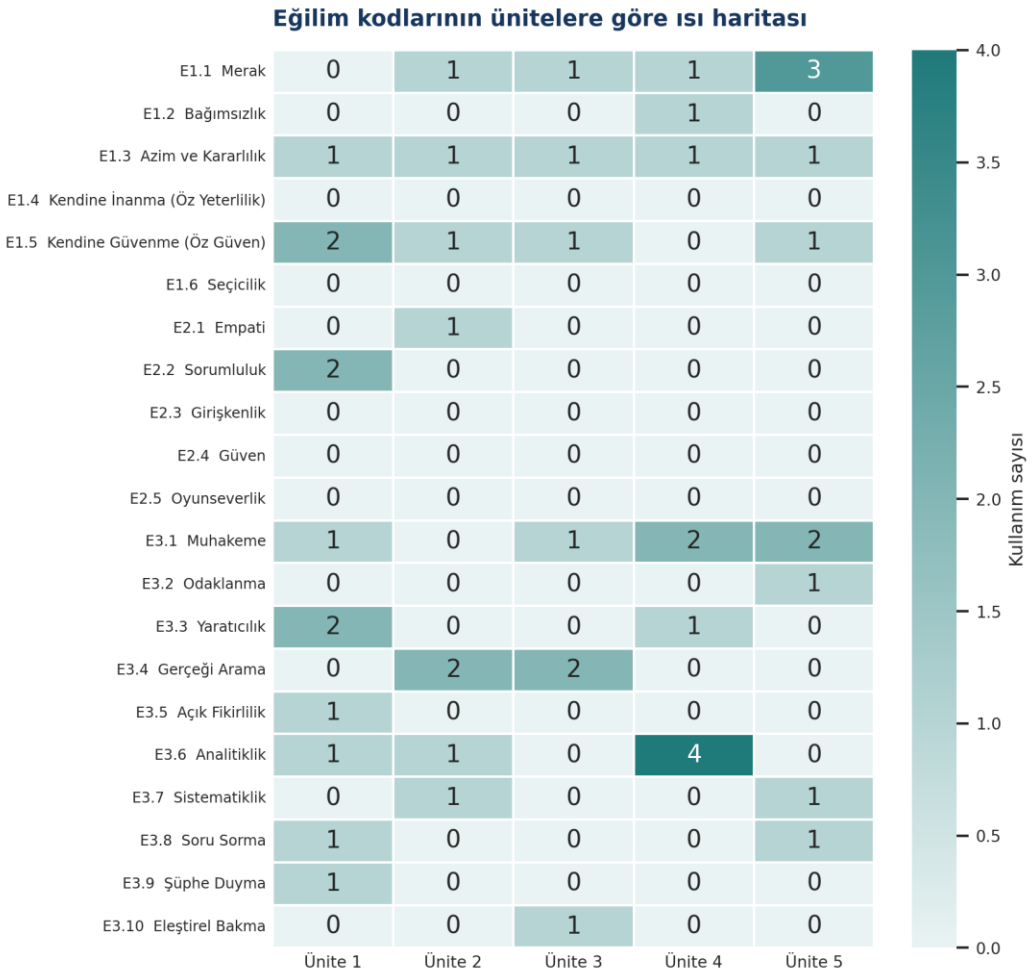
Tablo 2. Programda açıkça kullanılan 16 eğilimin frekans ve yüzdeleri.

Kod	Eğilim	Aile	f	%
E1.1	Merak	Benlik	6	%12.77
E3.1	Muhakeme	Entelektüel	6	%12.77
E3.6	Analitiklik	Entelektüel	6	%12.77
E1.3	Azim ve Kararlılık	Benlik	5	%10.64
E1.5	Kendine Güvenme (Öz Güven)	Benlik	5	%10.64
E3.4	Gerçeği Arama	Entelektüel	4	%8.51
E3.3	Yaratıcılık	Entelektüel	3	%6.38
E2.2	Sorumluluk	Sosyal	2	%4.26
E3.7	Sistematiklik	Entelektüel	2	%4.26
E3.8	Soru Sorma	Entelektüel	2	%4.26
E1.2	Bağımsızlık	Benlik	1	%2.13
E2.1	Empati	Sosyal	1	%2.13
E3.2	Odaklanma	Entelektüel	1	%2.13
E3.5	Açık Fikirlilik	Entelektüel	1	%2.13
E3.9	Şüphe Duyma	Entelektüel	1	%2.13
E3.10	Eleştirel Bakma	Entelektüel	1	%2.13

Merak (E1.1), muhakeme (E3.1) ve analitiklik (E3.6) altışar kullanımla ilk sıradadır (her biri %12,77). Azim ve kararlılık (E1.3) ile kendine güvenme (E1.5) beşer, gerçeği arama (E3.4) dört kez kullanılmıştır. Bu yoğunluk programın soru üretme, neden-sonuç ilişkileri kurma, karşılaştırma ve analiz etme doğrultusundaki hedefleriyle

genel olarak uyumludur. Bununla birlikte azim, öz güven ve sorumluluk kodlarının çoğu uzun süreli araştırma veya sunum görevinin yanında yer almakta; eğilimin nasıl destekleneceği ve nasıl gözleneceği ayrıca açıklanmamaktadır. Bu nedenle yüksek frekans, her zaman yüksek programlama derinliği anlamına gelmemektedir.

2.3. Ünite-Eğilim Isı Haritası



Şekil 3. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ndeki 21 eğilimin beş ünitedeki kullanım ısı haritası.

Isı haritası üç örüntüyü görünür kılmaktadır. Birincisi, E1.3'ün bütün ünitelere eşit biçimde birer kez yerleştirilmesidir. Bu düzenlilik, performans görevleri üzerinden süreklilik kurma niyetini gösterse de kodun ünite içeriğine özgü olmaktan çok görev türüne bağlandığını düşündürmektedir. İkincisi, analitiklik kodunun dördüncü ünitede dört kez yoğunlaşmasıdır. Aile, din, ekonomi, siyaset ve kurumlar arası ilişkilerin analiz edilmesi bu yoğunluğu içerik bakımından büyük ölçüde açıklamaktadır. Üçüncüsü ve en belirgin bulgu, sosyal eğilimlerin yalnızca ilk iki ünitede görünmesidir. Kültürel görelilik, toplumsal tabakalaşma, aile, din, siyaset, İslam karşıtlığı, küreselleşme ve yapay zekâ gibi başlıkların yer aldığı son üç ünitede empati, sorumluluk, girişkenlik veya güven kodlarından hiçbiri kullanılmamıştır.

2.4. Üniteler Bazında Konu-Eğilim İlişkisi

- Sosyolojinin Doğuşu

Birinci ünite, 12 kullanım ve dokuz farklı kodla programın en çeşitli bölümüdür. Soru sorma (E3.8), şüphe duyma (E3.9) ve açık fikirlilik (E3.5); sosyolojik düşünme biçimi, güvenilir kaynakları değerlendirme ve göç tartışması bağlamlarında öğrenciden beklenen eylemle doğrudan ilişkilendirilmektedir. Nicel ve nitel yöntemlerin karşılaştırılmasında analitiklik (E3.6) güçlü bir eşleşmedir. Buna karşılık kart eşleştirme tekniğinin yaratıcılıkla (E3.3) kodlanması zayıftır; etkinlik sınıflandırma ve ayırt etmeyi gerektirmekte, özgün fikir ya da ürün üretimini açıkça istememektedir. İş birlikli metin incelemesine öz güven (E1.5) ve sorumluluk (E2.2) kodlarının eklenmesi ise uyumlu fakat rol paylaşımı, öz izleme ve geribildirim göstergeleri bulunmadığı için dolaylıdır.

- Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji

İkinci ünitede gerçeği arama (E3.4), modernleşmenin neden-sonuçlarını ve Türkiye'de sosyolojinin doğuşunu tarihsel bağlamda sorgulayan iki uygulamayla ilişkilendirilmiştir. Kronolojik diyagram hazırlama görevi sistematikliği (E3.7), edebî metinlerdeki kavram ve çözüm önerilerini belirleme süreci analitikliği (E3.6) görünür kılmaktadır. Edebiyatın toplumsal temalara kattığı duygusal derinlik üzerinden empatiye (E2.1) yer verilmesi disiplinler arası açıdan anlamlıdır; ancak empatiyi yalnızca 'duygusal derinliği belirtme' düzeyinden çıkarıp farklı tarihsel aktörlerin bakış açılarını gerekçeleriyle yeniden kurma etkinliğine dönüştürmek gerekir.

- Kültür ve Toplumsal Yapı

Üçüncü ünitede Morgan'ın Avrupamerkezci yaklaşımını kültürel görelilik üzerinden değerlendirme görevi gerçeği arama (E3.4) ve eleştirel bakma (E3.10) için programın en güçlü eşleşmelerinden biridir. Toplum-birey ilişkisine yönelik sorular muhakemeyi (E3.1), insanların neden toplum hâlinde yaşadığını tartışmak merakı (E1.1) desteklemektedir. Buna rağmen kültürel farklılıklar ve tabakalaşma konuları sosyal eğilimlerle ilişkilendirilmemiştir. Özellikle empati ve açık fikirlilik, etnosentrizmi aşma ve eşitsizlik deneyimlerini anlama bakımından doğal ve gerekli tamamlayıcılardır.

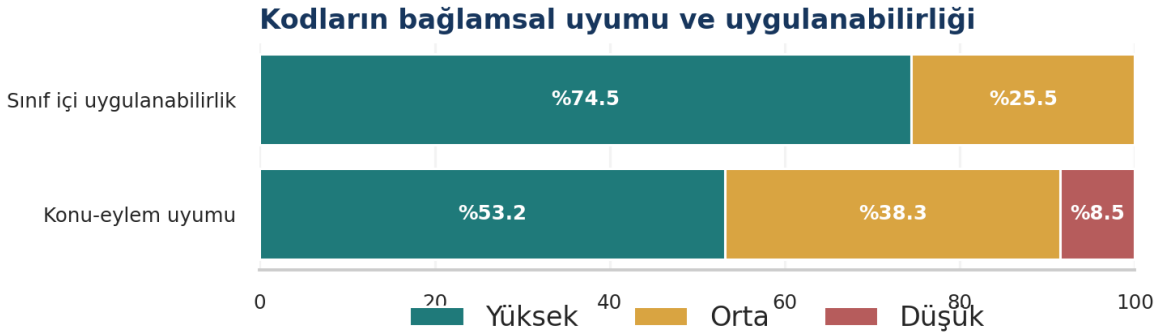
- Toplumsal Kurumlar

Dördüncü ünitede analitiklik (E3.6) dört, muhakeme (E3.1) iki kez kullanılmıştır. Aile tiplerinin değişimi, dinin toplumsal işlevleri, ekonomik sistemler, siyasal otorite ve kurumlar arası ilişkiler; bağlantı kurma, önerme oluşturma ve ilişki diyagramı hazırlama yoluyla güçlü biçimde işlenmektedir. Slogan oluşturma görevi yaratıcılıkla (E3.3) açıkça uyumludur. Bununla birlikte ekonomik önermeleri belirli ölçütlere göre değerlendirme etkinliğinin bağımsızlıkla (E1.2) ilişkisi orta düzeydedir; öğrencinin otoriteden bağımsız seçim yapması, gerekçesini savunması ve kararının sorumluluğunu üstlenmesi açıkça istenmemektedir. Ünite içeriği sosyal kurumlara odaklanmasına rağmen E2 ailesinden hiçbir kodun bulunmaması önemli bir boşluktur.

- Güncel Sosyolojik Meseleler

Beşinci ünite 10 kullanım ve 1,00 kod/saat değeriyle süreye göre en yoğun ünitedir. İslam karşıtlığı ve yapay zekâ kaynaklı sorunlara ilişkin muhakeme (E3.1), küreselleşme anketinde sistematiklik (E3.7) ve soru sorma (E3.8) içerikle güçlü biçimde örtüşmektedir. Kamu spotu, web tabanlı anket ve münazara gibi uygulamalar aktif öğrenmeyi desteklemektedir. Buna karşılık çok çeşitli gözlemleri paylaşma etkinliğinin odaklanma (E3.2) ile ilişkilendirilmesi zayıftır; görevde dikkatin belirli bir hedefe sürdürülmesini sağlayacak ölçüt bulunmamaktadır. Küreselleşmenin unsurlarını verilen materyallerden belirlemeye merak (E1.1) kodunun eklenmesi de merakın gözlemleme ve keşfetme arzusunu doğrudan harekete geçirmediği için sınırlıdır. Ayrımcılık, ötekileştirme, eşitsizlik ve algoritmik adalet gibi konularda sosyal eğilimlerin hiç kullanılmaması, ünitenin amaçları açısından dikkat çeken bir kapsam sınırlılığına işaret etmektedir.

2.5. Uyum ve Uygulanabilirlik



Şekil 4. Açık eğilim kullanımlarının konu-eylem uyumu ve sınıf içi uygulanabilirlik düzeyleri.

Konu ve öğrenci eylemiyle uyum açısından 47 kullanımın 25'i (%53,19) yüksek, 18'i (%38,30) orta ve 4'ü (%8,51) düşük düzeydedir. Yüksek uyumlu örneklerde eğilim, öğrenciden beklenen fiille aynı doğrultudadır: soru üretme-soru sorma, kaynak doğruluğunu değerlendirme-şüphe duyma, karşılaştırma ve ilişkilendirme-analitiklik, farklı görüşlere açık tartışma-açık fikirlilik gibi. Orta düzeydeki kullanımlarda eğilim görevle uyumludur ancak destekleyici süreç görünür değildir. Azim, öz güven, sorumluluk ve bağımsızlık kodlarının önemli bölümü bu gruptadır. Düşük düzeydeki dört kullanımda ise kod, etkinliğin baskın bilişsel veya duyuşsal talebini açıklamamaktadır; kart eşleştirme-yaratıcılık ve gözlem paylaşma-odaklanma ilişkileri bu duruma örnektir.

Sınıf içi uygulanabilirlik bakımından 35 kullanım (%74,47) yüksek, 12 kullanım (%25,53) orta düzeydedir; uygulanamaz olarak değerlendirilen bir kullanım bulunmamaktadır. Açık uçlu sorular, tartışma, karşılaştırma tablosu, yansıtma yazısı, ilişki diyagramı ve slogan oluşturma mevcut sınıf koşullarında doğrudan uygulanabilir niteliktedir. Güvenilir kaynak araştırması, çevredeki büyüklerle görüşme, okul paneli, kamu spotu, web tabanlı anket ve kapsamlı sunumlar ise süre, dijital erişim, grup rolleri ve değerlendirme ölçütleri gerektirdiğinden orta düzeyde değerlendirilmiştir. Bu görevlerin uygulanabilirliğini artırmak için örnek veri setleri, kaynak paketi, rol kartları, zaman çizelgesi ve ürün odaklı rubrikler sağlanmalıdır.

3. TARTIŞMA

Bulgular, programın entelektüel eğilimler bakımından geniş fakat sosyal eğilimler bakımından dar bir desen sergilediğini göstermektedir. On entelektüel eğilimin tamamının kullanılması, sosyoloji dersinin analitik ve sorgulayıcı doğasına uygundur. Özellikle muhakeme, analitiklik, gerçeği arama, sistematiklik ve soru sorma; programın sosyolojik olguları çok yönlü inceleme hedefini desteklemektedir. Ancak eleştirel sosyolojik düşünme ile genel üst düzey düşünme aynı şey değildir. Kane ve Otto (2018), yüksek düzey bilişsel görevlerin her zaman disipline özgü eleştirel sosyolojik düşünme üretmediğini göstermektedir. Bu nedenle programda analitikliğin veya muhakemenin sık kullanılması, toplumsal güç ilişkileri, tarihsel bağlam, eşitsizlik ve aktörlerin konumu sistematik biçimde sorgulanmadıkça tek başına yeterli değildir.

Bu açıdan eleştirel bakma kodunun yalnızca bir kez kullanılması dikkat çekicidir. Programın temel yaklaşımı eleştirel ve derinlikli sosyolojik düşünmeyi merkezî bir amaç olarak tanımlamasına rağmen E3.10 yalnızca Morgan'ın Avrupamerkezci toplum sınıflamasının değerlendirilmesinde görünmektedir. Oysa modernleşme anlatıları, toplumsal tabakalaşma, siyasal meşruiyet, İslam karşıtlığı, küreselleşme, medya temsilleri ve yapay zekâdaki algoritmik ayrımcılık; iddia, kanıt, çıkar, güç ve yanlılık çözümlemesine elverişli bağlamlardır. Gürsoy'un (2021) bulguları da eleştirel sosyolojik düşünmenin yalnızca ders süresinin ilerlemesiyle istenen düzeye ulaşmadığını, açık ve disipline özgü görevlerle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Sosyal eğilimlerin düşük temsili, programın sosyal-duygusal beceri veya değerlerden yoksun olduğu anlamına gelmez; belgede çok sayıda SDB ve D kodu bulunmaktadır. Bununla birlikte eğilimler ile beceriler aynı işlevi görmez. Becerinin varlığı, öğrencinin o beceriyi kullanmaya istekli ve duyarlı olmasını garanti etmez. Kültürel farklılıklara açık olma, ayrımcılığa uğrayanların deneyimlerini anlama, kamusal tartışmalarda girişken fakat saygılı olma, ortak araştırmada sorumluluk üstlenme ve güvenilir ilişki kurma gibi hedefler E2 ailesinin açık biçimde işlevselleştirilmesini gerektirir. Persell, Pfeiffer ve Syed'in (2007) sosyoloji öğretiminin temel kazanımlarına ilişkin bulguları, sosyolojik perspektifin yapısal düşünmenin yanında farklı toplumsal konumları kavrama ve kamusal meseleler hakkında bilinçli yargı geliştirmeyi de içerdiğini göstermektedir.

Benlik eğilimlerinde azim ve kararlılığın her ünitede bir performans göreviyle kullanılması programlar arası tutarlılık sağlar; ancak tekrarın niteliği önemlidir. Uzun bir görev vermek, azmi otomatik olarak geliştirmez. Öğrencinin ara hedefler belirlemesi, zorlukları kaydetmesi, geri bildirim sonrasında ürününü yeniden düzenlemesi ve sürecini öz değerlendirmesi gerekir. Benzer şekilde sunum yapmak öz güvenin kanıtı değil, öz güveni destekleyebilecek bir bağlamdır. Eğilimlerin öğretilebilir ve değerlendirilebilir olması için 'kod-eylem-kanıt' zincirinin kurulması gerekmektedir: kodun tanımına uygun öğrenci eylemi belirlenmeli, öğretim desteği planlanmalı ve eğilimin görünür olduğu bir öğrenme kanıtı tanımlanmalıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'nda 47 açık E kodu kullanımı ve 16 farklı eğilim bulunmaktadır. Program, entelektüel eğilimlerin tamamını kapsaması; merak, muhakeme ve analitikliği merkezileştirmesi; soru sorma, kaynak değerlendirme, tartışma, araştırma ve ürün oluşturma gibi öğrenci merkezli uygulamalar önermesi bakımından güçlü yönler sergilemektedir. Ünite ve süre yoğunlukları birlikte değerlendirildiğinde güncel sosyolojik meselelerin eğilimler açısından özellikle yoğun kurgulandığı görülmektedir. Buna karşılık sosyal eğilimlerin toplam kullanımdaki payının %6,38'de kalması, son üç ünitede hiç E2 kodu bulunmaması, eleştirel bakmanın yalnızca bir kez kullanılması ve bazı kodların öğrenci eylemiyle dolaylı ilişkilendirilmesi programın geliştirilmesi gereken yönleridir.

Programda yer almayan her eğilimin mutlaka eklenmesi gerektiği söylenemez. Örneğin oyunseverlik, ortaöğretim sosyoloji bağlamında ancak simülasyon ve rol oynama gibi uygun etkinliklerle anlamlı hâle gelebilir. Bununla birlikte öz yeterlilik (E1.4), seçicilik (E1.6), girişkenlik (E2.3) ve güven (E2.4) programın mevcut görevleriyle doğal ilişki kurabilecek eğilimlerdir. Öz yeterlilik, aşamalı araştırma görevleri ve gelişim geribildirimiyle; seçicilik, kaynak ve kanıt seçme ölçütleriyle; girişkenlik, münazara ve panelde söz alma/iddia savunma davranışlarıyla; güven ise grup araştırmasında karşılıklı sorumluluk, veri etiği ve güvenilir iletişimle desteklenebilir.

Tablo 3. Ünite içeriğine dayalı eğilim geliştirme ve kanıt önerileri.

Ünite	Önerilen eğilimler	Öğrenme-öğretme uygulaması	Gözlenebilir kanıt
1. Sosyolojinin Doğuşu	E1.6, E3.10	Nicel-nitel yöntem ve kaynak seçimini ölçütlerle gerekçelendirme; iki araştırma iddiasındaki kanıt ve yanlılığı karşılaştırma.	Kaynak seçme formu + gerekçeli yöntem notu
2. Modernleşme ve Sosyoloji	E3.5, E3.9	Farklı modernleşme yorumlarını tarihsel bağlamı bozmadan karşılaştırma; alıntıların kaynak ve varsayımlarını sorgulama.	Karşılaştırmalı görüş matrisi + yansıtma
3. Kültür ve Toplumsal Yapı	E2.1, E2.4, E1.6	Kültürel görelilik için perspektif alma; yerel görüşmede etik/güven ilkeleri; dijital kültür verilerini seçme.	Perspektif günlüğü + görüşme etik kontrol listesi
4. Toplumsal Kurumlar	E2.1, E2.3, E3.10	Aile, eğitim, din ve siyaset sorunlarını farklı toplumsal konumlardan tartışma; güç ve meşruiyet iddialarını eleştirme.	Rol temelli müzakere + iddia-kanıt tablosu
5. Güncel Sosyolojik Meseleler	E2.1, E2.2, E2.3, E1.6, E3.9, E3.10	Ayrımcılık ve algoritmik eşitsizlikte perspektif alma; anket sorumluluğu; medya/AI kaynaklarında seçicilik ve şüphe; karşı kanıt üretme.	Kamu spotu rubriği + veri etiği formu + karşı kanıt dosyası

Uygulamaya yönelik olarak eğilim kodlarının etkinlik sonuna eklenmiş etiketler şeklinde değil, öğrenme tasarımının bileşeni olarak ele alınması önerilmektedir. Her eğilim için kısa gözlem göstergeleri geliştirilmeli; örneğin açık fikirlilik için karşı görüşü doğru özetleme ve yeni kanıt karşısında görüşünü gözden geçirme, şüphe duyma için kaynağın iddiasını ve dayanağını kontrol etme, sorumluluk için üstlenilen rolü zamanında tamamlama, eleştirel bakma için varsayım ve yanlılığı belirleme göstergeleri kullanılmalıdır. Öz ve akran değerlendirme formları, yalnızca ürün kalitesini değil bu göstergeleri de içermelidir.

Son olarak, programdaki güçlü entelektüel omurga korunurken sosyal ve benlik eğilimlerinin konuya özgü biçimde dengelenmesi gerekir. Sosyolojinin amacı yalnızca toplumsal olguları çözümlemek değil; farklı deneyimlere duyarlı, kanıt karşısında görüşünü gözden geçirebilen, ortak sorunlarda sorumluluk alan ve kamusal tartışmalara gerekçeli biçimde katılan bireyler yetiştirmektir. Eğilimlerin kod-eylem-kanıt bütünlüğü içinde yeniden yapılandırılması, 2026 programının eleştirel sosyolojik düşünme hedefini sınıf içinde daha görünür, uygulanabilir ve değerlendirilebilir hâle getirecektir.

KAYNAKLAR

Aslan, G. (2026). Sosyoloji dersi öğretim programı ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların incelenmesi. *Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Dergisi*, *8*(14), 207-224. https://izlik.org/JA84GN98LN

Atkinson, M. P., & Hunt, A. N. (2008). Inquiry-guided learning in sociology. *Teaching Sociology*, *36*(1), 1-7. https://doi.org/10.1177/0092055X0803600101

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, *9*(2), 27-40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Duman, E. Z., & Şahin, M. (2023). Ortaöğretimde farklı öğretim programlarına göre yazılan sosyoloji ders kitaplarındaki kavramlar üzerine inceleme. *3rd USBED/IJSES International Conference on Social and Educational Science*s, 137–149.

Duman, E. Z., Kadıoğlu, S., Parmaksız, M., Bulut, F., Akman, E., Şişman, B., Uysal, G., Akkaya, L., & Ateşocak, Ö. (2024). K12 beceriler çerçevesi Türkiye bütüncül modeli kapsamında ortaöğretim felsefe grubu alan becerileri. *Millî Eğitim*, *53*(241), 543-570. https://doi.org/10.37669/milliegitim.1308823

Grauerholz, L., & Bouma-Holtrop, S. (2003). Exploring critical sociological thinking. *Teaching Sociology*, *31*(4), 485-496. https://doi.org/10.2307/3211372

Gürsoy, M. (2021). Sosyolojide eleştirel düşünme: Sosyoloji öğrencilerinin eleştirel sosyolojik düşünme beceri düzeyleri üzerine bir değerlendirme. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *10(*2), 1353-1368.

Kane, D., & Otto, K. (2018). Critical sociological thinking and higher-level thinking: A study of sociologists' teaching goals and assignments. *Teaching Sociology*, *46*(2), 112-122. https://doi.org/10.1177/0092055X17735156

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). Sage.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2026a). *Eğilimler.* Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. https://tymm.meb.gov.tr/beceriler/egilimler

Millî Eğitim Bakanlığı. (2026b). *Sosyoloji dersi öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=2174

Perkins, D. N., Jay, E., & Tishman, S. (1993). Beyond abilities: A dispositional theory of thinking. *Merrill-Palmer Quarterly*, *39*(1), 1-21. https://www.jstor.org/stable/23087298

Persell, C. H., Pfeiffer, K. M., & Syed, A. (2007). What should students understand after taking introduction to sociology? T*eaching Sociology*, *35*(4), 300-314. https://doi.org/10.1177/0092055X0703500401

Zabun, B. (2012). Türkiye'de sosyoloji dersi öğretim programlarının amaç ve içeriklerinin toplumsal değişmeye paralel olarak değişimi. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *32*(1), 157–170.

Zabun, B. (2013). Analytical and critical evaluation of affective objectives at secondary education sociology teaching in Turkey. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, *4*(2), 171–177.

2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ DEĞERLER AÇISINDAN İNCELENMESİ

Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN/ Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU

Gazi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, Felsefe Grubu Eğitimi, ezduman@gazi.edu.tr , ORCID: 0000-0002-1965-1378

Bağımsız Araştırmacı, Felsefe Grubu Eğitimi, ozlemkucuksabanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3731-2844

Özet

Bu araştırmada 2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'nın öğrenme-öğretme uygulamaları, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi bakımından incelenmiştir. Nitel doküman analizi ve kategorisel içerik çözümlemesiyle beş ünite, 18 öğrenme çıktısı ve açıkça belirtilen bütün D kodları çözümlenmiştir. Her kod gösterimi ayrı kullanım kabul edilmiş; frekans, yüzde, ünite yoğunluğu, değer çeşitliliği, konu-eylem uyumu, bağlamsal denge, uygulanabilirlik ve değerlendirilebilirlik ölçütleri kullanılmıştır. Programda 19 farklı alt değerin toplam 20 kez kullanıldığı, 20 ana değerin 17'sinin (%85) temsil edildiği belirlenmiştir. Kullanımların %35'i beşinci, %25'i dördüncü, %15'i birinci, %15'i üçüncü ve %10'u ikinci ünitededir. Yalnızca D14.1 iki kez yinelenmiş; diğer alt değerlerin her biri birer kez kullanılmıştır. Duyarlılık, merhamet ve temizlik ana değerleri açık kodlanmamıştır. Kullanımların %65'i konu ve öğrenci eylemiyle yüksek, %30'u orta, %5'i düşük uyumlu; %80'i yüksek uygulanabilir; yalnızca %40'ı yüksek değerlendirilebilir bulunmuştur. Sonuçlar çeşitliliğin güçlü, süreklilik ve gözlenebilir değer davranışı üretme boyutlarının ise geliştirmeye açık olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sosyoloji öğretimi, değerler eğitimi, Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi, doküman analizi, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli.

AN ANALYSİS OF THE LEARNİNG-TEACHİNG PRACTİCES İN THE 2026 SOCİOLOGY CURRİCULUM İN TERMS OF VALUES

Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN/ Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU

Gazi University, Faculty of Education, Department of Turkish and Social Sciences Education, Philosophy Group Education, ezduman@gazi.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1965-1378

Independent Researcher, Philosophy Group Education, ozlemkucuksabanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3731-2844

Abstract

This study examines the learning-teaching practices of the 2026 Sociology Course 1 Curriculum through the Virtue-Value-Action Framework of the Century of Türkiye Education Model. Qualitative document analysis and categorical content analysis were applied to five units, 18 learning outcomes, and all explicitly stated D codes. Each occurrence was counted separately and analysed by frequency, percentage, unit density, value diversity, content-action alignment, contextual balance, classroom feasibility, and assessability. The curriculum contains 20 explicit uses of 19 different sub-values and represents 17 of the 20 main values (85%). Unit 5 accounts for 35% and Unit 4 for 25% of all uses. Only D14.1 is repeated; every other sub-value appears once. Sensitivity, compassion, and cleanliness are not explicitly coded. Sixty-five percent of uses show high content-action alignment and 80% high feasibility, whereas only 40% are highly assessable. The curriculum therefore demonstrates breadth but requires stronger continuity and clearer observable evidence of value-oriented student action.

Keywords: Sociology education, values education, Virtue-Value-Action Framework, document analysis, Century of Türkiye Education Model.

GİRİŞ

Değerler, bireyin neyi önemli ve arzu edilir gördüğüne ilişkin görece kalıcı yönelimlerdir; öğrenme ortamında ise bilginin ve becerinin hangi etik ve toplumsal amaçla kullanılacağını belirleyen bir referans alanı oluşturur. Schwartz (2012), değerlerin durumlar üstü hedefler olarak davranış seçimine ve değerlendirmeye yön verdiğini belirtmektedir. Değerler eğitiminin program metninde adlandırılması önemlidir; ancak değerlerin yalnızca söylem düzeyinde kalmayıp öğrencinin tartışma, araştırma, karar verme ve ortak üretim süreçlerinde görünür hâle gelmesi gerekir. Thornberg (2008), öğretmenin değerleri çoğu zaman örtük ve plansız biçimde işlemesinin ortak bir mesleki dil ve sistematik pedagojik yaklaşım eksikliğine yol açabildiğini göstermektedir.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, değerleri erdemlere ulaştıran ve eylemler aracılığıyla gözlenebilen yapılar olarak ele almaktadır. Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi'nde saygı, sorumluluk ve adalet çatı değerlerdir; toplam 20 ana değer insan, aile-sosyal çevre ve fiziksel çevre alanlarında düzenlenmiştir. Model, millî ve manevi referansları temel almakla birlikte evrensel boyutu dışlamamakta; değerleri alan içeriği ve becerilerle kaynaşık biçimde işlemeyi öngörmektedir (MEB, 2026a). Bu yaklaşım, program incelemesinde yalnızca kaç kod kullanıldığını değil, kodun konuya uygunluğunu, öğrenci eylemine dönüşmesini ve gözlenebilir kanıt üretmesini de değerlendirmeyi gerekli kılar.

Sosyoloji, kültür, toplumsal yapı, kurumlar, modernleşme, eşitsizlik, ayrımcılık, küreselleşme ve yapay zekâ gibi değer yüklü meseleleri ele alan bir disiplindir. Bu nedenle sosyoloji öğretiminde değerlerden bütünüyle bağımsız bir tarafsızlık varsayımı yerine, kanıta dayalı düşünme ile hak, sorumluluk, mahremiyet, farklılıklara saygı ve toplumsal dayanışma arasında açık bir ilişki kurulmalıdır. Paterson (2009), ders içeriğindeki kavramsal meselelerin yurttaşlık değerlerinin tartışılmasına özgün fırsatlar sunduğunu; değerlerin konuya dışarıdan eklenmesi yerine içeriğin epistemik ve toplumsal sorunları içinde ele alınmasının daha üretken olduğunu savunmaktadır (Zabun, 2013, 2021, 2022; Duman & Arslan, 2023; Demiralp et al., 2023; Duman & Küçükşabanoğlu, 2023).

Araştırmanın amacı, 2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'ndaki öğrenme-öğretme uygulamalarını açık D kodları üzerinden nicel ve nitel olarak değerlendirmektir. Şu sorulara yanıt aranmıştır:

(1) Değer kullanımları ünite, ana değer ve alt değer bakımından nasıl dağılmaktadır?

(2) Dağılım çeşitlilik, süreklilik ve bağlamsal denge bakımından nasıldır?

(3) Kodların konu ve öğrenci eylemiyle ilişkisi, sınıf içi uygulanabilirliği ve değerlendirilebilirliği hangi düzeydedir?

(4) Hangi değerler eksik ya da sınırlı temsil edilmiştir ve içerikle uyumlu hangi uygulamalar önerilebilir?

1. YÖNTEM

Araştırma nitel doküman analizi desenindedir. Doküman analizi, belgelerin sistematik biçimde seçilmesi, değerlendirilmesi ve anlamlandırılmasını içerir (Bowen, 2009). İncelenen doküman, MEB tarafından yayımlanan 2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'nın beş ünitesine ait öğrenme-öğretme uygulamalarıdır. Programda 18 öğrenme çıktısı ve okul temelli planlama dâhil 72 ders saati bulunmaktadır (MEB, 2026b). Çözümleme, yüklenen uygulama metninin parantez içinde açıkça verdiği D kodlarıyla sınırlandırılmıştır; etkinlikte örtük olarak bulunabilecek fakat kodlanmamış değerler resmî frekanslara eklenmemiştir.

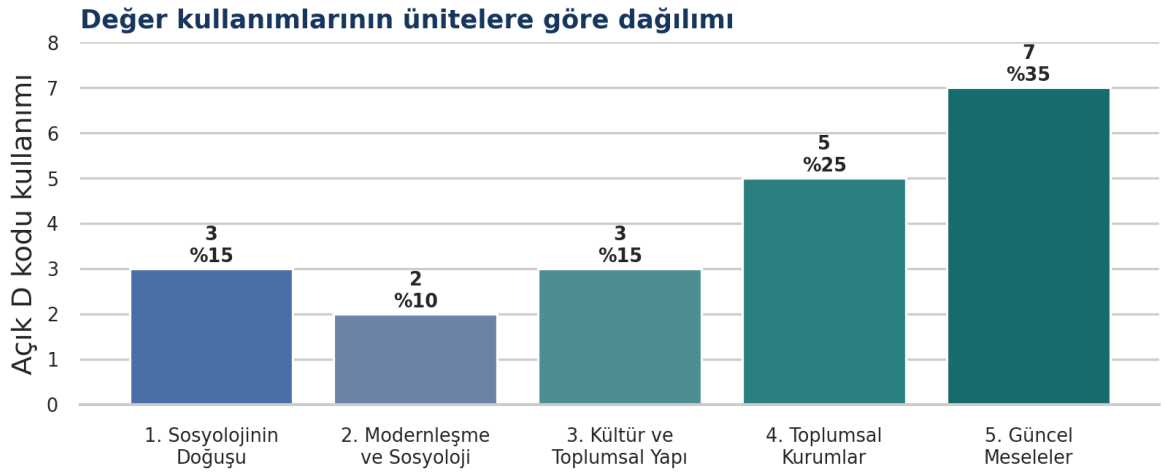
1.1. Kodlama Birimi ve Ölçütler

Parantez içinde açıkça verilen her D kodu bir analiz birimi kabul edilmiştir. Aynı kod farklı bir uygulama bağlamında yeniden geçtiğinde ayrı kullanım sayılmıştır. Kodlar, resmî Erdem-Değer-Eylem Çerçevesindeki ana ve alt değer adlarıyla eşleştirilmiştir. Konu-eylem uyumu; kodun hem ünite içeriği hem öğrenciden beklenen fiille

doğrudan örtüşmesi durumunda yüksek, bunlardan yalnızca biri açık olduğunda orta, ikisi de belirsiz olduğunda düşük olarak değerlendirilmiştir. Uygulanabilirlik; zaman, kaynak, sınıf organizasyonu ve öğrenci düzeyi; değerlendirilebilirlik ise gözlenebilir davranış, ürün, ölçüt ve geri bildirim kanıtı üzerinden üç düzeyde kodlanmıştır. Bağlamsal denge analizi, değerleri değişmez biçimde millî ya da evrensel olarak etiketlememiş; her kullanımın baskın öğrenme bağlamını 'millî-kültürel/manevi', 'yurttaşlık-evrensel etik' ve 'kişisel çalışma süreci' kategorilerinde değerlendirmiştir. Bu ayrım resmî bir MEB sınıflaması değil, metindeki içeriğe dayalı analitik bir yorumdur. Kodların bağımsız bir araştırmacı tarafından çözümlenmiş olması sınırlılıktır; buna karşılık bütün açık kodların bağlamıyla birlikte raporlanması denetlenebilirliği artırmaktadır.

2. BULGULAR

2.1. Ünitelere Göre Dağılım



Şekil 1. Açık değer kullanımlarının ünitelere göre frekans ve yüzde dağılımı.

Tablo 1. Ünite düzeyinde değer yoğunluğu.

Ünite	Adı	Çıktı	Saat	f	%	Kod/çıktı
1	Sosyolojinin Doğuşu	3	16	3	%15	1.00
2	Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji	3	14	2	%10	0.67
3	Kültür ve Toplumsal Yapı	3	12	3	%15	1.00
4	Toplumsal Kurumlar	6	16	5	%25	0.83
5	Güncel Sosyolojik Meseleler	3	10	7	%35	2.33

Toplam 20 kullanımın yedisi (%35) Güncel Sosyolojik Meseleler, beşi (%25) Toplumsal Kurumlar ünitesindedir. İlk üç ünite birlikte toplamın yalnızca %40'ını oluşturmaktadır. Çıktı başına yoğunluk beşinci ünitede 2,33'e yükselirken ikinci ünitede 0,67'dir. Bu artış, küreselleşme araştırması ve yapay zekâ tartışmasının aynı anda mahremiyet, dürüstlük, sağlıklı yaşam, yapıcılık ve gönüllülük gibi farklı değerleri harekete geçirmesinden ile ilişkili görünmektedir. Yoğunluk, değerlerin ne ölçüde öğretildiğini tek başına göstermez; ancak programın etik dikkatini güncel meselelerde belirginleştirdiğini ortaya koyar.

2.2. Değer Çeşitliliği ve Kapsam



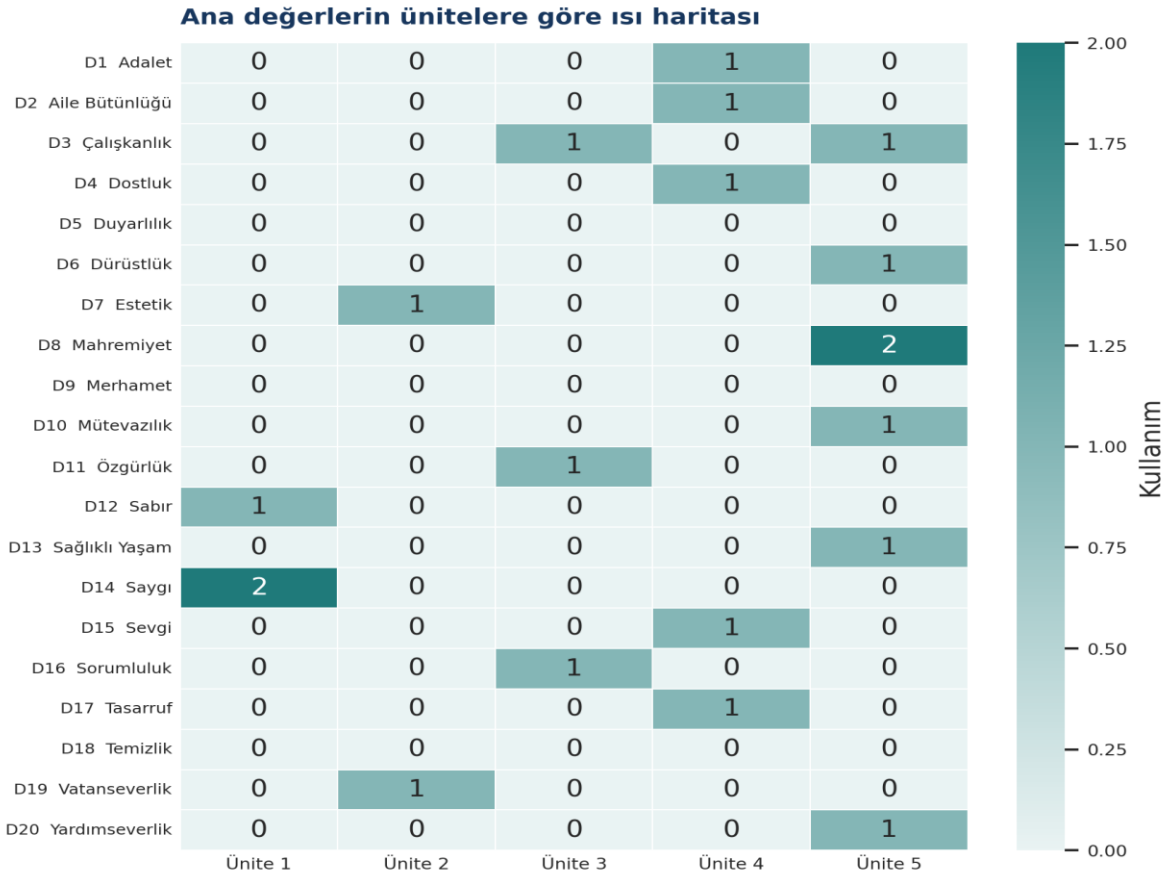
Şekil 2. Erdem-Değer-Eylem Çerçevesindeki 20 ana değerin programdaki kapsamı.

Program, 20 ana değerin 17'sini (%85) ve 19 farklı alt değeri kapsamaktadır. Duyarlılık (D5), merhamet (D9) ve temizlik (D18) açıkça kodlanmamıştır. Yalnızca nezaketli olmak (D14.1) iki kez kullanılmış, diğer 18 alt değer birer kez yer almıştır. Bu desen yüksek çeşitlilik fakat düşük tekrar ve süreklilik anlamına gelir. Bir değerin tek etkinlikte görünmesi tanıştırma sağlayabilir; içselleştirme için farklı ünitelerde, giderek derinleşen eylemler ve geri bildirim döngüleri gerekir.

Tablo 2. Açıkça kullanılan 19 alt değerin frekans ve kapsamı.

Kod	Ana değer	Alt değer	f	%	Ünite
D1.2	Adalet	Hakkaniyetli davranmak	1	%5	4
D2.1	Aile Bütünlüğü	Aile birliğine önem vermek	1	%5	4
D3.3	Çalışkanlık	Araştırmacı ve sorgulayıcı olmak	1	%5	3
D3.4	Çalışkanlık	Çalışmalarda aktif rol almak	1	%5	5
D4.5	Dostluk	Farklı kültürlerle bağ kurmak	1	%5	4
D6.2	Dürüstlük	Doğru ve güvenilir olmak	1	%5	5
D7.1	Estetik	Duyusal derinliği anlamak	1	%5	2
D8.1	Mahremiyet	Kişisel özgürlük alanını korumak	1	%5	5
D8.2	Mahremiyet	Kişisel bilgilerin gizliliğini korumak	1	%5	5
D10.3	Mütevazılık	İnsan ilişkilerinde yapıcı olmak	1	%5	5
D11.3	Özgürlük	Kişisel ve toplumsal haklara saygı göstermek	1	%5	3
D12.3	Sabır	İstikrarlı olmak	1	%5	1
D13.4	Sağlıklı Yaşam	İnsan sağlığını önemsemek	1	%5	5
D14.1	Saygı	Nezaketli olmak	2	%10	1
D15.2	Sevgi	Vefalı olmak	1	%5	4
D16.3	Sorumluluk	Görev bilincine sahip olmak	1	%5	3
D17.1	Tasarruf	Bilinçli tüketici olmak	1	%5	4
D19.2	Vatanseverlik	Millî kimliğini tanımak	1	%5	2
D20.4	Yardımseverlik	Gönüllü olmak	1	%5	5

2.3. Ünite-Değer Isı Haritası



Şekil 3. Yirmi ana değerin beş ünitedeki kullanım ısı haritası.

Isı haritası üç yapısal örüntü göstermektedir. Birincisi, hiçbir ana değerin beş ünite boyunca süreklilik göstermemesidir. İkincisi, saygının yalnızca birinci ünitede iki farklı tartışma davranışına bağlanmasıdır: söz kesmeden dinleme ve eleştiriye açık, saygılı tartışma. Üçüncüsü, dördüncü ve beşinci ünitelerdeki kümelenmenin farklı değerlerden oluşmasıdır. Dolayısıyla mantık programındaki tekrarlı performans görevi kaynaklı yapay yoğunluğun aksine, bu belgede yoğunluk çoğunlukla konuya özgü çeşitlilikten doğmaktadır; sorun tekrar değil, değerlerin sonraki etkinliklerde izlenmemesidir.

2.4. Üniteler Bazında İçerik-Değer İlişkisi

- Sosyolojinin Doğuşu

Nezaket (D14.1), sosyolojik tartışmanın kurallarına doğrudan bağlanmış ve öğrenci eylemiyle yüksek uyum göstermiştir. Göç tartışmasında farklı görüşleri dinleme ve eleştiriye açık olma, saygıyı gözlenebilir kılar. İstikrarlı olmak (D12.3) ise kurucular, problemler ve kavramlar üzerine iş birlikli çalışmaya eklenmiştir; görev süresi, ara hedef ve güçlük karşısında sebat göstergesi verilmediği için uyum orta düzeydedir.

- Türkiye'de Modernleşme ve Sosyoloji

Millî kimliği tanımak (D19.2), Rusya, İran ve Japonya modernleşmelerini karşılaştırma etkinliğinde Türkiye'nin tarihsel tecrübesini konumlandırmak için anlamlı bir fırsattır; ancak etkinliğin metni millî kimliğe ilişkin açık bir araştırma ya da karşılaştırma ölçütü istemediğinden bağlantı dolaylıdır. Edebiyat metinlerinin toplumsal

çözümlemeye kattığı duygusal ve estetik derinliği değerlendirmede D7.1 yüksek uyumludur; öğrencinin eser, deneyim ve toplumsal bağlam arasında gerekçeli ilişki kurması değerlendirilebilir bir ürün sağlayabilir.

- Kültür ve Toplumsal Yapı

Dijital kültürün bütünleştirici işlevini sorgulayan metin çalışmasında araştırmacı ve sorgulayıcı olmak (D3.3) güçlü; görev bilinci (D16.3) ise rol, zaman ve sorumluluk ölçütleri belirtilmediğinden orta düzeyde ilişkilidir. Kişisel ve toplumsal haklara saygı (D11.3), birey-toplum gerilimi ve insanların neden toplum hâlinde yaşadığı tartışmalarıyla uyumludur; fakat öğrencinin hak çatışmasını çözümlemesi ya da bir uzlaşma ilkesi önermesi açıkça istenmelidir.

- Toplumsal Kurumlar

Aile birliği (D2.1), ailede sevgi-saygı-güven ilişkisini çözümleyen etkinlikle yüksek uyumludur. Vefalı olmak (D15.2) aynı bağlamda kullanılabilir olmakla birlikte aile kurumunun sürekliliğiyle alt değerin kültürel miras ve bağları koruma boyutu açık kurulmadığında orta düzeyde kalmaktadır. Farklı kültürlerle bağ kurma (D4.5), farklı inançlara saygı bağlamında içerikle yakın; hakkaniyetli davranmak (D1.2), iktidar ve otoriteyi Fârâbî, Yusuf Has Hacib ve İbn Haldun üzerinden adalet merkezli incelemede çok güçlüdür. Bilinçli tüketici olmak (D17.1), ekonomik sistemlerin yalnızca makro özelliklerini karşılaştıran görevde bireysel tüketim eylemi görünmediği için çalışmanın en zayıf eşleşmesidir.

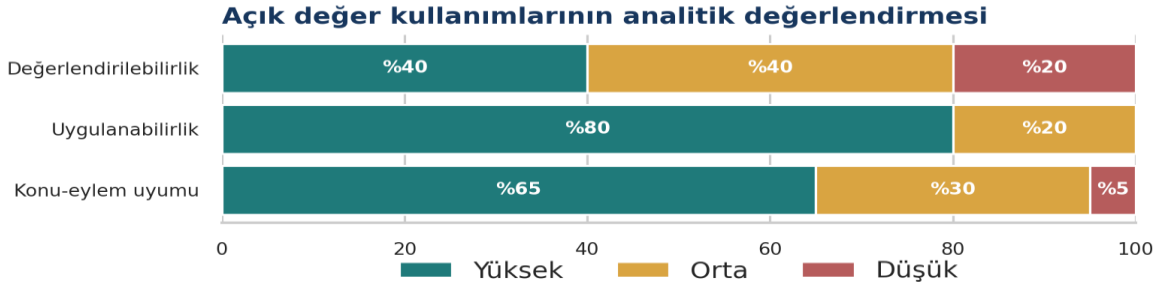
- Güncel Sosyolojik Meseleler

Küreselleşme anketinde aktif rol alma (D3.4), araştırma süreciyle doğrudan örtüşmektedir. Yapay zekâ tartışmasında doğru ve güvenilir olma (D6.2), kişisel özgürlük (D8.1), kişisel bilgi gizliliği (D8.2) ve insan sağlığı (D13.4) güncel içeriğin etik riskleriyle güçlü bağ kurmaktadır. Yapıcılık (D10.3) ve gönüllülük (D20.4), akranlara destek olma davranışıyla görünürdür. Bununla birlikte yedi kodun birkaç cümlede kümelenmesi, her değer için ayrı gözlem ölçütü verilmediğinde öğretmenin neyi izleyeceğini belirsizleştirebilir.

2.5. Bağlamsal Denge

Baskın öğrenme bağlamına göre 20 kullanımın 11'i (%55) yurttaşlık-evrensel etik, beşi (%25) millî-kültürel/manevi ve dördü (%20) kişisel çalışma süreciyle ilişkilidir. Bu sınıflama değerlerin özünü değil, programdaki kullanım bağlamını göstermektedir. Adalet, mahremiyet, dürüstlük, haklara saygı ve yardımseverlik evrensel etik meselelerle; vatanseverlik, aile bütünlüğü, sevgi, estetik ve adaletin Türk-İslam düşüncesindeki yorumu millî-kültürel bağlamlarla; çalışkanlık, sabır ve sorumluluk araştırma süreciyle öne çıkmaktadır. Dağılım, modelin millî-manevi referanslarla evrensel boyutu birlikte ele alma hedefiyle genel olarak uyumludur; ancak kültürel bağlamın yalnızca tarihsel isim ve kurumlarla sınırlanmaması, güncel yaşam pratikleri ve yerel topluluk sorunlarıyla desteklenmesi gerekir.

2.6. Uyum, Uygulanabilirlik ve Değerlendirilebilirlik



Şekil 4. Değer kullanımlarının konu-eylem uyumu, uygulanabilirliği ve değerlendirilebilirliği.

Yirmi kullanımın 13'ü (%65) konu ve öğrenci eylemiyle yüksek, altısı (%30) orta, biri (%5) düşük uyumludur. Yüksek eşleşmelerde değer, öğrencinin açık fiiliyle birleşmektedir: söz kesmeden dinleme-nezaket; araştırmada rol alma-çalışkanlık; kişisel veriyi tartışma-mahremiyet; adalet anlayışını karşılaştırma-hakkaniyet. Orta eşleşmelerde değer konuya yakındır fakat belirli bir davranış ve kanıtla desteklenmemiştir. Ekonomik sistem karşılaştırması-bilinçli tüketicilik eşleşmesi düşük değerlendirilmiştir.

Uygulanabilirlikte 16 kullanım (%80) yüksek, dördü (%20) orta düzeydedir; uygulanamaz kullanım yoktur. Tartışma, metin analizi, karşılaştırma ve grup araştırması olağan sınıf koşullarında yürütülebilir. Anket, yapay zekâ tartışması ve kapsamlı kaynak araştırması ise veri güvenliği, dijital erişim, süre ve öğretmen rehberliği gerektirir. Değerlendirilebilirlik daha düşüktür: sekiz kullanım (%40) yüksek, sekizi (%40) orta, dördü (%20) düşük düzeydedir. Bunun temel nedeni programın değer kodunu çoğu kez etkinlik yanında göstermesi; fakat davranış göstergesi, ürün ölçütü, öz-akran değerlendirmesi ve geri bildirim-revizyon zinciri tanımlamamasıdır.

3. TARTIŞMA

Programın 17 ana değeri kapsaması, değer çeşitliliği bakımından güçlü bir bulgudur. Üstelik 19 alt değerin 18'inin yalnızca birer kez kullanılması, az sayıda değerin mekanik biçimde tekrarlanması yerine farklı ünite içeriklerinin farklı etik boyutlarla ilişkilendirildiğini göstermektedir. Bununla birlikte geniş kapsam ile programlama derinliği aynı değildir. Değerin bir kez adlandırılması, öğrencinin o değeri farklı durumlarda tanıması, seçmesi ve eyleme dönüştürmesi için tek başına yeterli olmayabilir. Değerler durumlar üstü yönelimler olduğundan (Schwartz, 2012), programda aynı temel değerin giderek karmaşıklaşan durumlarda yeniden ele alınması beklenir.

Saygı, sorumluluk ve adalet modelde çatı değerlerdir. İncelenen programda üçü de vardır; ancak saygı yalnızca birinci, sorumluluk üçüncü ve adalet dördüncü ünitede açık kodlanmıştır. Böylece çatı değerler program boyunca yatay bir omurga oluşturmamaktadır. Oysa kaynak kullanımı ve anket etiğinde dürüstlük-adalet-sorumluluk; kültürel farklılık ve din tartışmalarında saygı-adalet; yapay zekâda mahremiyet-adalet-sorumluluk birlikte ve tekrar eden biçimde ele alınabilir. Bu tür bir spiral yapı, değerleri tekil etiketlerden bütünlüklü etik muhakeme örüntülerine dönüştürür.

Açık kodlanmayan duyarlılık, merhamet ve temizlik değerleri sosyoloji içeriğine yabancı değildir. Duyarlılık; tabakalaşma, ayrımcılık, yaşlılık, engellilik, göç ve çevresel sürdürülebilirlik sorunlarında; merhamet, kırılgan grupların deneyimlerini perspektif alma ve sosyal politika tartışmalarında; temizlik ise çevresel eşitsizlik, kentleşme, ortak yaşam alanı ve sürdürülebilirlik bağlamında sosyolojik bir içeriğe dönüştürülebilir. Burada amaç bütün değerleri her üniteye eklemek değil, disiplinin kavram ve araştırma yöntemleriyle doğal bağ kuran değerleri seçmektir. Bulguların öne çıkan pedagojik sonuçlarından biri, değerlerin uygulanabilir olmasına rağmen her zaman değerlendirilebilir olmamasıdır. Bir tartışmanın saygıyı destekleme potansiyeli vardır; fakat konuşma sırası, karşı görüşü doğru özetleme, kişiye değil iddiaya eleştiri yöneltme ve yeni kanıt karşısında görüşünü

gözden geçirme gibi göstergeler olmadan bu değer sistematik biçimde izlenemez. Thornberg'in (2008) işaret ettiği plansızlık sorununu aşmak için değer eğitiminin 'kod-eylem-kanıt' zincirinde tasarlanması gerekir: resmî alt değere uygun öğrenci eylemi, öğretmen desteği, gözlenebilir kanıt ve geri bildirim ölçütü birlikte yazılmalıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

2026 Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı'nda 20 açık D kodu kullanımı, 19 farklı alt değer ve 17 ana değer bulunmaktadır. Program; çeşitlilik, güncel etik meselelerle bağ kurma, millî-kültürel ve evrensel bağlamları birlikte kullanma ve etkinliklerin sınıf içinde uygulanabilirliği bakımından güçlü yönler sergilemektedir. Değer yoğunluğunun dördüncü ve beşinci ünitelerde artması, toplumsal kurumlar ile güncel sosyolojik meselelerin etik boyutlarının görünür kılındığını göstermektedir. Buna karşılık ilk üç ünitedeki düşük yoğunluk, çatı değerlerin program boyunca süreklilik göstermemesi, bir alt değer dışındaki bütün alt değerlerin yalnızca bir kez kullanılması ve gözlenebilir değerlendirme ölçütlerinin sınırlılığı başlıca geliştirme alanlarıdır.

Tablo 3. Ünite içeriğine dayalı değer-eylem-kanıt önerileri.

Ünite	Önerilen değerler	Öğrenme-öğretme uygulaması	Gözlenebilir kanıt
1. Sosyolojinin Doğuşu	D6.2, D16.3	Kaynak doğrulama ve araştırma etiği; grup rollerini süre ve sorumlulukla izleme.	Kaynak güvenilirliği formu + süreç günlüğü
2. Modernleşme ve Sosyoloji	D1.2, D5.1, D14.3	Modernleşmenin farklı gruplara etkisini hakkaniyet ve toplumsal duyarlılıkla karşılaştırma.	Etki matrisi + gerekçeli yansıtma
3. Kültür ve Toplumsal Yapı	D4.5, D5.1, D9.1	Kültürel görelilik, tabakalaşma ve eşitsizlik deneyimlerini perspektif alma yoluyla inceleme.	Perspektif günlüğü + eşitsizlik vaka analizi
4. Toplumsal Kurumlar	D16.2, D18.3, D20.2	Kurumların çevresel sürdürülebilirlik ve ortak yaşam kalitesi sorumluluğunu tartışma.	Kurum-sorumluluk haritası + eylem önerisi
5. Güncel Meseleler	D1.1, D5.1, D9.1, D16.2	Algoritmik ayrımcılık, göç ve kutuplaşmada hak, duyarlılık, merhamet ve toplumsal sorumluluk.	Etik etki değerlendirmesi + politika notu

Program geliştirmede öncelik, kod sayısını artırmak değil, seçilen değeri öğrenme tasarımına yerleştirmek olmalıdır. Her uygulamada (a) ilgili alt değer ve süreç bileşeni, (b) öğrenciden beklenen açık eylem, (c) model olma veya rehber soru gibi öğretmen desteği, (d) ürün/süreç kanıtı ve (e) öz-akran-öğretmen geribildirimi tanımlanmalıdır. Değer göstergeleri başarı notuna indirgenmemeli; gelişimi görünür kılan betimleyici rubrik ve yansıtma araçları olarak kullanılmalıdır.Ayrıca çatı değerler için yatay süreklilik matrisi hazırlanmalıdır. Saygı; tartışma, görüşme ve dijital iletişimde; sorumluluk; grup araştırması, veri toplama ve kamusal öneride; adalet ise tabakalaşma, aile, ekonomi, siyaset ve yapay zekâda farklı düzeylerde yeniden ele alınabilir. Böylece öğrenci değeri tek bir konuya ait slogan olarak değil, değişen toplumsal bağlamlarda kullanılabilen bir muhakeme ve eylem ilkesi olarak deneyimler.

KAYNAKLAR

Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, *9*(2), 27-40. https://doi.org/10.3316/QRJ0902027

Duman, E. Z., & Küçükşabanoğlu, Ö. (2023). Ortaöğretim psikoloji ders kitabında değerlerin analizi. *Academic Social Resources Journal*, *8*(54), 3970–3979. https://doi.org/10.29228/asrjournal.72692

Duman, E. Z., & Arslan, A. (2023). Ortaöğretim felsefe ders kitabında değerlerin incelenmesi. *Kesit Akademi*, *9*(37), 122–143. https://doi.org/10.29228/kesit.72660

Demiralp, N., Duman, E. Z., & Küçükşabanoğlu, Ö. (2023). Ortaöğretim coğrafya ve felsefe ders kitaplarında yer alan değerlerin analizi. *Academic Social Resources Journal*, *8*(55), 4355–4365. https://doi.org/10.29228/asrjournal.73821

Demiralp, N., Duman, E. Z., & Arslan, A. (2023). Ortaöğretim coğrafya ve mantık ders kitaplarında yer alan değerlerin analizi. *ATLAS Journal*, *9*(52), 34–56. https://doi.org/10.5281/zenodo.10396040

Halstead, J. M., & Taylor, M. J. (2000). Learning and teaching about values: A review of recent research. *Cambridge Journal of Education*, *30*(2), 169-202. https://doi.org/10.1080/713657146

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology* (4th ed.). Sage.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2026a). *Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi*. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. https://tymm.meb.gov.tr/beceriler/erdem-deger-eylem-cercevesi

Millî Eğitim Bakanlığı. (2026b). *Sosyoloji Dersi 1 Öğretim Programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=2174

Paterson, L. (2009). Civic values and the subject matter of educational courses. *Oxford Review of Education*, *35(*1), 81-98. https://doi.org/10.1080/03054980802351801

Schwartz, S. H. (2012). An overview of the Schwartz theory of basic values. *Online Readings in Psychology and Culture*, *2*(1). https://doi.org/10.9707/2307-0919.1116

Thornberg, R. (2008). The lack of professional knowledge in values education. *Teaching and Teacher Education*, *24*(7), 1791-1798. https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.04.004

Zabun, B. (2013). Değerlerin sosyolojik öğretimi: Ortaöğretim sosyoloji dersi öğretim programında yer alan değerlerin analizi. *Akademik Bakış*, *38*, 1–11.

Zabun, B. (2021). *Sosyoloji dersi öğretim programlarında değerler öğretimi*. E. Z. Duman & F. Manav (Eds.), Felsefe grubu eğitimi araştırmaları İçinde (ss. 198–207). Pegem.

Zabun, B. (2022). *Ders kitaplarında değerler taramasına esas değerlerin sosyolojik sınıflaması.* E. Z. Duman (Ed.), Felsefe grubu eğitimi alanında çalışmalar İçinde (ss. 53–68). Nobel Akademi.

İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ GEOMETRİK CİSİMLERLE İLGİLİ OLUŞTURDUKLARI KAVRAM HARİTALARININ İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Şaban Can ŞENAY

Selçuk Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi, can.senay@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8437-180X

Özet

Anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi için kavramlar arası ilişkilerin zihnimizde doğru bir şekilde oluşturulması gerekir. Kavramlar arasındaki ilişkileri gösteren iki boyutlu şemalar olarak tanımlayabileceğimiz kavram haritaları; aynı zamanda, birçok disiplinde öğretmenler tarafından kullanılan bir eğitim aracıdır. Öte yandan, kavram haritalarının öğretimde etkili ve doğru bir şekilde kullanılması için öğretmenlerin kavram haritası oluşturma becerilerinin de yeterli düzeyde olması gerekir. Bu araştırmanın amacı, ilköğretim matematik öğretmen adaylarının geometrik cisimlere yönelik oluşturdukları kavram haritalarını yapısal açıdan incelemektir. Oluşturulacak kavram haritalarında kavramsal zenginlik sağlayabileceğinden dolayı geometrik cisimler konusu tercih edilmiştir. Araştırma, İç Anadolu Bölgesindeki bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinde öğrenim gören 34 öğretmen adayı ile yürütülmüştür. Nitel bir durum çalışması olan bu araştırmada, veri toplama aracı olarak; katılımcıların, düşük yönlendirmeli "sıfırdan harita yap" tekniği ile oluşturdukları geometrik cisimlere ilişkin kavram haritaları kullanılmıştır. Oluşturulan kavram haritaları, herhangi bir puanlama yapılmadan yapısal bakımdan içerik ve betimsel analiz yöntemleriyle incelenmiştir. Bulgular, öğretmen adaylarının çoğunlukla hiyerarşik (%61.8) ve örümcek (%38.2) formda kavram haritaları oluşturduklarını, kavramların tam olarak çerçeve içinde belirtilme (%35.3) ve tüm bağlantılarda önerme (bağlantı ifadesi) kullanma (%11.7) oranlarının düşük olduğunu, sembol/örnek kullanımının (%64,7) ise kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu bulgulara göre, öğretmen adaylarının kavram haritalarını yalnızca kavramların listelendiği bir şema olarak algıladıkları ve haritalarda kullandıkları kavramlar arasındaki ilişkileri ifade etmede güçlük yaşadıkları söylenebilir. Bu sonuçlara göre, öğretmen adaylarının kavram haritası oluşturmaya yönelik eksikliklerinin ve yanlış algılarının giderilmesi için lisans eğitimi döneminde dijital kavram haritası araçlarından da faydalanarak farklı ders ve konularda kavram haritalarının öğretim süreçlerine dahil edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kavram haritası, öğretmen adayları, geometrik cisimler.

ANALYSIS OF CONCEPT MAPS CREATED BY ELEMENTARY SCHOOL MATHEMATICS TEACHER CANDIDATES REGARDING GEOMETRIC OBJECTS

Asst. Prof. Dr. Şaban Can ŞENAY

Selçuk University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, can.senay@selcuk.edu.tr, 0000-0001-8437-180X

Abstract

For meaningful learning to occur, relationships among concepts must be accurately constructed in the mind. Concept maps, defined as two-dimensional diagrams that display connections between concepts, are widely used as instructional tools by teachers across various disciplines. On the other hand, for concept maps to be used effectively and correctly in instruction, teachers must also possess sufficient skills in creating them. The purpose of this study is to examine the concept maps created by elementary school mathematics teacher candidates regarding geometric objects from a structural perspective. The topic of geometric objects was chosen because it can provide conceptual richness in the concept maps to be created. The research was conducted with 34 teacher candidates enrolled in the Faculty of Education at a state university in Central Anatolia. As a qualitative case study, the data collection instrument consisted of concept maps produced by participants through the low-directed "create a map from scratch" technique. The maps were analyzed structurally using content and descriptive analysis without assigning scores. Findings revealed that teacher candidates predominantly constructed hierarchical (61.8%) and spider (38.2%) forms of concept maps. Additionally, the use rates of framed concepts (35.3%) and linking propositions (11.7%) were relatively low, while the use of symbols/examples (64.7%) was at an acceptable level. According to these findings, it can be said that teacher candidates perceive concept maps merely as diagrams used to list concepts and have difficulty expressing the relationships between the concepts on the maps. Based on these results, to address teacher candidates' deficiencies and misconceptions about concept mapping, it is recommended that concept maps be integrated into teaching environments with the support of digital tools for various courses and topics during undergraduate education.

Keywords: Concept map, teacher candidates, geometric objects.

MAHMUD NEDİM PAŞA DÖNEMİNDEKİ REFORMLAR

Doç.Dr. Çetin AYKURT

Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü, Yakınçağ Tarihi

dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID :0000-0001-5467-8659

Özet

Mahmud Nedim Paşa, döneminde önemli idari değişiklikler yaptı. Göreve geldiğinden itibaren valilerin âdil bir şekilde vilayetleri yönetmeleri ve danışma meclislerinin serbest bir seçimle iş başına gelmelerini sağlamak olmuştur. Bir müddet sonra aşara eklenen ek vergiyi kaldırmıştır. Birçok çiftçinin ödenmemiş borçlarının bir kısmını affetmiştir. 12 Aralık 1875 tarihinde vergi ve hukuk düzenlerinde büyük reformlar vaat etmiştir. Müslüman olmayan milletler üyelerinin hükümet memurluklarına alınma koşullarına düzeltileceğini açıklamıştır. 21 Şubat 1876 tarihinde vilayet meclisleri seçimlerinin serbest olması konusundaki tutumunu tekrarladı. Vilayet kolluk kuvvetleriyle cezaevlerinin durumlarının düzeltilmesi için önlemler alınmasını istemiştir. Mahmud Nedim Paşa, Tanzimat döneminde kurulan geniş bürokratik yapıyı düzene sokmak gayesiyle Tensikat ve Tasarrufat Komisyonu oluşturdu. Bu komisyon devlet bütçesini yararlı olmayı hedeflemişti. Bunun yanı sıra Mahmud Nedim Paşa ile politikasını desteklemeyenleri temizlemeye de yarayacaktı. 1864 tarihinde bazı büyük vilayetleri küçültme yoluna gitti. Sofya'yı Tuna vilayetinden, Şebin Karahisar'ı Trabzon'dan, Hersek'i Bosna'dan ayırdı. Mahmud Nedim Paşa, meclisin idari ve adli işlevlerini gereksiz yere tekrarladıkları gerekçesiyle kaldırmıştır. Hukukî ve adli işlevleri Divan-ı Ahkâm- Adliye'ye devretti. Meclisin yönetici görevleriyle yasama işlevleri de kısa bir süre sonra Islahat Komisyonu'na devredildi. Sadrazam bu komisyona tüm yasama ve yönetimi desteklemek için kurmuş ve kendine yakın kişilerle doldurmuştu.

Anahtar Kelimeler: Mahmud Nedim Paşa, Reform, Tanzimat.

REFORMS DURING THE REIGN OF MAHMUD NEDİM PASHA

Assoc.Prof. Çetin AYKURT

Yozgat Bozok University, Faculty of Arts and Science, History Department

dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID: 0000-0001-5467-8659

Abstract

Mahmud Nedim Pasha implemented significant administrative reforms during his tenure. From the moment he took office, his aim was to ensure that governors administered their provinces fairly and that consultative councils were elected freely. Some time later, he abolished the additional tax that had been imposed on top of the ashâr. He also remitted part of the outstanding debts of many farmers. On 12 December 1875, he promised major reforms to the tax and legal systems. He announced that the conditions for the appointment of members of non-Muslim communities to government posts would be revised. On 21 February 1876, he reiterated his stance on the need for provincial council elections to be free. He called for measures to be taken to improve the conditions of provincial law enforcement agencies and prisons. Mahmud Nedim Pasha established the Commission for Reorganisation and Economy with the aim of bringing order to the extensive bureaucratic structure set up during the Tanzimat period. This commission was intended to improve the state budget. Furthermore, it would also serve to purge those who did not support Mahmud Nedim Pasha's policies. In 1864, he proceeded to downsize certain large provinces. He separated Sofia from the Danube Province, Şebin Karahisar from Trabzon, and Herzegovina from Bosnia. Mahmud Nedim Pasha abolished the administrative and judicial functions of the Assembly on the grounds that they unnecessarily duplicated the work of the Divan-ı Ahkâm-ı Adliye. He transferred the legal and judicial functions to the Divan-ı Ahkâm-Adliye. The assembly's administrative duties and legislative functions were also transferred to the Reform Commission shortly afterwards. The Grand Vizier had established this commission to support all legislative and administrative matters and had filled it with people close to him.

Key Words: Mahmud Nedim Pasha, Reform,

KUZEY AFRİKA'DA SON PERDE: TRABLUSGARP HARBİ

Doç.Dr. Çetin AYKURT

Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü, Yakınçağ Tarihi

dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID :0000-0001-5467-8659

Özet

İtalya, Osmanlı Devleti'nin Trablusgarp Vilâyeti'ne silahlı müdahalede bulunmuştu. Osmanlı Devleti Trablusgarp'ta zayıf bir birlik bulundurmaktaydı. Akdeniz'e kıyısı olan Afrika toprakları İngiltere ve Fransa tarafından paylaşılmıştı. Sadece Trablusgarp kalmıştı. Osmanlı Devleti'nde ekonomik sıkıntı büyüktü. Trablusgarp, İtalya'ya yakındı. İtalyan tüccarları uzun süredir burayla ticaret yapıyorlardı. 1900 tarihinde Fransa, Fas'ı işgal etmesi halinde Trablusgarp'ı İtalyanlara vermeye hazırdı. Avusturya'da, Bosna-Hersek'teki emellerini gerçekleştirmek üzere İtalya'nın yardımcı olması halinde aynı ödünü vermişti. İngiltere'de İtalya'ya taviz vermişti. 1909 tarihinde İtalya'nın Boğazların Rus harp gemilerine açılması isteğini desteklemesi üzerine Rusların da onayı alınmış oldu. Fransa, Fas'taki durumu sağlama alınca İtalyan basını ve kamuoyu Trablusgarp'te harekete geçilmesi gerektiğini belirtmekteydi. İtalya hükümeti harp kararı aldı. İtalya hükümeti bir süredir Trablusgarp ve Bingazi'deki İtalya uyruklulara kötü davranılmasından şikayet ediyorlardı. Osmanlı Devleti bu harpten kaçınmak istiyordu. 29 Eylül 1911 tarihinde İtalya harp ilan etti. Trablusgarp denizden ablukaya alındı. 4 Ekim 1911 tarihinde Trablusgarp bombardırmana tutulmuştu. İtalyan birliği Tobruk'a çıkmıştı. Balkanlardaki durum nedeniyle Osmanlı Devleti bölgeye çok az bir kuvvet ayırdı. Enver Bey Bingazi, Mustafa Kemal Bey de Trablusgarp ve Demre komutanlıklarına getirilmişti. Ancak onlar gelmeden İtalyanlar tüm kıyı bölgesini elde etmişlerdi. İtalya 4 Kasım 1911 tarihinde Trablusgarp ve Bingazi'yi ilhak etmişlerdi. İtalya'nın harbi kazanmasının Osmanlı Devleti üzerinde ilk politik sonucu İttihatçıların hızla zayıflamaları olmuştur. İtalyanlarla iyi ilişkileri olduğunu ifade eden Sadrazam İbrahim Hakkı Paşa'nın istifa etti.

Anahtar Kelimeler: Trablusgarp, Mustafa Kemal Bey, Enver Bey, İbrahim Hakkı Paşa.

THE FINAL ACT IN NORTH AFRICA:THE WAR OF TRIPOLI

Assoc.Prof. Çetin AYKURT

Yozgat Bozok University, Faculty of Arts and Science, History Department

dr.cetinaykurt@gmail.com ORCID: 0000-0001-5467-8659

Abstract

Italy had intervened militarily in the Ottoman Empire's Province of Tripoli. It maintained a small garrison in Tripoli. The African territories bordering the Mediterranean had been divided between Britain and France. Only Tripoli remained. The Ottoman Empire was facing severe economic hardship. Tripoli was close to Italy. Italian merchants had been trading there for a long time. In 1900, France was prepared to hand over Tripoli to the Italians should it occupy Morocco. In Austria, he had made the same concession on the understanding that Italy would assist him in realising his ambitions in Bosnia and Herzegovina. In Britain, he had made concessions to Italy.. In 1909, Britain's support for Italy's request to open the Straits to warships meant that Russian approval had also been secured. Once France had stabilised the situation in Morocco, the Italian press and public opinion were insisting that action must be taken in Tripoli. The Italian government decided to go to war. The Italian government had for some time been complaining about the mistreatment of Italian nationals in Tripoli and Benghazi. The Ottoman Empire wished to avoid this war. On 29 September 1911, Italy declared war. Tripoli was placed under a naval blockade. On 4 October 1911, Tripoli came under bombardment. An Italian force had landed at Tobruk. Due to the situation in the Balkans, the Ottoman Empire allocated only a very small force to the region. Enver Bey was appointed commander of Benghazi, whilst Mustafa Kemal Bey was appointed commander of Tripoli and Demre. However, before they could arrive, the Italians had already secured the entire coastal region. On 4 November 1911, Italy annexed Tripoli and Benghazi. The first political consequence of Italy's victory in the war for the Ottoman Empire was the rapid weakening of the Committee of Union and Progress. This led to the resignation of Grand Vizier İbrahim Hakkı Pasha, who had stated that he maintained good relations with the Italians.

Keywords: Tripoli, Mustafa Kemal Bey, Enver Bey, İbrahim Hakkı Pasha.

ÇAĞLAR ARASINDA KÖPRÜ KURMAK: ERKEN CUMHURİYET DÖNEMİNDE TUNALI HİLMİ (1920–1928)

Dr. Fikriye KARAMAN, Samsun Üniversitesi, https://orcid.org/0000-0002-3600-3276

Özet

Bu çalışma, Osmanlı İmparatorluğu'ndan Türkiye Cumhuriyeti'ne geçiş sürecinde, özellikle 1920-1928 yılları arasında, Abdullah Tunalı Hilmi'nin (1871–1928) siyasi faaliyetlerini ve ideolojik dönüşümünü incelemektedir. Jön Türk hareketinin bir mensubu olan Tunalı Hilmi, Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde anayasacılığı, parlamenter yönetimi ve siyasi reformları savunmuştur. İlk dönem siyasi düşüncesi, imparatorluk bünyesindeki çeşitli topluluklar arasında birliği teşvik etmeyi amaçlayan Osmanlıcılık fikriyle şekillenmiştir. Osmanlı İmparatorluğu'nun çöküşünün ardından, 1920'den 1928'deki vefatına kadar Türkiye Büyük Millet Meclisi üyesi olarak yeni kurulan cumhuriyet düzeninde yer almıştır. Çalışma; onun parlamentodaki faaliyetlerini; Türk milliyetçiliği, halk egemenliği, köylülerin temsili, eğitim, kadın hakları ve Türk dili üzerine görüşlerini ele almaktadır. Ayrıca, siyasi düşüncesindeki değişim ve süreklilikleri göz önünde bulundurarak, önceki Osmanlıcı fikirleri ile sonraki milliyetçi bakış açısı arasındaki ilişkiyi irdelemektedir. Çalışmada, eğitim imkânlarını iyileştirme, parlamenter temsili güçlendirme ve sosyal ve ekonomik sorunlara çözüm bulma yönündeki çabalarına özel bir önem verilmiştir. Tunalı Hilmi'nin siyasi kariyeri ve fikirleri incelenerek, onun iki farklı siyasi dönemdeki deneyimleri ve erken Cumhuriyet dönemindeki siyasi ve toplumsal tartışmalara yaptığı katkılar ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tunalı Hilmi, Osmanlıcılık, Türkiye Cumhuriyeti, Türkçe, Eğitim

BRIDGING EPOCHS: TUNALI HİLMİ IN THE EARLY REPUBLICAN PERIOD (1920-1928)

Dr. Fikriye KARAMAN, Samsun Üniversitesi, https://orcid.org/0000-0002-3600-3276

Abstract

This study examines the political activities and ideological transformation of Abdullah Tunalı Hilmi (1871–1928) during the transition from the Ottoman Empire to the Republic of Türkiye, focusing on the period from 1920 to 1928. As a member of the Young Turk movement, Tunalı Hilmi advocated constitutionalism, parliamentary government, and political reform in the last decades of the Ottoman Empire. His early political thought was shaped by Ottomanism, which sought to promote unity among the empire's diverse communities. Following the collapse of the Ottoman Empire, he participated in the emerging republican order as a member of the Grand National Assembly of Türkiye from 1920 until his death in 1928. The study discusses his parliamentary activities and his views on Turkish nationalism, popular sovereignty, peasant representation, education, women's rights, and the Turkish language. It also examines the relationship between his earlier Ottomanist ideas and his later nationalist outlook, considering the changes and continuities in his political thought. In the study particular attention is paid to his efforts to improve educational opportunities, strengthen parliamentary representation, and address the social and economic problems. Through an examination of his political career and ideas, the study explores Tunalı Hilmi's experiences across two political eras and his contribution to the political and social debates of the early Republican period.

Key Words: Tunalı Hilmi, Ottomanism, Turkish Republic, Türkish language, Education

INTRODUCTION

The transition from the Ottoman Empire to the Republic of Turkey brought significant political and ideological transformations, while also creating new contexts in which earlier political ideas and commitments were reconsidered. For individuals whose political experiences extended across both periods, the establishment of the Republic represented not only a change of regime but also a process of redefining their political positions and aspirations. Tunalı Hilmi (1871–1928), a former member of the Young Turk movement and later a deputy in the Grand National Assembly, was among those who experienced and participated in this transformation. Having advocated constitutionalism and Ottomanism during his earlier political career, he became increasingly associated with Turkish nationalism, populism, and popular sovereignty during the Republican period. His parliamentary activities between 1920 and 1928 provide a perspective on how his earlier political concerns were maintained and reformulated within the framework of the new nation-state. This article explores Tunalı Hilmi's political activities and ideas during this formative period, focusing particularly on the continuities and changes in his ideological outlook and his contributions to the political and social debates of the early Republic.

Political Activism, Ottomanism, and Constitutionalism: Tunalı Hilmi in the Late Ottoman Context

Abdullah Tunalı Hilmi was born in 1871 in Eski Cuma, a location in what is now Bulgaria, and died in 1928 in Istanbul as a Turkish citizen of the Republic of Türkiye. Following the defeat of the Ottomans by Russia in the 1877-78 Russo-Turkish War, thousands of Muslims were compelled to leave their homes in the Balkans. Tunalı Hilmi's family was among those who immigrated to the Ottoman territories from the lost lands in the Balkans. Tunalı Hilmi joined the Gülhane Medical College after completing the Kuleli Medical Military High School and Fatih Military Medical School. The period of his education proved pivotal in the formation of his political ideology and identity. He was exposed not only to modern curricula but also to Ottomanist ideas and reforms that had been promoted and undertaken since the promulgation of the Tanzimat (1839) in order to maintain imperial unity.

Tunalı Hilmi came into contact with the opposition movement of the Committee of Union and Progress (CUP), also known as the Young Turk movement, which compelled Sultan Abdülhamid II (r. 1876-1909) to restore the constitution (*Kanun-i Esasi*) and the parliament in July 1908. This movement was established by a small group of students at the Military Medical College in 1889.[1] Members of the movement accused the sultan of failing to protect the empire from external threats, suspending the constitution and parliament in 1878, and suppressed liberal ideas.

The writings of the New Ottomans, a group of intellectuals led by Namık Kemal who advocated constitutionalism in the 1860s, were widely read and highly regarded among the students (Mardin, 2000). Their actions were driven by a desire for liberty, reform, and patriotism. Moreover, the journals of the Young Turks published abroad, including *Osmanlı, Meşveret, Şura-yı Ümmet,* were secretly disseminated in schools. Influenced by these ideas Tunalı Hilmi joined the CUP movement while he studying at Kuleli Military High School.[2] He produced a handwritten journal entitled *Teşvik* (Incentive). His political activities continued at Gülhane Military Medical College, where he established the Secret Society of Students (*Mektepliler Cemiyet-i Hafiyesi*), which subsequently merged with the CUP (Tunalı Hilmi, "T.B.M.M Azası Tercüme-i hal Kağıdı," TBMM Sicil Arşivi, Dosya No. 65.). When he was in the final year of medical college (1895) Tunalı moved to Geneva, where he met some members of the Young Turk movement. Until 1901 he was one of the pioneers of the movement, publishing propaganda pamphlets collectively entitled *Hutbe* that were promoting Ottomanism and constitutionalism. As his

[1] For the history of the CUP see M. Şükrü Hanioğlu, *The Young Turks in Opposition* (New York, Oxford: Oxford University Press, 1995).

[2] For a detailed discussion of Tunalı Hilmi's political thought during his Young Turk years see Can Ulusoy. "Bir Jön Türk Olarak Tunalı Hilmi ve Siyasi Düşüncesi." MA diss., Istanbul University, 2009.

attempts to convene all factions of the movement at a congress failed in 1901 he gradually detached from the movement even though he persisted in his political activism and advocacy for constitutionalism. After the 1908 Young Turk Revolution he returned to Istanbul. Although Hilmi was not among the most prominent figures of the Second Constitutional Period (1908-1918), he held several administrative roles. He served as a district governor in Anatolia and Istanbul, as well as a Foreign Service officer in the General Directory of Emigrants. After the 1919 election he entered the Ottoman parliament as a deputy representing Bolu (Ateş, 2009).

Tunalı Hilmi in the Grand National Assembly of Türkiye (1920-1928)

The defeat of the Ottoman Empire in World War I had a profound impact on Tunalı Hilmi's life and career. With the occupation of Istanbul by the Allied Powers and the influx of Greeks into Western Anatolia, the political and social landscape underwent significant changes. From May 1919 onwards the Turkish National Struggle (1919-1922) began to shape. Along with the mobilization of people across Anatolia the National Assembly, which laid the foundation the Republic of Türkiye, convened for its inaugural session in April 1920 in Ankara. Mustafa Kemal Pasha, the founder of the modern Turkish state, invited the deputies of the last Ottoman assembly, which was dissolved after the invasion of Istanbul, to join the National Assembly in Ankara. Tunalı Hilmi was one of the deputies who came to Ankara upon this call to take part in the the new Assembly. He remained a member of it, the Grand National Assembly of Türkiye, until his death in 1928.

It seems that his being outside the top echelon of the CUP during the Second Constitutional Period went in his favor in the transition of the empire to the nation-state for he was not considered threat to the new regime. Tunalı Hilmi was from the first group led by Mustafa Kemal Pasha in the first Grand National Assembly but except a few cases such as the issue of Independence Courts (*İstiklal Mahkemeleri*)[1] he was not very active in the conflicts between the first and second groups in the assembly.[2] He rather fiercely defended the popular sovereignty, the power of parliament and the representation of people, particularly peasantry, in the parliament as he has been doing so since his youth. He constantly brought forth the social, economic and cultural issues such as the importance of Turkish language and modern education, the poor working conditions of workers, and women's right.

Tunalı Hilmi's concentration on the issues outside the political conflicts in the assembly might have to do with his zeal and decades of longing for the parliamentary system. He might have deemed to be a member of the assembly "an opportunity to apply his sociopolitical ideas in practice and to shape society in accordance with his own political agenda" (Tınaz, 2018: 11). Generally his opinions were largely disregarded and his speeches were frequently interrupted. Yet he became one of the most active members of the national Assembly.[3] Although he was disappointed with the National Assembly on certain occasions, his long-held dream of constitutional parliamentary regime was utimately realized.

[1] According to Tunalı Hilmi, as it was formed under extraordinary circumstances the National Assembly of Türkiye had to be revolutionary and decisive. Therefore, he enthusiastically supported the Independence Courts and their empowerment to pass death sentences for those posing threat to the new Türkiye (T.I, V.25, S196; T.II, V.18, S.246; T.II, V.27, S.19).

[2] For the first and second groups in the First Grand National Assembly see Ahmet Demirel, *Birinci Mecliste Muhalefet*. İstanbul: İletişim, 2003.

[3] For Tunalı Hilmi's national assembly years see Ateş, *Tunalı*; Enise Aslı Öztürk, *Tunalı Hilmi Bey'in I. TBMM'deki Yasal Faaliyetleri* (Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yayınları, 2008).

From Ottomanism to Turkish Nationalism: Tunalı Hilmi's Ideological Transformation

As highlighted in the previous section Tunalı Hilmi advocated Ottomanism[1] and constitutionalism from his youth until the final years of the Ottoman Empire. Although he promoted Ottomanism as an antidote to the destabilizing effects of nationalism, his Ottomanist discourse included some Turkish nationalist elements. He puts Turks at the center of his Ottomanist scheme as the key figure for uniting cosmopolitan Ottoman society in his writings long before the 1908 Revolution. In some cases he uses the concept of Ottoman to refer to Turk (Hanioğlu, 1985, 5:1391). As Ateş (2009: 130) stated, Tunalı Hilmi sincerely addresses the Ottomans but most of the times his call was to the Muslim Ottomans and particularly to the Turks.

Before delving into Tunalı Hilmi's nationalist tendencies in his Ottomanist years it is worth emphasizing that after years of military, political, and intellectual struggle to preserve their empire the Ottoman subjects, including Hilmi, within a relatively short period of time found themselves citizens of a new nation-state established on the empire's remaining territories. In the aftermath of WWI, as Banu Turnaoğlu puts,

Political policy moved from reform, aiming to defend a historical civilization with a long-formed, deeply grounded political framework, to the rebuilding of a nation-state for the Turks alone in a narrower geographical setting and through more insistent, exclusionary, and local loyalties. This was a choice imposed by the outcome of the war, and it was an enforced lesson that was learned very rapidly (Turnaoğlu, 2017:195).

Following the abrupt end of the empire people who lived on its last expanse inevitably nationalized.[2] Tunalı Hilmi's discursive shift needs to be evaluated in the light of these considerations.

Returning to the nationalist tendency of Tunalı Hilmi's Ottomanist framework, it is worth noting that, although he addresses the Ottomans in his first *Hutbe* pamphlet, he in fact addresses the Muslim Ottomans. In the second *Hutbe* the meaning of Ottoman seems to be widened. While in the third *Hutbe* he calls all Ottoman citizens, in the fifth *Hutbe* he provokes Muslim soldiers to mobilize against Abdülhamid by using Islamic notions and sentiments (Ateş, 2009: 130-131). Yet towards the end of the same pamphlet (6th Hutbe, 1315) he shifts to the Ottomanism and says that

Ottomanism is a spiritual garment, which is not fitting tightly to the national body; rather it (Ottomanism) revives, feeds, glorifies and regenerates it (national body). Let's hide Turkishness, Arabness, Kurdishness, Armenianness in our hearts to prevent encroachments, disunity, and conflicts. We should be as if we left Judaism in the synagogue, Christianity in the church, and Islam in the mosque. Let's be Ottoman, work and contemplate for Ottomanism (Tunalı Hilmi, 1315: 29).

While in this context he puts religion aside to appeal the cosmopolitan Ottoman society, in many other contexts he used Islamic notions to legitimize his revolutionary, even militant in some cases, agenda and incite Ottoman Muslims against Abdülhamid and fight for constitutionalism. The title of the series he published, which was

[1] Ottomanism refers to "the policy of uniting different nations within the Ottoman Empire under an overarching Ottoman identity." Azmi Özcan and Mustafa Gündüz, "Osmanlıcılık", Türk Maarif Ansiklopedisi. https://turkmaarifansiklopedisi.org.tr/osmanlicilik

[2] For a similar experience of a group of Ottoman Arab intellectual elites in the context of World War I see Fikriye Karaman, "Arab Intellectuals under the Young Turks: A Comparative-Historical Analysis on Memoirs (1908-1918)" (M.A. Diss., Istanbul Şehir University, 2013); Fikriye Karaman, "Arab Intellectuals under the Young Turks: a Comparative Historical Analysis on Salim Ali Salam's Memoirs". H. Şahin, H. Kılıçaslan (Ed), *Osmanlı'da Siyaset ve Diplomasi*. İstanbul: Mahya Yayınları, 2017.

"*Hutbe*", illustrates Tunalı Hilmi's pragmatic approach to religion.[1] In fact, religion was not central in the socio-political program Tunalı Hilmi envisaged for the empire and later on for Türkiye.

The relationship between Turkism and Ottomanism in Tunalı Hilmi's writings is more complex than it may appear at first glance. In the Tenth *Hutbe* he says that "Turks will perish if they leave the Ottomanness. Ottomanism does not depend on Turks, Turks depend on Ottomanism (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1316: 29). In the same pamphlet he clarifies the relationship between Turk and Ottoman by saying that "Being Ottoman does not mean Turkishness, it (Ottomanness) harms neither anyone nor any nationality" (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1316: 81). However, in the beginning of the same pamphlet he states that "genuine Ottomans are Turks…..Turkish means Ottoman language" (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1316: 2).Yet, he prefers the title of "New Ottomans" to "Young Turks" because he found the name of "Young Turks" not inclusive enough for an organization offering a blueprint for an empire's future (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1316: 28-29). Nevertheless in a different place he highlights the mission of Turks for uniting the Ottoman people.

Turks are very tired, they should take rest….The burden of administration and military service eroded the Turkisness of Turks. One can say that Turk died for reviving the dying people of this region. Even they (Turks) sacrificed themselves for Islam and Caliphate….We should not expect exclusively Turks to be loyal to the Ottoman unity, we should all display loyalty (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1316: 70-72).

Overjoyed at the restoration of the constitution after the 1908 Young Turk Revolution Tunalı Hilmi published a few pamphlets.[2] In one of them he invites Armenians, Jews, Albanians, Vlachs, Kurds, Bulgarians, Greeks, Christian and Muslim Arabs, Georgians, and Laz to join the festivals celebrating the parliament's reinstatement. Accentuating the supra-national and supra-religious nature of the Ottoman identity he states that "Drink water or wine/I do not care about your religion…./In order not to stay in the black past/let's all unite and be brother/We are humans, also Ottomans/Let's hug, we are from the same fatherland/We are all Ottomans" (Tunalı Hilmi, 10th Hutbe, 1326: 16-17).

Based on his loose approach to Turk and Ottoman we may conclude that in Tunalı Hilmi's mind the line between these concepts seems very thin, enabling him easily to switch between them. Tunalı Hilmi's statements about Turkism and Ottomanism might be perceived less conflictual and inconsistent in an empire, a domain of multiplicity tolerating flexible and multifaceted identities and multiple loyalties. However, the formation of the Republic of Türkiye provided a new political context in which Turkish nationalism dominated his ideological outlook.[3]

Nevertheless, he continued to promote Turkish language, public sovereignty, and modern education as he had been doing under the banner of Ottomanism before the collapse of the empire. Comparing Tunalı Hilmi's Ottomanist and nationalist periods in terms of discursive elements and political tools, Tınaz demonstrates that his "intellectual pursuit in two different political orders contain important elements of continuity" (Tınaz, 2018: ii). In the light of foregoing analysis it is possible to say that already existing Turkist and populist inclinations of Tunalı Hilmi strengthened in the nation-state atmosphere. The continuities between the ideas and activities of

[1] For a thorough analysis of Tunalı's use of Islamic notions in the Second *Hutbe* addressing Ottoman Muslim scholars see İsmail Kara "Turban and Fez, Ulema as Opposition" in *Late Ottoman Society: The Intellectual Legacy,* ed. Elisabeth Özdalga, London: Routledge Curzon, 2005), 163-202.

[2] Tunalı Hilmi. *Mebuslar Meclisi Kapısında Bir Köylü, Memiş Çavuş: Bu Meclise Girmeliyim.* Kahire, 1326 [1908/09]. Tunalı Hilmi. *Oh!...* Kahire: Osmanlı Matbaası, 1327 [1909].

[3] For the ideological transformation of Tunalı Hilmi in this process see M. Lutfullah Karaman, "Imparatorluktan Cumhuriyet'e Uzanan Süreçte Osmanlıcılıktan Türk Milliyetçiliğine İdeolojik Dönüşümün Çarpıcı Bir Örneği: Tunalı Hilmi." *Dünü ve Bugünüyle Toplum ve Ekonomi*, 3 (1992): 69-79.

Tunalı Hilmi in the imperial and republican settings can be observed in many fields and one of them is education.

Education, Turkish Language, and Halkçılık (Populism)

Education was a critical aspect of Tunalı Hilmi's Ottomanism and later on nationalism. He considered education as an instrument of Ottomanism. He asserted that it was the lack of proper education promoting the Ottomanist ideas that lied behind the crisis in Macedonia, the Ottoman territory in Europe made up of Albanians, Bulgarian, Greeks, Serbians and Vlachs. All these groups and missionaries were using schools to increase their influence in Macedonia. The Ottoman state could respond to the challenges only with the spiritual weapon that would be procured from schools. Therefore, the number of Ottoman state schools should increase. Ottomanism was not a threat to ethnic identities… Once this prevailing misperception about Ottomanism dispelled in schools, every member of the Ottoman society would identify him or herself "Ottoman" (Tunalı Hilmi, Makedonya: Mazisi, İstikbali, Hali 1326: 45-46).

Deeming the language proficiency and education critical for Ottomanist agenda, Tunalı Hilmi wrote a book about the study abroad, Geneva. He thought that for a proper education Ottomans were in need of a few years of study in Europe (Tunalı Hilmi, Avrupa'da Tahsil, 1320: 7-8). He made little or no alteration in his views about education after 1920. He attached importance to women's education. With regard to education and women's rights Tunalı Hilmi was ahead of his time. He underlined the equality of man and woman in the early 1900 (Tunalı Hilmi, Bir Şart, 1320: 8, 10). In the Turkish Republican Assembly he brought forth the enfranchisement of woman but he got reactions. His ideas about the multi-party system and the right to vote at age 18 were not well received either (Ateş, 2009: 224-225).

Another issue that Tunalı Hilmi consistently advocated during his lifetime was using and purifying Turkish language. According to him, Turkish was an important component of his Ottomanism for making all Ottomans meet at one point. In the Late Ottoman context he emphasizes the necessity of using Turkish as the medium instruction in schools and as an official language in government offices and courts, alongside the languages spoken by the majority population in region (Tunalı Hilmi, Murad, 1318: 97, 101-102). In a similar vein, Turkish language was one of the prominent elements of Tunalı Hilmi's ideology during the early Republican period, alongside populism, and nationalism. The issue of Turkish was at the top of his agenda in the Assembly where he underscored to the importance of both its proper use and its purification. He was critical of the Assembly for giving these issues less attention than they deserved.

Tunalı Hilmi's sensitivity about Turkish was closely related to his populism. In his writings he used a simple style of language to reach people, the audience he sought to engage and mobilize. According to Yusuf Akçura, Tunalı Hilmi's political populism engendered his populist approach to language and eventually his Turkism (Akçura, 1978: 157-158). Similarly, Ziya Gökalp asserts that populism initially constituted the core of Tunalı Hilmi's ideology and in the context of the new regime populism and Turkism were intertwined (Gökalp, 1986: 178).

His populism is most apparent in his last publications concentrating on the challenges that peasants were facing. He heartily appreciates peasants' values, culture, and particularly the language for he thought that they were pure and uncorrupted. For him, the essence of Turk and Turkish was in Turkish peasantry. He promotes the everyday language (*halk dili*) to connect the assembly and the public, specifically peasants (Tunalı Hilmi, Büyük Millet Meclisi Azaları Memiş Çavuş Sayvanında, 1338: 39). He associates the independence movement and Turkish language by saying that "Independence would be lost. O youth there must be a revolution in Turkish! Believe: If we, first do not make a revolution in language. Future would perish" (Tunalı Hilmi, *Halk Dersleri Kürsüsünde,* 1339: 51-52).

Valuing peasantry above everyone else Tunalı Hilmi argued that the real sovereign were the people and the crown of this sovereign was peasantry (Tunalı Hilmi. *Köylü Memiş Çavuş Büyük Millet Meclisi'nde,* 1339: 11).

According to Tunalı Hilmi, the Republican Assembly had to be the concrete form of this hierarchy and it had to bridge the gap between the government and people (T.I, V.12, S.199). Expecting The Grand National Assembly to undertake significant responsibilities, Tunalı Hilmi frequently criticized its procedural shortcomings the conduct of parliamentary debates. However, his fellow deputies tended to dismiss his critiques and comments. But Tunalı Hilmi had another space for expressing his views. In the "*Memiş Çavuş*" books that he published after 1920 he criticized The Grand National Assembly for not being populist, not looking after the peasants' problems, and not paying special attention to the language issue.

Although he frequently expressed his dissatisfaction with and critiques of the Grand National Assembly he was one of its most active members playing influential role shaping its agenda. Throughout his three terms in the Assembly (1920-1928), he brought a wide range of issues to its attention, including the socio-economic problems of Zonguldak, the city he was representing in the assembly, the problems of workers and immigrants, education, increasing the population, propaganda and intelligence, reduction of paperwork in bureaucracy, abolition of titles, use of domestic goods, assistance for war victims, the Independence Courts, and the procedures of the Assembly (Ateş, 2009: 210).

CONCLUSION

Tunalı Hilmi's political experience provides an illustrative example of the intellectual and political transformations experienced by a generation that witnessed the dissolution of the Ottoman Empire and the establishment of the Republic of Türkiye. Initially shaped by constitutionalism, parliamentary government, and Ottomanism, his political thought evolved in response to the changing political circumstances of the early twentieth century. Although his earlier commitment to Ottoman unity gradually gave way to a stronger emphasis on Turkish nationalism, this shift did not necessarily entail a complete departure from his previous political ideals. His longstanding concerns with popular participation, political representation, Turkish language, and education continued during the Republican period. As a member of the Grand National Assembly from 1920 until his death in 1928, Hilmi sought to translate these concerns into political practice, regularly bringing them to the attention of his fellow deputies. His criticisms of parliamentary procedures reflected the expectations he placed on the Assembly as an institution of popular representation.

BIBLIOGRAPHY

Archival Sources

TBMM Sicil Arşivi Tunalı Hilmi, *T.B.M.M Azası Tercüme-i hal Kağıdı*, TBMM Sicil Arşivi, Dosya No. 65.

Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurul Tutanakları (Parliamentary Minutes)

T.1, V.12, S.199

T.1, V.25, S.196

T.II, V.18, S.246

T.II, V.27, S.19

Published Primary Sources

Tunalı Hilmi. *Büyük Millet Meclisi Azaları Memiş Çavuş Sayvanında.* Sinop Matbaası, 1338 [1922].

Tunalı Hilmi. *Köylü Memiş Çavuş Ankara'da Halk Dersleri Kürsüsünde.* İstanbul: Evkaf-ı İslamiye Matbaası, 1339 [1923].

Tunalı Hilmi. *Köylü Memiş Çavuş Büyük Millet Meclisi'nde.* Bursa: Hilal Matbaası, 1339 [1923].

Tunalı Hilmi. *Mebuslar Meclisi Kapısında Bir Köylü, Memiş Çavuş: Bu Meclise Girmeliyim.* Kahire, 1326 [1908/09].

Tunalı Hilmi. *Murad.* Kahire, 1318 [1900].

Tunalı Hilmi. *Avrupa'da Tahsil.* Cenevre, 1320 [1902].

Tunalı Hilmi, *Bir Şart,*1320 [1902].

Tunalı Hilmi. *Oh!...* Kahire: Osmanlı Matbaası, 1327 [1909].

Tunalı Hilmi. 6. Hutbe. Cenevre, 1315 [1897/98].

Tunalı Hilmi. *10. Hutbe.* Kahire, 1316 [1898/99]; (2nd Edition) Kahire, 1327 [1909/10].

Tunalı Hilmi, *Makedonya: Mazisi, İstikbali, Hali* [Macedonia: Its Past, Future, Present] (Kahire, 1326 [1908]).

Secondary Sources

Akçura, Yusuf. *Türkçülük*. İstanbul: Türk Kültür Yayını, 1978.

Ateş, Sabri. *Tunalı Hilmi Bey Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Bir Aydın.* İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 2009.

Demirel, Ahmet. *Birinci Mecliste Muhalefet*. İstanbul: İletişim, 2003.

Gökalp, Ziya. *Türkçülüğün Esasları.* Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 1986.

Hanioğlu, M. Şükrü. *The Young Turks in Opposition*. New York, Oxford: Oxford University Press, 1995.

Hanioğlu, M. Şükrü "Osmanlıcılık" in *Tanzimat'tan Cumhuriyet'e Türkiye Ansiklopedisi*, ed. Murat Belge, Vol.5, İstanbul: İletişim Yayınları, 1985.

Kara, İsmail. "Turban and Fez, Ulema as Opposition" in *Late Ottoman Society: The Intellectual Legacy,* ed. Elisabeth Özdalga, 163-202. London: Routledge Curzon, 2005.

Karaman, Fikriye. "Arab Intellectuals under the Young Turks: A Comparative-Historical Analysis on Memoirs (1908-1918)." M.A. Diss., Istanbul Şehir University, 2013.

Karaman, Fikriye. "Arab Intellectuals under the Young Turks: a Comparative Historical Analysis on Salim Ali Salam's Memoirs". H. Şahin, H. Kılıçaslan (Ed), *Osmanlı'da Siyaset ve Diplomasi*. İstanbul: Mahya Yayınları, 2017.

Karaman, M. Lutfullah. "Imparatorluktan Cumhuriyet'e Uzanan Süreçte Osmanlıcılıktan Türk Milliyetçiliğine İdeolojik Dönüşümün Çarpıcı Bir Örneği: Tunalı Hilmi." *Dünü ve Bugünüyle Toplum ve Ekonomi*, 3 (1992): 69-79.

Mardin, Şerif. *Genesis of Young Ottoman Thought.* USA: Syracuse University Press, 2000.

Öztürk, Enise Aslı. *Tunalı Hilmi Bey'in I. TBMM'deki Yasal Faaliyetleri.* Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yayınları, 2008.

Tınaz, Kerem. "An Imperial Ideology and Its Legacy: Ottomanism in a Comparative Perspective, 1894-1928." PhD. diss., University of Oxford, 2018.

Turnaoğlu, Banu. *The Formation of Turkish Republicanism*. Princeton: Princeton University Press, 2017.

Ulusoy, Can. "Bir Jön Türk Olarak Tunalı Hilmi ve Siyasi Düşüncesi." MA diss., Istanbul University, 2009.

OSMANLI DEVLETİ'NDE KAYMAKAMLARIN İŞLEDİKLERİ SUÇLAR: CİDE ÖRNEĞİ (1875-1900)[1]

Arş. Gör. Dr. Fatma ÖKSÜZ

Karabük Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Tarih Bölümü,

fatmaoksuz@karabuk.edu.tr, ORCID: 0009-0007-8408-0675

Osmanlı Devleti'nin bazı memurlarında olduğu gibi kaza yöneticisi olan kaymakamlarda da suça karışanlar olmuştur. Devletin uzun yıllar mücadele ettiği bu suçlar ve muhakeme süreçleri, XIX. yüzyılın sonlarında sosyal ve ekonomik birtakım sorunlara yol açmıştır. Hâlihazırda dağılma sürecinde olan devlet, bir yandan da bu buhranla uğraşmak durumunda kalmıştır. Yönetici sınıfından olan ve kazanın en üst idari amiri konumundaki kaymakamların mesleki veya şahsi bir suça karışmaları hem devlet hem de reaya açısından kabul edilemez bir durumdur. Rüşvet, zimmetine devlet malı/parası geçirme, yolsuzluk, usulsüzlük, ahaliye eziyet etme, görevi suistimal, yanlış beyanda bulunma, evrakta sahtecilik yapma, eşkıya ve firarilere yardım yataklık etme gibi suçlar mesleki suçlar içinde yer alırken; taciz, tecavüz, ırza tasallut etme, küfür ve hakarette bulunma, kumar oynama-oynatma, dini ve milli değerleri aşağılama, uygunsuz hâl ve hareketler sergileme gibi suçlar kişisel suçlar içinde değerlendirilmiştir. Kaymakamların karıştıkları suçlar karşısında aldıkları cezalar tenbih, maaşta azaltma, görev yeri değiştirme, görevden azletme, sürgün, kalebent etme ve hapis gibi cezalar olurken bunlar içinde en sık rastlanan ceza ise görev yeri değiştirme olmuştur.

XIX. yüzyılın son çeyreğinde Cide kazasında suç işleyen kaymakamları ele alan bu çalışmada, kavramsal bağlamda suç türlerinin tanımları yapılarak teorik kısım ortaya konmuştur. Bu dönemde Cide'de görev yapıp suça karışan kaymakamlarla ilgili arşiv kayıtlarına ulaşıldıktan sonra kayıtlar suç türüne göre tasnif edilmiştir. Kayıtlardan elde edilen veriler doğrultusunda; 1875-1900 yılları arasında Cide'de kaç kaymakamın suça karıştığı, hangi tür suçların işlendiği, suçlara zemin hazırlayan sebeplerin neler olduğu, kaymakamların geçirdiği muhakeme süreçleri ve aldıkları cezalar ortaya konmuştur. Kaymakamların işledikleri suçların ve muhakeme sürecinde yaşanan bazı olayların kaza ahalisi üzerindeki etkisi bir diğer üzerinde durulan konudur. Birtakım sıkıntılar yaşayan reayanın bir de yerel idarecilerin baskı ve usulsüz uygulamalarıyla karşı karşıya kalmaları; isyana varan bazı olaylar ve karışıklıklar doğurmuştur. Devletin dağılma süreci yaşadığı dönemde bu tür karışıkların süreci nasıl etkilediği de sorgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Osmanlı Devleti, kaymakam, suç, muhakeme, Cide.

[1] Bu çalışma "*Osmanlı Anadolusu'nda Kaymakamların İşledikleri Suçlar ve Cezaları (1875-1900)*" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

CRIMES COMMITTED BY KAİMMAKAMS IN THE OTTOMAN EMPİRE: THE CASE OD CİDE (1875-1900)

Research Assistant Ph.D. Fatma ÖKSÜZ

Karabük University Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of History,

fatmaoksuz@karabuk.edu.tr, ORCID: 0009-0007-8408-0675

Abstract

Just as in some officials of the Ottoman Empire, there were instances where district governors, who served as district administrators, were involved in crimes. These crimes, which the state struggled against for many years, and the subsequent judicial processes gave rise to various social and economic problems in the end of 19th century. The Empire, already in the process of disintegration, had to contend with this crisis as well. To be involvement in professional or personal crimes of kaimmakams, who belonged to the administrative class and served the highest administravite authority in a district, was unacceptable to both the empire and the subject public. While crimes such as bribery, embezzlement of state property or funds, corruption, irregularity, mistreatment of the populace, abuse of Office, making false statements, forgery of official documents, and aiding and abetting bandits and deserters fell into the category of professional crimes; acts such as harassment, rape, assault on chastity, insult and profanity, gambling or operating gambling venues, denigrating religious and national values, ans exhibiting inappropriate conduct were evaluated as personal crimes. The punishments meted out to kaimmakams for their professional and personal offenses included reprimand, salary reduction, relocation, dismissal, exile, fortress confinement, and imprisonment, with relocation being the most frequent sanction.

Focusing on the kaimmakams who committed offenses in the district of Cide in the last quarter of 19th century, this study establishes the theoretical framework by defining the crime types in a conceptual context. After identifying the archival records concerning the kaimmakams who served in Cide and engaged in misconduct during this period, the records were categorized according to crime types. Based on data obtained from these records, the study demonstrates how many kaimmakams were involved in crimes in Cide between 1875 and 1900, what types of crimes were committed, what factors gave rise to these crimes, and the judicial proceedings and sanctions they faced. Another focus of study is the impact that the kaimmakams' crimes and the events during the trial process had on the local district population. Already suffering from various difficulties, the subject population's confrontation with the pressure and irregular practices of local officials led to unrest and incidents escalating to the point of rebellion. The study also questions how such disturbances influenced the broader period of state disintegration.

Keywords: Ottoman Empire, district governor, crime, judicial process, Cide.

GİRİŞ

XIX. yüzyılın son çeyreğinde Cide kazasında görev yapan ve çeşitli suçlara karışan kaymakamların arşiv kayıtları üzerinden tespit edilerek; işledikleri mesleki ve şahsi suç türlerini, bu suçlara zemin hazırlayan sebepleri, geçirdikleri muhakeme süreçlerini, aldıkları cezaları ve tüm bu süreçlerin kaza ahalisi üzerindeki sosyoekonomik etkileriyle yansımalarını ortaya koymak çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Osmanlı Devleti'nde XIX. yüzyılda yaşanan dönüşüm ve düzenlemelerle yapılan ıslahatlar birçok kurumda memur ihtiyacını artırmıştır. Bu dönemde açılan birçok okul memur yetiştirmişse de mevcut kadroyu korumakla birlikte memur sayısını çoğaltmak gerekli görülmüştür. Memur kadrosunun gittikçe genişlemesi kontrol mekanizmasının denetimini ve yerel yönetimle merkezi yönetim arasındaki güç ilişkisini zaman zaman zorlaştırmıştır. Devletin bu yüzyılda içinde bulunduğu gerileme süreci, ekonomik bunalım, 1877-1878 Osmanlı Rus Savaşı ve sonraki süreç özellikle merkezden uzakta kalan yerel idarecilerin denetimini güç hâle getirmiştir. Bu çalışmada taşra idaresinde önemli bir sınıf olan kaymakamların karıştığı suç olayları incelenerek Osmanlı yerel yönetim tarihinin uygulamada karşılaştığı aksaklıklar ve bürokrasideki yozlaşma ortaya konmuştur. Ayrıca halihazırda birtakım problemler yaşayan reaya üzerinde kaymakamların baskı ve usulsüzlüklerinin sosyoekonomik etkisi değerlendirilmiştir. Suç tarihi bağlamında müstakil bir sınıf üzerinden çalışmaların az olması hasebiyle konu özgün değerini korumaktadır.

1. Kavramsal Çerçeve

Kaymakam kelimesi sözlükte birinin yerine vekil olan, yerini tutan veya birinin yerine geçen anlamlarında geçmektedir ve "*kaim*" ile "*makam*" kelimelerinin birleşiminden oluşur (Sami, 2001, s.1046). Vekil anlamını taşıyan kaymakam terimi, Osmanlı Devleti'nde idari alanda kullanılmakla birlikte askerî, sosyal ve dini alanlarda da kullanılmıştır (Güneş, 2013, s.7). Bu çalışmada ise kaza idarecisi olan kaymakam işaret edilmektedir. Osmanlı sivil idaresinin temelini oluşturan kaza; büyük bir kasaba ya da şehir etrafında ona tabi birçok köyden oluşan bir yapı şeklinde ifade edilmektedir (Akdağ, 1955, s.48). XV. yüzyılda devletin giderek genişlemesi, askerî nitelikteki idari birim olan sancakların artmasıyla bir kadının tüm sancağa ait kazai işleri yürütemekte zorlanması nedeniyle kaza bölgeleri giderek artmıştır. XVII. yüzyıldan sonra tımar sisteminin önemini yitirmesi kazanı önem kazanmaya başlamasına ve sayılarının çoğalmasına yol açmıştır. Zamanla kaza; doğrudan merkeze bağlı olarak diğer idari ve askerî yapılardan ayrı bir özellik göstermeye başlamıştır (Baykara, 2022, s.119-120). 1850'lerden sonra yapılan düzenlemelerle kaza kavramı farklı bir anlam kazanmıştır. Tanzimat'tan sonra herkesten gelirine göre vergi toplanması usulü dikkate alınarak, köyden sonra kaza ünitesi oluşturulduğu ayrıca sancak ve eyalet idarelerinde birtakım değişiklikler yapıldığı bilinmektedir (Çadırcı, 1989, s.237). Osmanlı Devleti, XIX. yüzyıla gelindiğinde değişen dünya şartlarına uyum sağlamak ve denetimi elinde tutmak amacıyla merkeziyetçiliğe doğru bir yönelim göstermiştir (Akdağ, 1974, s.59). II. Mahmud Dönemi'nde başlayan merkeziyetçilik hareketleri Tanzimat Dönemi'nde asıl şeklini almıştır. Bürokrasinin etkisiyle kurulan Meclis-i Vâlâ-yı Ahkâm-ı Adliye, Meclis-i Vükelâ ve Meclis-i Âli-i Tanzimat gibi meclislerle üst denetim birimleri oluşturularak tüm birimler üzerinde kontrol sağlanmaya çalışılmıştır (Aktaş, 2021, s.9-10). Sancak ve kazalarda kaymakamlar ve müdürler muhassılların yerini almış (Efe, 2002, s.2), "Memleket Meclisleri" Muhassıllık Meclisleri yerine kullanılmıştır (Bingöl, 2004, s.67). Kaza müdürleri; 1864 Nizamnamesinin tüm coğrafyada uygulanmaya başlamasıyla çalışmada kastedilen kaymakam ismini almıştır.

Osmanlı Devleti'nde memur sınıfının karıştığı suçlar incelenirken suçları tasnif etmek ihtiyacı doğmuştur. Bu, kaymakam suçları içinde gerekli görülmüş ve aynı tasnif kabul edilmiştir. Bir kaymakamın makamın kendisine sağladığı yetki ve konumunu kullanarak işlediği suçlar mesleki suç olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte bir kaymakamın şahsi özellikleri gereği ve makamına ihtiyaç duymadan işlediği suçlar şahsi suç olarak değerlendirilmiştir. Rüşvet, zimmetine devlet malı/parası geçirme, görevi suistimal etme, kötü idare, sahte evrak düzenleme ve yalan beyanda bulunma suçları genel olarak yolsuzluk kapsamında ele alınmıştır. Fakat bu suçları ayrı birer suç olarak ele alan çalışmalar da mevcuttur. Eşkıya ve firarilere yardım ve yataklık etmek, halka baskı uygulamak ve eziyette bulunmak suçları da yine mesleki suç grubu içinde yer alır. Memurların mesleklerini

kullanarak işledikleri suçlar dışında kalan ve şahsi karakterleri neticesinde işledikleri, çoğunlukla psikolojik temelleri olan birtakım suçlar mevcuttur. Sarhoşluk, ırza tasallut, ırza tasaddi, taciz, uygunsuz hâl ve hareketlerde bulunma, şiddet ve ölüme sebebiyet verme, birini darp etme, çocuk düşürtme, küfür, hakaret ve tahkir etme, dini ve milli değerlere saygısızlık gibi suçlar şahsi suçlar arasında yer almaktadır. Mesleki suçlara oranla daha az rastlanan bu gruptaki suçlar, Tanzimat Dönemi kanunlarında bazen doğrudan bazen dolaylı olarak yer almıştır. Kanunnamelerin giriş bölümlerindeki tüm tebaanın can, mal ve namus güvenliğini muhafaza etmek ilkesine bakıldığında bu gruptaki suçlara karşı en başta prensibin belli edildiği görülmüştür. Osmanlı taşrasında birçok kazada meydana gelen mesleki ve şahsi suça rastlanmıştır. XIX. yüzyılın son çeyreğinde bu suçlarla karşılaşılan kazalardan biri de Cide olmuştur.

2. Cide'de Kaymakamların Karıştıkları Mesleki Ve Şahsi Suçlar (1875-1900)

Kastamonu'nun kuzeybatı köşesinde bulunmakta olan Cide, tipik Karadeniz bölgesi yapısına sahip bir bölgedir (Şerifoğlu, Glatz, 2012, s.720). Kastamonu civarında Türk hâkimiyeti Malazgirt Zaferi'nden sonra başlamıştır (Yakupoğlu, Musalı, 2018, s.78). Bölgede bulunan Cide tarihi bir bölgedir. Osmanlı hakimiyetine Yıldırım Bayezid Dönemi'nde geçici olarak katılmış ancak 1461 yılında kesin olarak Osmanlı hakimiyetine girmiştir. Cide'de 1875-1900 yılları arasında kaymakamların işledikleri suçlara bakıldığında mesleki suçların daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu grup içinde de rüşvet olaylarına sıkça rastlanmıştır. 20 Kasım 1884'te Kastamonu vilayetine bağlı Cide kazası Kaymakamı Emin Efendi ve diğer bazı memurlar hakkında yapılan birtakım şikâyetler üzerine kaymakam ve sair memurlar soruşturma geçirmişlerdir. Yapılan soruşturma sonucunda Kaymakam Emin Bey'in görevden azledilmesi ve diğer memurlarla birlikte yargılanması gerektiği anlaşılmıştır (BOA., İ..ŞD.., 71/4188, Lef 1,3, H.1302). Ekim 1886 tarihli sadarete gönderilen yazıda ise kaymakamın birtakım amaçlarını, isteklerini gerçekleştirmek (tervîc-i merâm) için rüşvet almış olduğu anlaşılmış, ceza kanununun 67. ve 68. maddeleri gereği cinayetle yani ağır suçla itham edilerek hapsedilmesine karar verilmiştir. Fakat Kastamonu Vilayetinden gerekli soruşturmanın yapılmasına yönelik gönderilen dilekçe temyiz heyeti tarafından reddedilmiştir. Usulen görevden alınmış ve yargılaması yapılan bir memurun hapsedilmesi gerektiğinde, padişah fermanı alınması gerektiğinden bunun alınarak vilayete bildirilmesi gerektiği belirtilmiştir (BOA., DH.MKT., 1371/4, Lef 1, H.1304). Kaymakam Emin Efendi duruma itiraz ederek birçok dilekçe yazmış fakat kendisi yine de görevden azledilmiştir (BOA., ŞD., 2924/48, Lef 2, 3, 7, 9, 10, H.1305). Burada yaşanan rüşvet olayı neticesinde kaymakamın görevden azledilme cezası aldığı görülmüştür. Rüşvet suçundan ötürü şikayet edilen kaymakamlardan biri de Ali Behçet Bey olmuştur. Kendisinin ve mal müdürü Avni Efendi'nin hakkında irtikaplarından, irtişalarından ve kötü idarelerinden bahsedilerek şikayette bulunulmuştur (BOA., DH.MKT., 240/17, Lef 2, H.1311). Bunun üzerine 1894 yılında tahkikat geçirmiştir.

Mesleki suçlara oranla daha az görülen şahsi suçlardan uygunsuz hâl ve hareketlerde bulunan kaymakam Mahmud Nedim Bey olmuştur. Ayrıca tahkir, hakaret ve küfretme gibi davranışlar içinde olduğundan bahisle hakkında şikayetler söz konusudur. Yaşanan hakaret ve tahkir olayları bazen ciddi boyutlara ulaşıp psikolojik şiddetten çıkarak fiziksel şiddete dönüşmüştür. 1889 yılında Cide'de yaşanan olay tam da bu tarz bir şiddet suçudur. Vergi tahsili meselesinde ahaliye karşı lüzumundan çok fazla baskı ve eziyet gösterdiğinden bahsedilen Kaymakam Mahmud Nedim Bey'in halkın namusuna dokunacak birtakım ağır hareketlerde de bulunduğu iddia edilmiştir. Hatta ahalinin alanına girerek mallarını, hayvanlarını zorla alacak kadar ileri gittiği ve bir kişinin de ölümüne sebep olduğu konusunda şikâyetler mevcuttur. Ahalinin vekili olan Hâtibzade Mehmed'in imza ve mührüyle hazırlanmış dilekçede durumun soruşturulması ve gereğinin yapılması talep edilmiştir (BOA., DH.MKT., 1613/77, Lef 1, H.1306). 6 Eylül 1890'da Kastamonu Valiliği'ne gönderilen bir başka yazıda aşar konusunun soruşturulması için görevlendirilen memura yönelik işlemler karşılığında halktan zorla para toplandığı, kaymakamın 90 şinik zahireye el koyduğu, hazinenin buradaki hakkının aranıp korunmadığı gibi nizama aykırı davranışların olduğu şikâyet edilmiştir. Bu usulsüzlüklerden dolayı işten el çektirilen kaymakamın idare meclisi

mührünün saklandığı çekmeceyi yasadışı şekilde açıp karar belgesini sahte mühürle mühürleyen kişiler kimlerse onlarla beraber yargılanması gerektiği talep edilmiştir (BOA., DH.MKT., 1758/14, (Lef 1), H.1308). Kasım 1891'de kendisine bir buçuk ay müddetle izin verildiği anlaşılmakta (BOA., DH.MKT., 1895/5, (Lef 1), H.1309) dolayısıyla yaklaşık bir yıl sonra görevde olmasından azledilmediği sonucuna varılmıştır. Kaymakamların işledikleri suçlar karşısında muhakeme süreçleri ve sonuca bakıldığında çoğunlukla görevden azledilme ve sonrasında başka yere tayin edilme usulünün uygulandığı görülmüştür.

Tablo 1. 1875-1900 Yılları arasında Cide kaymakamlarının işlediği suçlar ve cezaları

Kaymakam	Suç	Tarih/Ceza
Mahmud Nedim Bey	Yolsuzluk, uygunsuz hâl ve hareket, hakaret, tahkir, küfür, zorla yardım toplama	6 Eylül 1890/İşten el çektirme
Emin Efendi	Rüşvet	4 Kasım 1886/Hapis, görevden azil
Ali Behçet Bey	Rüşvet	23 Mayıs 1894/Tahkikat
Ali Nihad Efendi	Taaddi/vazifede rehavet gösterme, tahsilatta gevşek davranma	7 Ağustos 1887/Tahkikat
Fehim Bey	Memuriyete uygun olmama	11 Ekim 1889/Başka yere tayin
-	Zimmet	21 Eylül 1899/Tahkikat

3. SONUÇ

Osmanlı taşra idaresinin temel yapı taşlarından biri olan kaymakamlık makamı, merkeziyetçi politikaların kaza düzeyindeki en önemli temsilcisi olmuştur. Ancak Cide kazası örneğinde 1875-1900 yılları arasında konuyla ilgili olarak tespit edilen arşiv kayıtları, mülki idarenin işleyişinde ciddi zafiyetler yaşandığını ve makamın yetkilerinin zaman zaman kişisel çıkarlar uğruna kötüye kullanıldığını açıkça göstermektedir. Kaymakamların karıştığı bu suçlar, rüşvet ve zimmet gibi idari-mesleki usulsüzlüklerin yanı sıra, halka yönelik şiddet, hakaret ve evrakta sahtecilik gibi ağır şahsi boyutlara da ulaşmıştır. Emin Efendi ve Mahmud Nedim Bey gibi idareciler hakkındaki şikâyetler ve yürütülen tahkikatlar, devletin her ne kadar suç teşkil eden bu fiillere karşı soruşturma mekanizmalarını işletmeye çalışsa da bürokratik engeller ve ceza uygulamalarındaki esneklikler nedeniyle suç olaylarını engelleyemediğini göstermektedir. Kaymakamlardan bazılarının yerel halk üzerindeki ağır baskıları, vergi tahsilatındaki usulsüzlükleri ve hatta can kaybına varan şiddet suçları, reayanın devlete olan güvenini sarsarak merkez ile taşra arasındaki bağı zayıflatmıştır. Görevden el çektirme veya yargı süreçlerinin bazen şikâyet edilen memurların kısa süre sonra farklı biçimlerde görevlerine dönmeleriyle sonuçlanması, liyakat ve ceza sistemindeki boşluklara işaret etmektedir. Cide örneğinde görülen bu idari yozlaşma ve adalet arayışı, Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde yaşadığı sosyo-ekonomik buhranın ve dağılma sürecinin taşradaki yansımalarını anlamak açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

Arşiv Kaynakları

BOA., İ..ŞD.., 71/4188,

BOA., DH.MKT., 240/17,

BOA., DH.MKT., 1371/4,

BOA., DH.MKT., 1613/77,

BOA., DH.MKT., 1758/14,

BOA., DH.MKT., 1895/5,

BOA., ŞD., 2924/48.

Akdağ, Mustafa, "Osmanlı Müesseseleri Hakkında Notlar", *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, C.13, S.1/2, 1955.

Akdağ, Mustafa, *Türkiye'nin İktisadî ve İçtimaî Tarihi 1453-1559*, C. II, Barış Yayınları, İstanbul, 1974.

Baykara, Tuncer, "Kaza", Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, C.25, Ankara, 2022.

Bingöl, Sedat, *Tanzimat Devrinde Osmanlı'da Yargı Reformu (Nizâmiye Mahkemelerinin Kuruluşu ve İşleyişi 1840-1876)*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir 2004.

Çadırcı, Musa, "Türkiye'de Kaza Yönetimi", *Belleten*, C.53, S.206, Nisan 1989.

Şerifoğlu, Tevfik Emre, Düring, Bleda S., Glatz, Claudia, "Cide Ve Şenpazar 2009-2010 Yılı Arkeolojik Araştırmaları", *Belleten*, C.LXXVI, S.277, Aralık 2012.

CEZAİ KONULARDA ULUSLARARASI ADLİ İŞ BİRLİĞİ KAPSAMINDA HÜKÜMLÜ NAKLİNDE YABANCI MAHKÛMİYET HÜKMÜNÜN TÜRKİYE'DE İNFAZI: İNFAZIN DEVAMI VE UYARLAMA YARGILAMASI

Olcay ASLAN

İzmir Cumhuriyet Savcısı av.olcayaslan@gmail.com

ORCID: 0009-0008-3389-5628

ÖZET:

Cezai konularda uluslararası adli iş birliği kurumlarından biri olan hükümlü nakli diğer adli iş birliği kurumlarına göre daha yeni olarak ortaya çıkmıştır. Bunun temel nedeni ise devlet egemenliği doktrininin 19. yüzyıl uluslararası ilişkilerini belirlemede baskın görüş olarak kabulü ve bunun da ceza hukukuna olan yansımasıdır. 19. yüzyılda egemenlik anlayışında ülkesellik (territoriality) ilkesi güçlü biçimde uygulanmıştır. Bu ilkeye göre bir devletin ceza hukuku ve ceza yargısı bakımından temel yetki sahası ülke sınırları ile sınırlıdır. Bu sebeple de bir devletin ceza yargılaması nihayetinde kurduğu mahkûmiyet hükmünün başka bir devlet tarafından doğrudan infaz edilmesi mümkün görülmemiştir.

Küreselleşen ve değişen dünyada suçların birden fazla ülkeyi ilgilendirecek ve etkileyecek şekilde işlenebilmesi veya suç işleyen şahısların diğer ülkelere hızla ve rahatça geçmesi suç kavramının uluslararası hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum cezai konularda uluslararası adli iş birliğini zorunlu kılmaktadır. Uluslararası hükümlü nakli de cezai konularda uluslararası adli iş birliği kavramına dâhil olan kurumlardan biri olarak tarihsel süreçte ortaya çıkıp gelişmiştir. Uluslararası hükümlü nakli bir yönüyle devletlerin cezai yargılamada etkinliğini artırarak suçların cezasız kalmasını engellemekte diğer yandan suçlunun cezasının infazının kendi ülkesinde tamamlanması sağlanarak sosyal rehabilitasyonunun gerçekleşmesi amaçlanmaktadır.

Türkiye özelinde, son yıllarda Türk vatandaşlarının ülkesinden ayrılarak farklı coğrafyalarda eğitim, iş vb. sebeplerle yerleştiği görülmektedir. Türk vatandaşlarının bulundukları yabancı ülkelerde suç işlemesi halinde bu Türk vatandaşı hükümlülerin cezaların infazı amacıyla Türkiye'ye nakli de mümkündür. Bu aşamada Türkiye bakımından başka bir ülkede verilmiş bir mahkûmiyet hükmünün kendi ülkesinde uygulanması (infazı) söz konusu olmaktadır.

Türkiye uluslararası hükümlü nakli konusunda hem uluslararası çok taraflı sözleşmelere hem de birçok devletle ikili antlaşmalara imza atarak uygulamaya başlamıştır. Türkiye'ye hükümlü naklinde Türk vatandaşı olan veya Türkiye ile güçlü sosyal bağları bulunan kişilerin cezalarının infazını Türkiye'de gerçekleşmesi konusunda etkin bir çaba gösterilmektedir. Bu sebeple Türkiye yabancı bir ülkede verilmiş olan mahkûmiyet kararını doğrudan Türkiye'de yeni bir yargılama yapmaksızın infaz etmeye hazır olduğunu kanunen kabul etmiştir. Ancak Türkiye bazı iki taraflı uluslararası antlaşmalarda karşı devletlerin taleplerini de dikkate almaktadır. Bu yönde hükümlü naklinin uygulama alanı genişletmek amacıyla dönüşüm modelini de istisnai olarak kabul etmektedir.

ANAHTAR KELİMELER:

Uluslararası Adli İş Birliği, Hükümlü Nakli, Yabancı Mahkûmiyet, Devam Eden İnfaz, Dönüşüm Yargılaması

EXECUTION OF FOREIGN CONVICTIONS IN TURKEY DURING TRANSFER OF SENTENCED WITHIN THE FRAMEWORK OF INTERNATIONAL JUDICIAL COOPERATION IN CRIMINAL MATTERS: CONTINUED ENFORCEMENT OR CONVERSION TRIAL

Olcay ASLAN

Prosecutor (İzmir/Turkey) av.olcayaslan@gmail.com

ORCID: 0009-0008-3389-5628

ABSTRACT:

The transfer of sentenced, as one of the institutions of international judicial cooperation in criminal matters, is a more recent development compared to other judicial cooperation institutions. The main reason for this is the acceptance of the doctrine of state sovereignty as the dominant view in determining 19th-century international relations and its reflection in criminal law. In the 19th century, the principle of territoriality was strongly applied in the understanding of sovereignty. According to this principle, a state's primary jurisdiction in terms of criminal law and criminal justice is limited to its national borders. Therefore, it was not considered possible for a conviction handed down by one state to be directly enforced by another state.

In a globalized and changing world, the fact that crimes can be committed in a way that involves and affects more than one country, or that criminals can quickly and easily move to other countries, has led to the internationalization of the concept of crime. This situation necessitates international judicial cooperation in criminal matters. International sentenced transfer, as one of the institutions included in the concept of international judicial cooperation in criminal matters, has emerged and developed throughout history. International sentenced transfer, on the one hand, increases the effectiveness of states in criminal justice, preventing crimes from going unpunished; on the other hand, it aims to ensure the completion of the sentence in the offender's own country, thus facilitating their social rehabilitation.

In the case of Turkey, in recent years, it has been observed that Turkish citizens have left the country and settled in different geographical areas for reasons such as education and work. If Turkish citizens commit crimes in foreign countries where they reside, these convicted Turkish citizens can be transferred to Turkey for the purpose of serving their sentences.At this stage, for Turkey, it is a matter of the execution of a sentence handed down in another country within its own borders.

Turkey has begun implementing international sentenced transfer by signing both multilateral international conventions and bilateral agreements with many states. Turkey actively strives to ensure that the sentences of Turkish citizens or those with strong social ties to Turkey are executed in Turkey. Therefore, Turkey has legally accepted its readiness to directly execute a conviction handed down in a foreign country within Turkey without conducting a new trial. Turkey, which adopts the method of continuing the execution of sentences, has also prioritized the continuation of sentences in bilateral agreements. However, Türkiye also takes into account the demands of other states in some bilateral international agreements. In this regard, it exceptionally accepts the conversion model in order to expand the scope of application of sentenced transfers.

KEY WORDS:

International Judicial Cooperation, Sentenced Transfer, Foreign Conviction, Continued Enforcement, Conversion Trial.

GİRİŞ

Ceza Kanunlarının temel uygulama alanı öncelikle egemenlik ilkesi gereğince ulusal anlamdaki suç ve suçlularla mücadele kapsamında ele alınır. Ceza kanunlarında temel amaç toplumsal düzeni sağlamak, suç işlenmesini engellemek ve suçluları cezalandırılması ile sosyal rehabilitasyonunu sağlamak olarak değerlendirilebilir.[1] Ancak bu amaçlara ulaşmak için uluslararası düzeyde suçluluk unsuruyla mücadele edebilmek ve uluslararası düzeyde kamu düzenini sağlamak amacıyla devletlerarasında cezai konularda adli iş birliği yapılması bir zorunluluk halini almıştır.[2]

Bilgi teknolojisinin hızla gelişimi, iletişim araçlarının çeşitlenmesi, gelişmesi ve modern küreselleşen etkiler, kaynak ve teknik bilgi alışverişinde uluslararası işbirliği için yeni imkânlar ve kolaylıklar ortaya çıkarmaktadır. Bununla birlikte bu gelişmeler dünya genelinde örgütlü ve organize suç faaliyetlerini de kolaylaştırmaktadır.[3] Yalnızca suçun işlenmesi sürecinde değil suç işlendikten sonra ülkelerarası seyahat kısıtlamalarının azalması, serbest dolaşımın artması, internet, modern telekomünikasyon ve veri işleme sistemlerinin gelişmesi nedeniyle suçun işlendiği ülke bakımından suçluya ulaşmak ve yargılama yapmak hususlarında da zorluklar ortaya çıkmaktadır.[4] Bu durum cezai konularda uluslararası adli iş birliğini zorunlu kılmakta birlikte bu kavramın gelişmesi ve genişlemesine de sebebiyet vermektedir.[5] Uluslararası hükümlü nakli de cezai konularda uluslararası adli iş birliği kavramına dâhil olan kurumlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uluslararası hükümlü nakli bir yönüyle devletlerin cezai yargılamada etkinliğini artırarak suçların cezasız kalmasını engellemekte, yabancı hükümlülerin haklarını koruyarak adaletin evrensel normlara göre tesisini sağlamakta diğer taraftan ise hükümlünün insan haklarına uygun rehabilitasyon imkanlarına ulaşımını sağlayan bir rol oynamaktadır.[6] Uluslararası adli iş birliği kurumu olarak hükümlü naklinin önemi ve temel amacı yabancı uyruklu bir hükümlünün suçun işlendiği hüküm devletinden, aile bağları, dil, din, kültür ve sosyal ilişkileri yönünden kendisine yakın olan infaz devletinde cezasını infaz edebilmesi ve bu suretle sosyal rehabilitasyonunun sağlanmasıdır.[7]

Cezai konularda uluslararası adli iş birliği kurumları kapsamında suçluların iadesi ve adli yardımlaşma kurumları aktif ve yoğun olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak bir diğer adli iş birliği kurumu olan hükümlü nakli Türkiye özelinde özellikle son yıllarda önem kazanmış durumdadır. Çeşitli sebeplerle Türkiye'ye bireysel ya da toplu olarak gelen yabancı sayısının artışı, bu artan yabancı sayısı ve bunun sonucu olarak bozulan

---

[1] TCK 1. maddesi: Ceza Kanununun amacı: *"Ceza Kanununun amacı; kişi hak ve özgürlüklerini, kamu düzen ve güvenliğini, hukuk devletini, kamu sağlığını ve çevreyi, toplum barışını korumak, suç işlenmesini önlemektir. Kanunda, bu amacın gerçekleştirilmesi için ceza sorumluluğunun temel esasları ile suçlar, ceza ve güvenlik tedbirlerinin türleri düzenlenmiştir."*

[2] AL-SUDAİREY, Abdullah Fahad; *Global Co-operation and Extradition, a Comparative Study of Saudi Arabian and British Judicial and Quasi-Judicial Processes Employed in Extradition of Alleged Offenders*, Ph.D. Thesis, School of Law, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle, United Kingdom, 2010, s.2, https://theses.ncl.ac.uk/jspui/handle/10443/1946 E.T. 21.09.2026

[3] ABBELL, Michael; *Extradition To And From The United States*, Martinus Nijhoff Publishers, Leiden, 2010, s. 10, https://lawcat.berkeley.edu/record/1233490 E.T. 21.09.2026

[4] BASSIOUNI, M. Cherif; *International Extradition: United States Law and Practise*, 6. Edition, Oxford University Press, Oxford, 2014, s. 2.

[5] ULUTAŞ, Ahmet, ATABEY, Serdar, Hükümlülerin Uluslararası Nakli Hukuku ve Uygulaması, Adalet Yayınevi, 2011 Ankara, s.1.

[6] BASSIOUNI M. Cherif, International Criminal Law Vol.3, Martinus Nijhoff Publishers, 2008.

[7] ERGÜL, Ergin, Teori ve Uygulamada Suçluların İadesi ve Hükümlü Nakli, 2003, Ankara, Yetkin Yayınları s.107-108; Portekiz'de uyuşturucu kaçakçılığı suçundan hükümlü olarak ceza infaz kurumunda bulunan Türk vatandaşının Türkiye'ye hükümlü nakli teklifine ilişkin, Portekiz Başsavcılığı'nın görüş ve gerekçeleri: *"Mahkûmun tüm aile üyeleri, onu en azından arada sırada ziyaret etmek istiyorlar. Arada bulunan mesafe ve maliyet dikkate alındığında yakınları için burada ziyaret olanağı çok zordur. Hapis cezasının Türkiye'de bir cezaevinde geçirilmesi, kişinin sıkıntısını ve özlemini kesinlikle azaltacaktır. Aynı zamanda İslam dininin gerekleri, oruç zamanları ve günde beş vakit namazın ve sözü edilen bu inancın yaşanması için zorunlu olan durum ve şartların tümü de unutulmamalıdır."*

toplumsal düzen ve suçluluk ile yabancı mahkûm sayısında artış meydana gelmektedir. Türkiye'de yer alan yabancı mahkûm sayısı ile hükümlü nakli kurumu çok daha fazla önem kazanmaktadır.

Buna mukabil Türkiye'den de ciddi oranda vatandaşın ülkesinden ayrılarak farklı coğrafyalarda eğitim, iş vb. sebeplerle yerleştiği görülmektedir. Türk vatandaşlarının bulundukları yabancı ülkelerde suç işlemesi halinde de bu Türk vatandaşı mahkûmların cezaların infazı amacıyla Türkiye'ye nakli de gündeme gelmektedir. Bu aşamada Türkiye bakımından başka bir ülkede verilmiş bir mahkûmiyet hükmünün kendi ülkesinde uygulanması (infazı) söz konusu olmaktadır.

Çalışmamız içeriğinde yabancı ülkede Türk vatandaşı hakkında verilmiş mahkûmiyet hükmünün hükümlü nakli ile Türkiye'de uygulanmasının mümkün olup olmadığı, bunun ulusal ve uluslararası yasal dayanakları ele alınmaktadır. Yabancı mahkûmiyet hükmünün Türkiye'de uygulanabilir olması durumunda ise bu yabancı mahkeme hükmünün Türkiye'de doğrudan uygulanabilirliği veya bu hükmün uyarlama-dönüşüm yargılaması metoduyla iç hukuk hükmüne çevrilmesi gerekip gerekmediği konuları da çalışmamız kapsamındadır. Yabancı mahkûmiyet kararının hükümlü nakli ile Türkiye'de uygulanmasında hem çok taraflı uluslararası sözleşmelerle kabul edilen yöntemler hem de Türkiye'nin taraf olduğu iki taraflı andlaşmalarla belirlenen kurallar ayrı ayrı ele alınmaktadır. Aynı zamanda karşılaştırmalı hukuk kapsamında diğer devletlerin uygulamaları da bu doğrultuda incelenmektedir.

I. ULUSLARARASI HÜKÜMLÜ NAKLİNİN TANIMI VE KAYNAKLARI

Cezai konularda uluslararası adli iş birliği kurumu olarak hükümlü nakli; hakkında yapılan yargılama neticesinde mahkeme tarafından belirli bir ağırlıkta özgürlüğü bağlayıcı ceza (hapis cezası) ile mahkûmiyet hükmü verilen ve cezasını ceza infaz kurumunda infaz etmekte olan yabancı hükümlünün, hüküm devletinden (mahkûmiyet hükmü verilen devletten), yerine getiren devlete (infaz devletine) cezasının tamamını veya bir kısmını infaz etmek üzere istisnai haller hariç olmak üzere rızaya dayalı olarak nakledilmesi olarak nitelendirilir.[1]

Uluslararası hükümlü nakli kapsamındaki çalışmalar ilk olarak birbirine sınır ve yakın olan devletler arasındaki iki taraflı andlaşmalarla gelişim göstermiştir.[2] Lübnan ve Suriye Arap Cumhuriyeti arasında 1951 yılında imzalanan, *"Lübnan ile Suriye arasında suçluların teslimi ve ceza hükümlerinin infazına ilişkin Anlaşma"* bu anlamda ilk uluslararası ikili cezai konularda uluslararası hükümlü naklini içeren anlaşma olarak kabul edilmektedir.[3] Bu sözleşme, taraf devletlerin birbirlerinin cezai konularda verdikleri kısa süreli olmayan mahkûmiyet kararlarını her iki devletin ve hükümlünün rızası dâhilinde infaz etmelerine izin vermektedir.[4] İlerleyen yıllar içerisinde devletlerarasında hükümlü nakli ikili anlaşmalar ile gelişme göstermeye devam etmiştir. Bu ikili anlaşmalara birden fazla devletin dâhil olması halinde etkinliğinin ve verimliliğinin daha olumlu olacağı kanaati de oluşmaya başlamıştır. Bu kapsamda ilk düzenleme 1963 yılında Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Norveç ve İsveç arasında imzalanan anlaşma ile ortaya çıkmıştır. Anlaşmaya göre, bahsi geçen İskandinav ülkelerinin her biri ceza infazının bir diğerinde gerçekleşmesine imkân sağlayan aynı yasaları çıkardı. Yasalar,

[1] Ibid, s.107.

[2] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), Handbook on the International Transfer of Sentenced Persons, Criminal Justice Handbook Series, s.17.

[3] PLACHTA, Michał, "*Transfer of Prisoners under International Instruments and Domestic Legislation: A Comparative Study*", Freiburg im Breisgau, Max-Planck-Institut für Ausländisches und Internationales Strafrecht, 1993, s.134-143.

[4] Lübnan İle Suriye Arasında Suçluların Teslimi Ve Ceza Hükümlerinin İnfazına İlişkin Anlaşma, Judicial Agreement Concluded Between Lebanon And Syria, Signed At Damascus on 25 February 1951, https://nhrclb.org/wp-content/uploads/2026/03/Judicial-Agreement-between-Syria-and-Lebanon-25-February-1951-.pdf E.T.25.09.2026

anlaşmaya taraf ülkelerden herhangi birinde hüküm giymiş bir hükümlünün, eğer anlaşmaya taraf ülkelerden birinin vatandaşı ise, cezasını kendi ülkesinde çekebileceğini öngörmektedir.[1]

İkili antlaşmaları takiben Avrupa Konseyi tarafından uluslararası hükümlü nakline ilişkin sözleşme çalışmaları başlamıştır. Avrupa Konseyi tarafından 1964 yılında imzaya açılan *"Şartla Mahkûm Edilen veya Şartla Salıverilen Suçluların Gözetimi Hakkında Avrupa Sözleşmesi"* hükümlü nakline ilişkin ilk uluslararası sözleşme örneğidir. Bu sözleşme Avrupa Konseyi üyesi olan devletlerin suçla mücadele kapsamında hüküm giyen ancak cezaları tecil edilen ya da hakkında koşullu salıverilme kararı verilen hükümlüleri kapsamakta ve bu sözleşmeye taraf diğer ülke topraklarında kalan cezanın infazı usulü kabul edilmektedir.[2] Bu sözleşme çok sayıda ülke tarafından imzalanmış ya da katılma yoluyla kabul edilmiş olsa da Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bazı ülkeler sözleşmeyi imzalamalarına rağmen iç hukukta gerekli kanunlarını çıkarmaması/onaylamaması nedeniyle sözleşme bu ülkeler bakımından yürürlük kazanmamıştır.

Avrupa Konseyi nezdinde uluslararası hükümlü nakline ilişkin çalışmalar sürdürülmüş ve bu kapsamda *"Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Uzmanlar Komitesi"* oluşturulmuştur. Bu özel komite, 1967 yılı itibariyle yaptığı toplantılar ve hazırladıkları taslak metin sonucunda uluslararası sözleşme şekillenmiştir.[3] Tasarı üzerine yapılan görüşmeler nihayetinde Avrupa Konseyi tarafından hazırlanan "*Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Avrupa Sözleşmesi(CYMDAS)"* 28.05.1970 tarihinde imzaya açılıp 26.07.1974 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye sözleşmeyi 26.06.1974 tarihinde imzalamış ve onaylanması kanunla uygun bulunan sözleşme 14.12.1977 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanmıştır.

CYMDAS'nin uygulamada yarattığı sorunlar ve uluslararası hükümlü nakli kapsamında daha hızlı ve basit bir süreç ile daha geniş katılımlı bir, çok taraflı sözleşmeye ihtiyaç duyulduğunun anlaşılması ile Avrupa Konseyi kapsamında çalışmalar başlamıştır.[4] Bu kapsamda Hükümlülerin Nakli Hakkında Sözleşme taslağı Avrupa Suç Sorunları Komitesi (CDPC) tarafından 1982 yılında tamamlanmış, Bakanlar Komitesinin Eylül 1982'deki toplantısında sözleşme metni olarak onaylanmıştır. Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşme(HÜNDAS) Avrupa Konseyi tarafından Strasburg'da 21.03.1983 yılında imzaya açılmış, 01.07.1985 tarihinde de yürürlüğe girmiştir.[5] Türkiye Cumhuriyeti bu sözleşmeyi 19.06.1985 tarihinde imzalayıp, kanunla uygun bularak 03.09.1987 tarihinde Resmi Gazetede yayımlayarak, 01.01.1988 tarihinde yürürlüğe koymuştur.[6] Yine HÜNDAS kapsamında Avrupa Konseyi tarafından hazırlanan Ek Protokol 18.12.1997 tarihinde imzaya açılmış, 01.06.2000 tarihinde de HÜNDAS Ek Protokol yürürlüğe girmiştir.[7] Türkiye HÜNDAS Ek Protokolü 10.11.2010 tarihinde imzalayıp, Resmi Gazetede yayımlayarak 01.09.2016 tarihi itibariyle yürürlüğe koymuştur.[8]

---

[1] UNODC, Handbook on the International Transfer of Sentenced Persons, s.18

[2] Şartla Mahkûm Edilen veya Şartla Salıverilen Suçluların Gözetimi Hakkında Avrupa Sözleşmesinin çevirisi ve tam metni için; https://cte.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/19820191515101.pdf E.T. 07.05.2025

[3] KUNTER, Nurullah, Ana Çizgileriyle Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Avrupa Sözleşmesi, *Journal of Istanbul University Law Faculty* 36.1-4 (2011), s. 79-92.

[4] Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons, s.2, https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list E.T. 08.05.2025

[5] Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=112 E.T. 09.05.2025, Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. 09.05.2025,
Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşme ve Açıklayıcı Rapor çeviri metni için; ULUTAŞ, Ahmet, ATABEY, Ömer Serdar, Hükümlülerin Uluslararası Nakli Hukuku ve Uygulaması, Adalet Yayınevi, Ankara, 2011, s. 17-53.

[6] https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/19486.pdf E.T.16.10.2026

[7] Additional Protocol to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons , https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=167, E.T.16.06.2026

[8] https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/02/20160219-3.pdf E.T. 16.10.2026

HÜNDAS, haklarında verilen mahkûmiyet kararının infazına devam edilen yabancıların, cezalarını kendi ülkelerinde çekme olanağı vererek mahkûmların sosyal rehabilitasyonunu kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.[1] Özellikle yabancı mahkûmların ceza infaz kurumlarında yaşadıkları dil ve iletişim sorunu ile aile ve yakınlarıyla görüşememe durumları amaçlanan sosyal rehabilitasyonu sağlamada önemli birer engel olarak değerlendirilmiştir. Bu sebeple hükümlü naklinin temeli insani kaygılara dayanmaktadır ve yabancıların cezalarını kendi ülkelerinde infaz edebilmesi imkânını sunmaktadır.[2]

HÜNDAS'a taraf devletler cezai konularda adli işbirliği kurumlarından olan hükümlü nakli konusunda sözleşme şartları çerçevesinde birbirine en geniş ölçüde işbirliği sağlamayı taahhüt etmektedirler. Sözleşmenin 2. maddesi 3. fıkrasına göre nakil, hüküm devleti veya yerine getiren devlet(infaz devleti) tarafından talep edilebilecektir. Aynı maddenin 2. fıkrasına göre ise hükümlü de hüküm veya infaz devletine bu sözleşme gereğince, nakil edilme isteğini beyan edebilir. Burada iki devlet bakımından ilk halde durum nakil talebi; ikinci halde ise nakil talebi beyanı olarak nitelendirilmektedir.[3]

Türkiye Cumhuriyeti iç hukuk mevzuatı bakımından öncelikle Türk Ceza Kanununun ilk halinde TCK 18. maddesi gereğince suçluların iadesi kurumu düzenleme alanı bulmaktaydı. Diğer uluslararası adli iş birliği kurumları bakımından ceza kanunu kapsamında bir içerik bulunmamaktaydı. Aynı süreçte 3002 sayılı Türk Vatandaşları Hakkında Yabancı Ülke Mahkemelerinden ve Yabancılar Hakkında Türk Mahkemelerinden Verilen Ceza Mahkûmiyetlerinin İnfazına Dair Kanun da yürürlükte olduğunda hükümlü nakline ilişkin ilk hususlar bu kanun özelinde değerlendirmeye tabi tutulmaktaydı.[4]

6706 sayılı Cezai Konularda Uluslararası Adli İş Birliği Kanununun yürürlüğe girmesi ile 3002 sayılı Kanun ve TCK 18. maddesi mülga olmuştur.[5] 6706 sayılı Kanun cezai konularda uluslararası adli iş birliği kapsamında yalnızca suçluların iadesi kurumunu değil hükümlü nakli de dâhil olmak üzere tüm adli iş birliği kurumlarını tek kanunda ve tüm yönleriyle ele almıştır. 6706 sayılı Kanun 30. ve 31. maddeleri Türkiye'ye hükümlü naklini ele alırken; 32. ve 33. maddeler Türkiye'den hükümlü nakline ilişkin düzenlemelere yer vermektedir.

Hükümlü nakli süreci HÜNDAS ve 6706 sayılı Kanun kapsamında hüküm veya infaz devleti tarafından harekete geçirilebilir. Bu durumda taraflardan birinin nakil talebini diğer tarafa iletmesini takiben önce hükümlü nakli şartlarının varlığı değerlendirilecektir. Ancak hepsinden önce hükümlü naklinde hükümlünün rızasının aranmadığı istisnai haller dışında hükümlü veya yasal temsilcisinin nakle ilişkin rızası aranacaktır. Bu sebeple hükümlü nakli diğer adli işbirliği kurumlarından ve özellikle suçluların iadesi sürecinden farklı olarak rızaya bağlı, cebri nitelik taşımayan bir adli işbirliği kurumudur.

---

[1] Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. 09.05.2025

[2] ERDEM, Buğra, Cezai Konularda Uluslararası Adli Yardımlaşma, Seçkin Hukuk, 2023, s.257.

[3] ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli, s. 11; ERDEM, s.270.

[4] Ibid, s.13.

[5] 6706 Sayılı Kanun madde 36: Yürürlükten kaldırılan mevzuat; *"Bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla;*

a) 1/3/1977 tarihli ve 2080 sayılı Ceza Kovuşturmalarının Aktarılmasına Dair Avrupa Sözleşmesi'nin Onaylanması ve Uygulanması Hakkında Kanunun 3 üncü maddesi,

b) 1/3/1977 tarihli ve 2081 sayılı Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Avrupa Sözleşmesinin Onaylanması ve Uygulanması Hakkında Kanunun 4 üncü maddesinin birinci ve üçüncü fıkraları ile 5 inci maddesi,

c) 8/5/1984 tarihli ve 3002 sayılı Türk Vatandaşları Hakkında Yabancı Ülke Mahkemelerinden ve Yabancılar Hakkında Türk Mahkemelerinden Verilen Ceza Mahkûmiyetlerinin İnfazına Dair Kanun,

ç) 26/9/2004 tarihli ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun 18 inci maddesi, yürürlükten kaldırılmıştır."

II. ULUSLARARASI HÜKÜMLÜ NAKLİNDE YABANCI DEVLETTEN TÜRKİYE'YE NAKİL SÜRECİ

A. Nakil Talebi ve İstenecek Belgeler

Bir Türk vatandaşı ya da vatandaş olmamakla birlikte Türkiye ile güçlü sosyal bağları bulunan bir kişi hakkında yabancı devlette verilen özgürlüğü bağlayıcı nitelikteki mahkûmiyet hükmü sonrasında hükümlünün uluslararası adli iş birliği kapsamında Türkiye'ye nakli söz konusu olabilir. Hükümlünün Türkiye'ye nakli süreci hükmü veren yabancı devletin nakil talebi ile gerçekleşebileceği gibi hükümlü veya yasal temsilcisinin nakil talebi beyanı ile başlayabilir. Bu aşamada Türkiye tarafından infaz devleti sıfatıyla nakil talebinde bulunmak da mümkündür.[1]

Hükümlü veya yasal temsilcisi tarafından Türkiye'ye nakil talebinde bulunulması hâlinde, hüküm devletinden diplomatik yollarla bazı evrakların öncelikle istenmesi gerekecektir. Bunlar HÜNDAS 6. maddesi ile 6706 sayılı Kanun 30. maddesi 2. fıkrasına göre hüküm devleti mahkemelerince verilen mahkûmiyet kararının onaylı sureti, bu karara dayanak oluşturan kanun maddelerinin metni, infazı gereken cezayı gösteren belgelerdir. Hükümlünün Türk vatandaşı olmaması halinde, Türkiye ile güçlü sosyal bağlarının bulunduğunu gösterir belgelerinde sunulması da gerekmektedir. Bununla birlikte Türkiye tarafından gerekli görülmesi halinde hükümlünün sağlık durumunu gösteren tıbbî belgeler ile hükümlünün varsa hastalığı ve tedavisine dair tavsiyeleri içeren belgelerde talep edilebilir. Hükümlü veya yasal temsilcisinin nakil talep beyanları aynı zamanda rıza beyanı olmakla birlikte hükümlünün yakınları tarafından bu talep Türkiye'ye iletilmişse infaz devletinden hükümlü veya yasal temsilcisinin nakle rıza gösterdiğine ilişkin belgenin de talep edilmesi gerekir.[2]

Merkezi makamın uluslararası ve ulusal mevzuat kapsamında yaptığı inceleme ve değerlendirme sonucunda hükümlünün hüküm devletinden Türkiye'ye nakline ilişkin engel bir durum yoksa hükümlünün naklinin kabul edilebilir olduğu Adalet Bakanına arz edilir. Adalet Bakanı hükümlünün nakline karar verilmesine ilişkin olur verirse, hükümlünün ceza infaz kurumlarında kalacağı süre hükümlüye ve yabancı makamlara bildirilir. Hüküm devletinin de hükümlünün naklini kabul etmesi üzerine hükümlünün Türkiye'ye teslimi işlemlerine başlanılır.[3]

B. Nakil Talebinin Kabulü Halinde Yabancı Hükmün Tanınması ve İnfaz Edilme Yöntemi

HÜNDAS 9. maddesi gereğince; hükümlü nakli talebinin kabulü ile hükümlünün infaz devletine teslimi sorasında infazın gerçekleşmesi yöntemlerini ele almaktadır. Buna göre infaz devleti ilk ihtimal olarak infazın devamı yöntemini benimseyebilir. İkinci ihtimal ise infaz devleti adlî veya idarî bir kararla, hüküm devletinde verilen mahkûmiyet hükmünün HÜNDAS 11. maddesinde öngörülen şartlar çerçevesinde aynı suç dolayısıyla infaz devleti kanunlarında öngörülen bir ceza ile ikame etmek suretiyle, mahkûmiyet kararını infaz devleti kararına dönüştürecektir. Bu ayrımda infaz devleti, infazının devamı yöntemini kabul etmiş ise kural olarak hüküm devletinin verdiği cezayı esas almakta ve yeni bir ceza tayin etmemektedir. Diğer yöntem olan cezanın dönüştürülmesi yönteminde ise infaz devleti bakımından hüküm devletinin kararı esas alınmakta ancak infaz devleti kendi kanunları kapsamında yeni bir mahkûmiyet hükmü belirlemektedir.

İki yöntem arasındaki temel fark, infazın devamı yönteminde infaz devletinin hüküm devleti tarafından verilen mahkûmiyet hükmünü HÜNDAS 10/2. maddesi gereğince uyarlayarak, infazı devam ettirmesi; dönüştürme yönteminde ise infaz devletinin vereceği kararla hükümlünün mahkûmiyetinin infaz devletinin

[1] ERDEM, s.274.

[2] ERTUĞRUL, Hüseyin, Uluslararası Ceza Hukukunda Hükümlülerin Nakli, Adalet Yayınevi, Ankara, 2023, 2. baskı, s.95-96.

[3] Hükümlü Nakli Konusunda Adlî Mercilerimizce Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Adalet Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü, 20.11.2024 tarih ve 185 Nolu Genelgesi, madde 13-16, s.3.

yaptırımına dönüştürülmesidir. HÜNDAS açıklayıcı raporun 46. maddesinde bu ayrım net bir şekilde ele alınmaktadır. İnfazın devamı (continued enforcement) yönteminde infaz devleti, hüküm devletinde verilmiş olan yaptırımın infazına devam eder. Bu yaptırım, Sözleşme'nin 10/2. maddesinde öngörülen şartlar altında uyarlanabilir. Dönüştürme (conversion of sentence) yönteminde ise hüküm devleti mahkûmiyet kararı, infaz devletinin yaptırımına dönüştürülür ve bu şekilde infaz edilen yaptırım infaz devleti hükmüne dönüştürülmüş olur.[1]

Hükümlü naklinin en önemli aşamalarından birisi hükmün tanınmasıdır. Yukarıda izah edildiği üzere HÜNDAS kapsamında hükmün tanınması iki farklı yöntem olarak seçimlik şekilde taraf devletlerin inisiyatifine sunulmaktadır. İnfaz devleti hükmü tanırken ya hüküm devletince verilen hükmü uygulamaya devam edebilir ya da hüküm devletindeki olgu ve kabule sadık kalarak kendi kanunlarına göre yeni bir hüküm kurabilir. HÜNDAS kapsamında öngörülen bu iki olasılık her zaman mutlak değildir. Naklin gerçekleştirilmesine dayanak olan çok taraflı veya iki taraflı uluslararası anlaşma, infaz devletinin ulusal hukuku veya hatta hükümlünün nakliyle ilgili müzakerelerle değişkenlik gösterebilir. HÜNDAS taraf devletler bakımından bu karmaşıklık genel olarak ortaya koydukları beyanlarla çözümlenmektedir. Bazı taraf devletler hükümlü naklinde hükmün tanınması bakımından hangi yöntemi seçtiğini açıkça belirten beyanlarda bulunur. Buna göre bir kısım taraf devletler yalnızca infazın devamı yöntemini kabul ederken, bir kısım taraf devletler ise yalnızca cezaları dönüştürerek uygulayacaklarını beyan etmiştir.[2]

Ancak tüm devletler bakımından durum bu kadar net olmayabilir. Örneğin Avusturya, prensip olarak HÜNDAS 9. maddesinin 1. fıkrasının (b) bendinde belirtilen dönüşüm yargılaması sürecini uygulayacağını beyan etmiştir. Bununla birlikte, hükümlü naklinde HÜNDAS'a taraf diğer devlet infazın devamı yönteminin uygulanmasında ısrar ederse, Avusturya transfer ihtimalini tamamen reddetmemektedir. Burada Avusturya *"transferin menfaati ağır basarsa"* dönüşüm yargılaması yapmak yerine infazın devamını kabul edebilmektedir.[3]

Bununla birlikte HÜNDAS'a taraf bazı devletler, HÜNDAS 9. maddesi uyarınca hangi tercihleri yapacaklarına dair resmi beyanlarda bulunmamıştır. Bu, hükmün tanınması anlamında bu taraf devletlerin kayıtsız oldukları anlamına gelmez. Örneğin, beyanda bulunmayan devletlerden biri de Almanya'dır. Öncelikle Alman iç hukukuna göre, cezaların ancak bir Alman mahkemesinin kararıyla infaz edilebileceği düzenlemesi gereğince aslında dönüşüm yargılaması modelini benimsedikleri anlaşılmaktadır.[4] Pratikte Almanya'nın uluslararası sözleşme kapsamında açıkça hükmün tanınması modellerinden hangisini kabul ettiğini beyan etmemesine karşın iç hukuk mevzuat düzenlemesi gereği Almanya'nın infaz devleti olması halinde genellikle bir dönüşüm yargılaması sürecini takip edeceği sonucu doğmaktadır. Bu aşamada Almanya'nın infaz devleti olduğu durumda, hüküm devleti cezanın infazına devam edilmesi usulünün benimsenmesi halinde hükümlü nakline onay vereceği şart koşması durumunda yine Almanya cezanın gerekli yasal gücü kazanması için bir Alman mahkemesi tarafından onaylanması gerekecektir. Burada bahsedilen aslında bir dönüşüm yargılaması değil yabancı mahkeme

[1] Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. 22.07.2026, Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşme Açıklayıcı Raporu çeviri metni için; ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli, 2011.

[2] Avrupa Konseyi Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşmesi (ETS No. 112) m. 9-11 ve güncel Avrupa Konseyi Treaty Office kayıtları: https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=112 E.T.25.08.2026

[3] Auslieferungs- und Rechtshilfegesetz (ARHG), madde: 64–67 (Avusturya İade ve Adlî Yardımlaşma Kanunu, Nr.529/1979) E.T.25.08.2026

https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10002441

[4] Gesetz über die internationale Rechtshilfe in Strafsachen (IRG – Cezai Konularda Uluslararası Adli Yardımlaşma Kanunu), md.48-58, https://www.gesetze-im-internet.de/irg/BJNR020710982.html E.T. 27.08.2026

hükmünü tanımaktan ibarettir.[1] Cezanın dönüştürülmesinde, yani aynı suç için Alman hukukunda mevcut olan azami sınırı aşmamasını sağlamak için gerekli olan sınırlı ölçüde değiştirilmesi durumunda, Alman mahkemeleri bu hususu dikkate almaktadır.[2] Almanya'nın hükümlü nakline konu hükmü veren devlet olduğu durumda ise potansiyel infaz devletinden cezanın nasıl uygulanacağına dair bir beyan talep edebileceğini belirten uygulaması söz konusudur.[3]

İnfaz devleti talep edilmesi halinde, hükümlünün nakledilmesinden önce bu usullerden hangisini takip edeceğini hüküm devletine bildirecektir. Her iki usul açısından da mahkûmiyetin infazı, infaz devleti kanunlarına göre yapılacak ve yalnızca infaz devleti tüm gerekli kararların alınmasında yetkili olacaktır.

1. İnfaz Devletinde Uygulanan İnfazın Devamı Yöntemi

İnfazın devamı yönteminde; HÜNDAS 9/1-a maddesi gereğince infaz devleti hükümlünün nakledilmesi ile derhal bir mahkeme veya idarî kararla mahkûmiyetin infazına devam edecektir. İnfazın devamı halinde, yerine getiren Devlet, hüküm Devleti tarafından belirlenen şekilde hükmün hukukî niteliği ve süresi ile bağlı olacaktır.

Yine HÜNDAS 9/1-b maddesi ve uyarlama açısından düzenlenen HÜNDAS 10. maddesi kapsamında; infazın devamı usulünü kabul eden devletler bakımından hükümlünün naklinin gerçekleşmesi sonrası infaz edilecek azami ceza süresi, hüküm devletinde verilen ceza miktarından, bu devlette infaz edilen ve nakil tarihine kadar hak kazanılan indirimler düşüldükten sonra, kalan ceza kadar olacaktır. Hüküm devletinde verilen ceza, infaz devletinde aynı suç için öngörülen cezadan daha ağır olarak belirlenmiş veya farklı bir nitelikte öngörülmüşse, asıl hükümden daha uzun süreli veya ağır olmamak üzere, infaz devletinin mevzuatının elverdiği ölçüde, infaz devleti yasalarının kabul ettiği asıl hükme en yakın ceza uygulanacaktır. Uygulamada bu, infazın devamını kabul eden infaz devletleri bakımından hüküm devletinde verilen ilk cezayı değiştirme yetkisinin oldukça sınırlı olduğu anlamına gelir.[4]

2. İnfaz Devletinde Alınan Dönüşüm Kararı (Mahkûmiyetin Değiştirilmesi Yöntemi)

[1] SCHOMBURG, Wolfgang; LAGODNY, Otto; GLESS, Sabine; HACKNER, Thomas, Internationale Rechtshilfe in Strafsachen (Alman uluslararası cezaî adli yardımlaşma alanındaki temel şerh -Kommentar-), Art. 11 ÜberstÜbk Rn. 2 vd. 5. Bası, München, 2012.

[2] Brandenburg Mahkemesi, Entscheidung 1 Ws 19/10 sayılı, 26.04.2010 tarihli kararı:
Schomburg/Lagodny/Gleß/Hackner, Art. 11 ÜberstÜbk Rn. 2 ve § 54 IRG Rn. 1.
https://gerichtsentscheidungen.brandenburg.de/gerichtsentscheidung/6237?utm_source , E.T.27.08.2026

[3] İnfazın devamı; dönüşüm yargılaması arasındaki pratik farklılıklar ve bu bağlamda adli denetimin önemi, Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi'nin Buijen v. Almanya davasındaki (Başvuru No. 27804/05, 1 Nisan 2010 tarihli Karar) kararında açıkça gösterilmiştir. Bu davada, Hollanda vatandaşı olan başvuran, Almanya'da uyuşturucu ticaretiyle suçlanmıştır. Daha sonra, savcı tarafından, suçunu kabul etmesi halinde Hollanda'ya nakledileceği ve hüküm devleti olan Almanya'nın, infaz devleti olan Hollanda'nın cezayı dönüştürebileceğini kabul edeceği (HÜNDAS md. 11 gereği) konusunda güvence verilmiştir. Bu kabul karşısında, başvuran tam bir itirafta bulunmuş ve suçunu kabul etmiştir. Usulüne uygun olarak mahkûm edilmiş ve sekiz yıl hapis cezasına çarptırılmış ve hemen temyiz hakkından vazgeçmeyi de başvuran kabul etmiştir. Ancak, Alman makamları daha sonra fikirlerini değiştirerek, Hollanda'nın cezanın infazına devam edilmesini ve başvuranın cezasının en az üçte ikisini hapiste tutmasını kabul etmesi şartıyla hükümlü nakline izin vereceklerini açıklamışlardır. Başvuran bu değişikliğe itiraz etmesine karşın Alman mahkemesi davasını yeniden açmayı kabul etmemiştir. Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi bu durumda başvuranın adil yargılanma hakkının ihlal edildiğine karar verdi. Zira başvuranın yargılamasına konu duruşmadaki eylemleri, savcı tarafından kendisine verilen güvencelerden önemli ölçüde etkilenmiştir. Açıkça belirtilmemiş olsa da, hem başvuranın hem de Alman makamlarının, bu durumda nakil sürecinin sonucunda verilecek cezanın Alman mahkemesinin verdiği cezadan önemli ölçüde daha hafif olacağı varsayımıyla hareket ettikleri açıktır. CASE OF BUIJEN v. GERMANY, *(Application no. 27804/05)*, 1 April 2010,
https://hudoc.echr.coe.int/eng#{%22itemid%22:[%22001-98020%22]} E.T.27.08.2026

[4] UNODC, Handbook on the International Transfer of Sentenced Persons, s.5-6.

Hükmün tanınması yönünden öngörülen ikinci ihtimal ise infaz devleti alacağı bir adlî veya idarî kararla, hüküm devletinde verilen müeyyideyi aynı suç dolayısıyla infaz devleti kanunlarında öngörülen bir müeyyide ile ikame etmek suretiyle, mahkûmiyet kararını o Devletin kararına dönüştürecektir. Alınacak dönüşüm kararı ile mahkûmiyetin değiştirilmesi halinde, infaz devleti kanunlarında öngörülen usuller uygulanacaktır.

Dönüşüm kararının alınması bakımından HÜNDAS bu kararın mutlaka bir mahkeme kararı olmasını zorunlu tutmamaktadır. Alınacak bir yetkili merci-idari kararla da hükmün değiştirilmesine imkân vermektedir. HÜNDAS 11. maddesine göre yetkili mahkeme veya idari merci hükmü değişirken bazı konularla sınırlandırılmaktadır. Şöyle ki;

a) Hüküm devletinde verilen mahkûmiyet kararında açıkça veya zımnen yer alan ilgili tespitlerle infaz devleti bağlı olacaktır. İnfaz devleti dönüşüm kararında suçun sübutu ile yani hüküm devletindeki kabul ile bağlıdır.

b) İnfaz devleti dönüşüm kararında hüküm devletinde verilen hürriyeti bağlayıcı müeyyideyi para cezasına çeviremeyecektir.

c) Hükümlünün nakli sürecinde hüküm devletinde bahse konu mahkûmiyetin infaz edilen miktarın tamamı, infaz devletinde dönüşüm yargılaması ile hükmedilen cezadan mahsup edilecektir.

d) İnfaz devletinde dönüşüm yargılaması ile hükümlünün cezalandırma durumunu ağırlaştırılmayacak ve infaz devleti kanunlarının işlenen suç veya suçlar için öngörebileceği herhangi bir asgarî miktarla hükümlü bağlı olmayacaktır.

Yapılacak dönüşüm yargılaması ile mahkûmiyetin değiştirilmesi işlemi, hükümlünün naklinden sonra yapılmış ise infaz devleti hükümlüyü işlemler sonuçlanıncaya kadar nezarette bulunduracak veya infaz devletinde bulunmasını sağlayacak önlemler alacaktır.[1]

Özetle, dönüşüm yargılaması ile mahkumiyetin değiştirilmesi, infaz devletinin, adli veya idari bir karar ile hüküm devletindeki mahkemenin olgusal bulgularına dayanarak yeni bir ceza vermesi sürecini ifade eder. İnfaz devleti suçun sübutuyla bağlıdır, ancak infaz devleti kendi kanunlarının şartları dâhilinde yeni bir ceza verir. İnfaz devletinde dönüşüm yargılaması ile verilecek ceza, hüküm devleti tarafından verilen cezadan daha hafif olabilir ancak daha ağır olamaz. HÜNDAS 11. maddesi gereğince bu ceza hürriyeti bağlayıcı ceza olarak kalmak zorundadır, para cezasına çevrilemez. Yine aynı maddeye göre, infaz devleti kanunlarında öngörülen benzer suçlar için hükmedilmesi gereken asgari ceza miktarıyla bağlı değildir.[2]

Hükmün dönüştürülmesi usulünü uygulayan Devletler suçun sübuta ermediğine ilişkin hüküm kurulamayacağı gibi HÜNDAS gereğince bu şekilde dönüştürülen bir hüküm asıl hükümden daha ağır ve uzun süreli de olmayacaktır. Nihayetinde infaz devletinde verilecek dönüşüm yargılaması mahkûmiyet hükmü, infaz devleti yasalarında öngörülen herhangi bir asgari cezaya tâbi olmayacak ve hükümden evvel infaz edilen süreler mahsup edilecektir.[3]

C. Nakil Talebinin Kabulü Halinde Yabancı Hükmün Tanınması Bakımından Türkiye Uygulaması

1. Türkiye'ye Uluslararası Hükümlü Naklinde İnfazın Devamı Yönteminin Uygulanması

[1] Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. 24.08.2026, Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşme Açıklayıcı Raporu çeviri metni için; ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli.

[2] UNODC, Handbook on the International Transfer of Sentenced Persons, s. 6-7.

[3] Avrupa Konseyi Hükümlülerin Nakline Dair Avrupa Sözleşmesi Hakkında Bilgi Veren Metin, s.1-2 https://rm.coe.int/turkey/1680a59a89 E.T. 24.08.2026

3002 sayılı Türk Vatandaşları Hakkında Yabancı Ülke Mahkemelerinden ve Yabancılar Hakkında Türk Mahkemelerinden Verilen Ceza Mahkûmiyetlerinin İnfazına Dair Kanun 5. maddesinde: *"Yabancı mahkeme ceza ilâmına Türkiye'de uygulanacak müeyyidenin tayin edilmesi konusunda karar vermeye, yabancı mahkûmiyet ilâmına esas teşkil eden suçun niteliği veya cezanın miktar ve mahiyetine göre görev yönünden tekabül eden Ankara mahkemesi yetkilidir."* denilmekte; ayrıca aynı Kanunun 6. maddesi 1. fıkrasında; *"Yabancı mahkeme kararında sübutu kabul edilen suça, Türk kanunlarına göre verilmesi gereken ceza müeyyidesi veya bu suça en yakın ceza müeyyidesi tayin olunur. Bu suretle tayin edilen ceza miktarı yabancı mahkeme kararında tayin edilmiş ceza süresini geçemez. Fiil Türk hukukuna göre daha hafif cezayı gerektirdiği takdirde müeyyide buna göre tayin olunur."* denilerek bir dönüşüm yargılaması yapılması gerektiği belirtilmekteydi. Bu açıdan 3002 sayılı Kanun döneminde Türkiye Cumhuriyeti hükümlü nakli bakımından infaz devleti durumunda olduğunda dönüşüm yargılaması yapma modelini benimsemekteydi.[1]

6706 sayılı Kanunun yürürlüğe girmesi ile 3002 sayılı Kanun mülga olmuştur.[2] 6706 sayılı Kanun'a göre; Türkiye Cumhuriyeti de infazın devamı yöntemini kabul etmekte ve Adalet Bakanlığı tarafından idari kararla nakli gerçekleşen hükümlünün hüküm devletinde hükmedilen cezasının infazı sürecine başlamaktadır. Bu aşamada bir dönüşüm yargılaması yapmamaktadır.[3] Türkiye Cumhuriyeti açıkça HÜNDAS kapsamında hangi hükmün tanınması yöntemini seçtiğini belirtmese de iç hukukta 6706 sayılı Kanun düzenlemesi ile açıkça infazın devamı yöntemini benimsediğini kabul etmektedir. Buna göre uluslararası adli iş birliği kurumu olarak Türkiye'ye hükümlü nakline konu olan hükmün tanınmasında Türkiye'de kabul edilen sistemin yasal dayanağını 6706 sayılı Cezai Konularda Uluslararası Adlî İş Birliği Kanunu 31. maddesi oluşturmaktadır. Adalet Bakanlığımızın güncel hükümlü nakline ilişkin açıklamasında da Türkiye'ye nakil sürecinde, yabancı mahkeme tarafından belirlenen infaz süresinin *"ülkemiz mevzuatında yer alan üst sınırı aşmamak kaydıyla 'aynen infaz' ilkesi uyarınca"* tespit edileceği açıkça ifade edilmektedir.[4]

Uluslararası hükümlü naklinde Türkiye'ye nakle ilişkin olarak Türkiye uygulamasında aynen infaz kavramını üç noktada ele almak gerekir. İlk olarak Türkiye'ye nakledilen hükümlü hakkında verilen mahkûmiyet hükmüne ilişkin Türk mahkemelerinde yeniden bir yargılama yapılarak yeni bir hüküm kurulmamaktadır. Nakle konu olan hükümlü hakkında yabancı mahkemelerce verilen mahkûmiyet hükmü herhangi bir tanıma ya da dönüştürme yargılamasına muhatap olamadan doğrudan Türkiye'de infazına devam edilmektedir.

İkinci olarak; Türkiye'ye nakledilen hükümlünün yabancı mahkemelerde verilen mahkûmiyet kararı doğrudan infaz edilecek olsa da aynı suç eylemine ilişkin Türk kanunları kapsamında düzenlenen suç vasfında öngörülen ceza üst sınırı dikkate alınarak aynen infaz ilkesi uygulama alanı bulacaktır. Örneğin, Türkiye

---

[1] ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli, s. 13.

[2] 6706 Sayılı Kanun madde 36: Yürürlükten kaldırılan mevzuat; *"Bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla;*

a) 1/3/1977 tarihli ve 2080 sayılı Ceza Kovuşturmalarının Aktarılmasına Dair Avrupa Sözleşmesi'nin Onaylanması ve Uygulanması Hakkında Kanunun 3 üncü maddesi,

b) 1/3/1977 tarihli ve 2081 sayılı Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Avrupa Sözleşmesinin Onaylanması ve Uygulanması Hakkında Kanunun 4 üncü maddesinin birinci ve üçüncü fıkraları ile 5 inci maddesi,

c) 8/5/1984 tarihli ve 3002 sayılı Türk Vatandaşları Hakkında Yabancı Ülke Mahkemelerinden ve Yabancılar Hakkında Türk Mahkemelerinden Verilen Ceza Mahkûmiyetlerinin İnfazına Dair Kanun,

ç) 26/9/2004 tarihli ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun 18 inci maddesi, yürürlükten kaldırılmıştır."

[3] 6706 SAYILI Kanun madde 31: *" (1) Hükümlünün nakline karar verilmesi üzerine, ceza infaz kurumlarında kalacağı süre hükümlüye ve yabancı makamlara bildirilir. Yabancı devlet ile hükümlünün, nakli kabul etmesi üzerine, hükümlü Türkiye'ye getirilir. Hükümlü, nakil dosyası ile birlikte Cumhuriyet başsavcılığına teslim edilir. Cumhuriyet başsavcılığı, infazına başlanan karara ilişkin bilgileri Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğüne bildirir."*

[4] https://diabgm.adalet.gov.tr/Home/SayfaDetay/adli-isbirligi-ceza-hukumlu-nakli18022020011235?utm E.T.01.09.2026

Cumhuriyeti vatandaşı olan A, Almanya'da basit kasten yaralama suçundan mahkûm olduğunda, bu suça ilişkin Alman Ceza Kanunu (Strafgesetzbuch – StGB) bakımından kasten yaralama (vorsätzliche Körperverletzung) esas olarak § 223 StGB kapsamında düzenlenmektedir.[1] Bu madde kapsamında ceza sınırı ise beş yıla kadar hapis cezasıdır. A, bu eylemi yönünden dört yıl hapis cezası aldığında, Türkiye'ye hükümlü nakli kapsamında nakledildiğinde aynı eylem yönünden Türk Kanunları düzenlemeleri incelenecektir. Burada TCK madde 86/1 ve 86/2 maddeleri dikkate alınmalıdır.[2] TCK kapsamında bu eylem yönünden öngörülen en ağır ceza yani ceza üst sınırı üç yıl olduğu dikkate alındığında her ne kadar Alman Mahkemeleri tarafından verilen mahkûmiyet hükmünün aynen infazına devam edilecek olsa da bu mahkûmiyet üç yıl olarak değerlendirilecektir.

Üçüncü olarak, yabancı mahkeme kararı ile verilen mahkûmiyet hükmünün Türkiye'de aynen infazına devam edilmesi durumunda infaz sürecine ilişkin infazının yerine getirilmesinde Türk infaz rejimi kuralları uygulanacaktır. HÜNDAS 9. maddesi 3. fıkrasına göre: *"Mahkûmiyetin infazı, yerine getiren Devlet Kanununa göre yapılacak ve yalnızca bu Devlet tüm gerekli kararların alınmasında yetkili olacaktır."* Ayrıca aynı düzenleme 6706 sayılı Kanun 31. maddesi 2. fıkrasında*: "Hükümlü hakkında verilen mahkûmiyet kararı Türk kanunlarına göre infaz edilir."* şeklinde düzenlenmektedir.[3] Buna göre yabancı ülkede hakkında verilen mahkûmiyet hükmünü, hükümlü nakli süreci sonunda Türkiye'de infaz eden hükümlü hakkında, infaza ilişkin kurallar ve talepler Türk İnfaz Hukuku kapsamında ele alınacaktır. Hükümlünün hangi ceza infaz kurumunda cezasını infaz edeceği, açık ceza infaz kurumuna ayrılması, cezaevinden izinli çıkış imkânları, koşullu salıverilme, denetimli serbestliğe ayrılma ve ceza infaz kurumu disiplin hükümleri gibi kurallar bakımından Türk İnfaz Hukuku kuralları uygulama alanı bulacaktır.

Uluslararası adli iş birliği kurumu olarak hükümlü naklinde, Türkiye'ye nakledilen hükümlüler bakımından Türkiye aynen infaz (infazın devamı) usulünü benimsemekle birlikte yabancı mahkeme kararına ilişkin bir tanıma ya da dönüştürme yargılaması yapmamaktadır. Yalnızca ceza üst sınırı dikkate alınarak yabancı mahkeme hükmünün Türkiye'de ve Türk Hukuku infaz kurallarına göre infazı gerçekleştirilmektedir. Türkiye'ye naklin gerçekleşmesini takiben infazın usul ve esasları, infaz devleti olarak Türkiye'nin infaz hukukuna tabi olmaktadır. Bu yönüyle hükümlü naklinde hükmün tanınması Türkiye uygulaması, HÜNDAS 9/1-a ve 10. maddelerinde düzenlenen "infazın devamı" modelinin ulusal hukukta somutlaşmış biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. Türkiye'ye Uluslararası Hükümlü Naklinde İstisnai Olarak Dönüşüm Yargılaması Yapılması Uygulaması

Türkiye Cumhuriyeti her ne kadar HÜNDAS kapsamında açık bir belirleme yapmasa da iç hukukta 6706 sayılı Kanun ile benimsediği infazın devamı yöntemini hükümlü nakline dair yaptığı ikili anlaşmalarda istikrarlı şekilde ortaya koymaktadır. Ancak Türkiye Cumhuriyeti'nin bu kabulü mutlak değildir. Şöyle ki; Türkiye Cumhuriyeti'nin hükümlü naklinde hükmün tanınması hususunda kural olarak infazın devamını yöntemini

[1] Alman Ceza Kanunu'nda **(**Strafgesetzbuch – StGB) 223: Bedensel Zarar; *"(1) Başka bir kişiye fiziksel olarak kötü muamelede bulunan veya sağlığına zarar veren kişi, beş yıla kadar hapis veya para cezası ile cezalandırılır. (2) Bedensel zarara teşebbüs cezalandırılır."* https://dejure.org/gesetze/StGB/223.html E.T. 01.09.2026

[2] TCK Madde 86: *"(1) Kasten başkasının vücuduna acı veren veya sağlığının ya da algılama yeteneğinin bozulmasına neden olan kişi, bir yıl altı aydan üç yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. (2) Kasten yaralama fiilinin kişi üzerindeki etkisinin basit bir tıbbî müdahaleyle giderilebilecek ölçüde hafif olması hâlinde, mağdurun şikâyeti üzerine, altı aydan bir yıl altı aya kadar hapis veya adlî para cezasına hükmolunur. Suçun kadına karşı işlenmesi hâlinde cezanın alt sınırı dokuz aydan az olamaz."*

[3] 20.11.2024 tarihli 185 sayılı Adalet bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü Genelgesi, madde 19: *"Türkiye'ye nakli gerçekleştirilen hükümlü hakkında yabancı devlet mahkemeleri tarafından verilen mahkûmiyet kararı esas alınır ve Türk kanunlarına göre infaz edilir."*

benimsediği, bazı ülkelerle yapılan ikili anlaşmalarla karma yöntemi ve istisnai bazı ülkelerle yapılan anlaşmalarda ise hükmün dönüştürülmesi yöntemini kabul ettiği görülmektedir.

Türkiye Cumhuriyeti ile Federatif Brezilya Cumhuriyeti arasında imzalanan 25.02.2015 tarihli Hükümlü Nakli Anlaşması 10. maddesinde; infazın devam ettirilmesi usulünün her iki devlet açısından açıkça kabul edildiği belirtilmektedir.[1] Aynı şekilde; Fas, Kazakistan, Kosova, Ürdün gibi ülkelerle yapılan ikili anlaşmalarda da açıkça infazın devamı yöntemi benimsenmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti ile Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti arasında 25 Aralık 1987 tarihinde imzalanan ve 27/10/1988 tarihli 3490 sayılı Kanunla onaylanması uygun bulunan *"Hukukî, Ticarî ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma, Tanıma ve Tenfiz, Suçluların Geri Verilmesi ve Hükümlülerin Nakli Sözleşmesi"* bulunmaktadır.[2] Bu sözleşmenin *"Yerine Getirme Kararı"* başlığını taşıyan 63. maddesine göre *"Yerine getiren Devlet, hükümde sübutu kabul eden suça, kendi kanunlarına göre verilmesi gereken ceza müeyyidesi veya bu suça en yakın ceza müeyyidesini tayin ederek, hükmü kendi iç mevzuatına göre infaz edecektir. Bu suretle tayin edilen ceza miktarı hükümdeki ceza süresini ve yerine getiren Devlet kanununda öngörülen azami miktarı geçemez. Suç yerine getiren Devlet hukukuna göre daha hafif cezayı gerektirdiği takdirde müeyyide buna göre tayin olunur. Yerine getiren Devlet, hürriyeti bağlayıcı cezayı para cezasına çeviremez. Hüküm Devletinde infaz edilen ceza süresinin tamamı yerine getiren Devlette mahsup edilecektir."* denilmektedir. Bu maddede açıkça ifade edildiği üzere Türkiye Cumhuriyeti ile KKTC arasındaki hükümlü nakli sözleşmesinde, hükümlü nakli halinde hükmün tanınması bakımından infaz devletinin kendi kanunlarına göre dönüşüm yargılaması ile bir karar verilmesi gerektiğinden bahsedilmektedir. Bu sebeple Türkiye Cumhuriyeti iç mevzuatı kapsamında her ne kadar infazın devamı usulü benimsendiği belirtilse de bu şekilde yapılan ikili uluslararası antlaşmalarda dönüşüm yargılaması usulünün benimsendiği kurallar da mevcut olabilmektedir. Bu da Türkiye Cumhuriyeti'nin uluslararası adli iş birliği kurumu olarak hükümlü naklinde infazın aynen devamı usulünü mutlak şekilde kabul etmediğini istisnai olarak ikili anlaşmalarda dönüşüm yargılaması usulünü de kabul ettiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye Cumhuriyeti ile Kazakistan Cumhuriyeti arasında 04.07.2013 tarihinde imzalanan Hükümlülerin Nakli Anlaşması kapsamında düzenlenen 12. maddesi de benzer içeriğe sahiptir.[3] Bu maddenin madde başlığı her ne kadar *"Mahkûmiyetin infazına devam edilmesi"* şeklinde düzenlense de maddenin birinci fıkrasında *"Ulusal mevzuatı uyarınca, İnfaz Devletinin Merkezi Makamı Hüküm Devletinin verdiği mahkûmiyetin infazına derhal devam eder. Adlî veya idarî bir usul yoluyla mahkûmiyet kararını kendi Devletinin bir kararına dönüştürür ve böylece Hüküm Devletinde verilen yaptırımı, İnfaz Devleti mevzuatınca aynı suç için öngörülen bir yaptırım haline getirir."* şeklinde düzenleme ile dönüşüm yargılaması yapılmasını taraflar arasında zorunlu tutulduğu anlaşılmaktadır. Aynı maddenin ikinci fıkrası ise *"Cezanın niteliği ve süresi, mümkün olduğu ölçüde, verilen mahkûmiyete tekabül eder ve Hüküm Devletince verilen yaptırımı ağırlaştıramayacağı gibi İnfaz Devleti*

[1] https://diabgm.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/8122021134700Brezilyea%20H%C3%BCk%C3%BCml%C3%BC%20Nakli%20TR.pdf E.T.02.09.2026

[2] 25 Aralık 1987 tarihinde imzalanan ve 27/10/1988 tarihli 3490 sayılı Kanunla onaylanması uygun bulunan *"Türkiye Cumhuriyeti ile Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Arasında Hukukî, Ticarî ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma, Tanıma ve Tenfiz, Suçluların Geri Verilmesi ve Hükümlülerin Nakli Sözleşmesinin"* onaylanması; Dışişleri Bakanlığı'nın 4/1/1989 tarihli ve KKVM-KOKD-11-31-66 sayılı yazısı üzerine, 31/5/1963 tarihli ve 244 sayılı Kanunun 3 üncü ve 5 inci maddelerine göre, Bakanlar Kurulu'nca 24/1/1989 tarihinde kararlaştırılmış, 13.02.1989 tarih 20079 sayılı Resmi Gazetede ilan edilmiştir.

[3] Türkiye Cumhuriyeti ile Kazakistan Cumhuriyeti arasında 4 Temmuz 2013 tarihinde Ankara'da imzalanan "Hükümlülerin Nakli Anlaşmasının" 10.02.2015 tarih ve 6622 sayılı Kanun ile onaylanması uygun bulunmuştur. 26.02.2015 tarih ve 29279 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

kanunlarınca öngörülen azami ceza süresini de geçemez." denilerek HÜNDAS kapsamında öngörülen sınırlamaları da ikili anlaşmaya dâhil etmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi Türkiye Cumhuriyeti uluslararası adli iş birliği kapsamında hükümlü naklinde infazın aynen devamı yöntemini kural olarak kabul etmekle birlikte bazı ikili antlaşmalar kapsamında hükümlü nakline konu olan hükmün tanınmasında dönüşüm yargılaması yapmaktadır. Bu kapsamda hükümlü nakli sürecinde KKTC ve Kazakistan örneklerinde olduğu gibi ikili antlaşmalar gereği hükmün tanınmasında gerçekleşecek olan dönüşüm-uyarlama yargılaması için Adalet Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü tarafından Ankara Cumhuriyet Başsavcılığına bir yazı yazılır. Bu yazıda 6706 sayılı Kanunun 1'inci maddesi üçüncü fıkrasına istinaden Türkiye Cumhuriyeti ile infaz devleti arasındaki ikili anlaşma gereğine infaz devletinde verilen mahkûmiyet kararının Türkiye'de yerine getirilmesi ile ilgili olarak yapılacak müteakip işlemlere esas olmak üzere ekli evrakın görevli Mahkeme olan Ankara Ağır Ceza Mahkemelerine tevdii Ankara Cumhuriyet Başsavcılığından talep edilir. Yine aynı talep yazısı içeriğinde görevli Mahkemece verilen kararın itiraza tabi olduğu belirtilir. Bahse konu bu karara itiraz olursa itiraz sonucunun; 6706 sayılı Kanunun 26'ncı maddesi beşinci fıkrası uyarınca Cumhuriyet savcısı tarafından "*itiraz*" kanun yoluna başvurulmaması halinde ise, sadece bu hususun karara şerh verilmek suretiyle kesinleştirilmeksizin, ekli nakil dosyasının asıl ve hükümlü hakkında düzenlenecek müddetname, uyarlama kararı ve uyarlama kararında uygulanan kanun madde metinleriyle birlikte Bakanlığa iadesi istenir.

TÜRKİYE'NİN TARAF OLDUĞU ULUSLARARASI İKİLİ ANLAŞMALARA GÖRE HÜKMÜN TANINMASI TABLOSU[1]

Taraf Devlet	İkili anlaşma	Hükmün Tanınması	İlgili madde	Kısa akademik değerlendirme
Arnavutluk	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Sözleşmesi (199)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 55	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Belarus	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Anlaşması (2012)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 57	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Brezilya	Hükümlü Nakli Anlaşması (2011)	İnfazın aynen devamı yöntemi .	Madde 9-10	İnfazın aynen devamı yöntemi kabul edilmiştir.
Bulgaristan	Hükümlülerin Transferine Dair Sözleşme (1992)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 9	Nakle esas olan hükmün aynen infazı yöntemi esas alınır. İstisnalar mevcuttur.
Fas Krallığı	Hükümlülerin Nakline İlişkin İşbirliği Sözleşmesi (1989)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 9- 10	Nakle esas olan hükmün aynen infazı yöntemi esas alınır. İstisnalar mevcuttur.
Gürcistan	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 54	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.

[1] https://diabgm.adalet.gov.tr/home/BilgiDetay/7 E.T.01.11.2026

	Yardımlaşma Anlaşması (1996)			
Irak	Hukukî ve Adlî İşbirliği Sözleşmesi (1989)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 68	Nakle esas olan hükmün aynen infazı yöntemi esas alınır.
İran	Hukukî ve Cezaî Konularda Adlî İşbirliği Anlaşması (2010)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 57	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Kazakistan	Hükümlülerin Nakline İlişkin Anlaşma (2013)	Dönüşüm-Uyarlama yargılaması gereklidir	Madde 12	Dönüşüm-uyarlama yargılaması yapılması gereklidir.
Kırgız Cumhuriyeti	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî İşbirliği Anlaşması (2006)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 53	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
KKTC	Hukukî, Ticari ve Cezai Konularda Adli Yardımlaşma, Tanıma ve Tenfiz, Suçluların Geri Verilmesi ve Hükümlülerin Nakli Sözleşmesi (1987)	Dönüşüm-Uyarlama yargılaması gereklidir	Madde 63	Dönüşüm-uyarlama yargılaması yapılması gereklidir.
Kosova	Hükümlülerin Nakli Anlaşması (2011)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 9	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Kuzey Makedonya	Hukukî ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Anlaşması (1997)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 54	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Kuveyt	Hususi Hukuk, Ticaret ve Ceza Hukuku Konularında Hukuki ve Adli İşbirliği Anlaşması (1997)	İnfazın aynen devamı yöntemi kabul edilmiştir.	Madde 56	İnfazın aynen devamı kabul edilmiştir ancak uyumsuzlukta dönüşüm yapılabilir.
Mısır	Hükümlülerin Transferine Dair Sözleşme (1986)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 9	İnfazın aynen devamı kabul edilmiştir ancak uyumsuzlukta dönüşüm yapılabilir.
Moğolistan	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Anlaşması (2000)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 54	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Özbekistan	Hükümlü Nakli Anlaşması (2022)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 55	İnfazın aynen devamı yöntemi kabul edilmiştir.

Polonya	Cezai Konularda Adlî Yardımlaşma, Suçluların İadesi ve Hükümlü Nakli Sözleşmesi (1990)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 34	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Romanya	Hükümlülerin Transferine Dair Sözleşme (1991)	İnfazın devamı + dönüştürme	Transfer hükümleri	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Suriye	Hükümlülerin Nakline Dair Anlaşma (2009)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 9-10	İnfazın aynen devamı yöntemi kabul edilmiştir.
Tacikistan	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Sözleşmesi (1996)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 54	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Türkmenistan	Hukukî ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Anlaşması (2012)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 52	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Umman	Hukukî, Ticari ve Cezaî Konularda Adlî Yardımlaşma Anlaşması (2008)	İnfazın devamı + dönüştürme	Madde 54	Ceza ile bağlılık; süre ve nitelik uyumsuzluğunda dönüştürme uygulanır.
Ürdün	Hükümlülerin Nakline Dair Anlaşma (2011)	İnfazın aynen devamı yöntemi	Madde 9	İnfazın aynen devamı yöntemi kabul edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER:

Cezai konularda uluslararası adli iş birliğinin diğer kurumlarına göre hükümlü nakli kavramı daha yeni olarak ortaya çıkıp yaygınlaşmıştır. Bunun temel nedeni ise devlet egemenliği doktrininin 19. yüzyıl uluslararası ilişkilerini belirlemede baskın görüş olarak kabulü ve bunun da ceza hukukuna olan yansımasıdır.[1] 19. yüzyılda egemenlik anlayışının en temel özelliklerinden biri, ülkesellik (territoriality) ilkesinin güçlü biçimde uygulanmasıdır. Ülkesellik ilkesi kapsamında da bir devletin ceza hukuku ve ceza yargısı bakımından temel yetki sahası kendi sınırları ile sınırlıdır. Bu sebeple de bir devletin ceza yargılaması nihayetinde kurduğu mahkûmiyet hükmünün başka bir devlet tarafından doğrudan infaz edilmesi mümkün görülmemiştir.[2]

Küreselleşen ve değişen dünyada suçların birden fazla ülkeyi ilgilendirecek ve etkileyecek şekilde işlenebilmesi veya suç işleyen şahısların diğer ülkelere hızla ve rahatça geçmesi suç kavramının uluslararası hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum cezai konularda uluslararası adli iş birliğini zorunlu kılmakta birlikte bu kavramın gelişmesi ve genişlemesine de sebebiyet vermektedir.[3] Uluslararası hükümlü nakli de cezai konularda uluslararası adli iş birliği kavramına dâhil olan kurumlardan biri olarak tarihsel süreçte ortaya çıkıp gelişmiştir.

Uluslararası hükümlü nakli bir yönüyle devletlerin cezai yargılamada etkinliğini artırarak suçların cezasız kalmasını engellemekte, yabancı hükümlülerin haklarını koruyarak adaletin evrensel normlara göre tesisini sağlamakta diğer taraftan ise hükümlünün insan haklarına uygun rehabilitasyon imkanlarına ulaşımını sağlayan

[1] PLACHTA, s.134-143.
[2] OPPENHEIM, Lassa, *International Law: A Treatise, Vol. I: Peace*, 2nd ed., Longmans, Green and Co., London–New York–Bombay–Calcutta, 1912, s.111-115.
[3] ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli, s.1.

bir rol oynamaktadır.[1] Uluslararası hükümlü nakli ile suçlunun cezasının infazının kendi ülkesinde tamamlanması, bu şekilde iletişim, ailesine ulaşma, yakınları ile görüşebilme, kültürel yabancılık çekmeme gibi faydalar ile suçlunun rehabilitasyonu imkânının sağlanması hedeflenmektedir.[2]

Türkiye özelinde ise özellikle hükümlü nakli son yıllarda önem kazanmış durumdadır. Çeşitli sebeplerle Türkiye'ye bireysel ya da toplu olarak gelen yabancı sayısının artışı, bu artan yabancı sayısı ve bunun sonucu olarak bozulan toplumsal düzen ve suçluluk ile yabancı mahkûm sayısında artış meydana gelmektedir. Türkiye'de yer alan yabancı mahkûm sayısı ile hükümlü nakli kurumu çok daha fazla önem kazanmaktadır.

Buna mukabil Türkiye'den de ciddi oranda vatandaşın ülkesinden ayrılarak farklı coğrafyalarda eğitim, iş vb. sebeplerle yerleştiği görülmektedir. Türk vatandaşlarının bulundukları yabancı ülkelerde suç işlemesi halinde de bu Türk vatandaşı mahkûmların cezaların infazı amacıyla Türkiye'ye nakli de gündeme gelmektedir. Bu aşamada Türkiye bakımından başka bir ülkede verilmiş bir mahkûmiyet hükmünün kendi ülkesinde uygulanması (infazı) söz konusu olmaktadır.

Türkiye uluslararası hükümlü nakli konusunda hem uluslararası çok taraflı sözleşmelere hem de birçok devletle ikili antlaşmalara imza atarak uygulamaya başlamıştır. Bu uygulamada özellikle Türkiye'ye hükümlü naklinde Türk vatandaşı olan veya Türkiye ile güçlü sosyal bağları bulunan kişilerin cezalarının infazını Türkiye'de gerçekleşmesi konusunda etkin bir çaba göstermektedir. Bu sebeple yabancı bir ülkede verilmiş olan mahkûmiyet kararını doğrudan Türkiye'de yeni bir yargılama yapmaksızın infaz etmeye hazır olduğunu HÜNDAS ilgili maddelerine dayanarak 6706 sayılı Kanun ile benimsemiştir. İnfazın devamı yöntemini benimseyen Türkiye ikili antlaşmalarda ise yine önceliğini doğrudan infaz olarak belirlemekle birlikte karşı devletlerin taleplerini de dikkate alarak hükümlü naklinin uygulama alanı genişletmek amacıyla dönüşüm-uyarlama yargılaması modelini de istisnai olarak ikili antlaşmalarla da kabul etmektedir.

Türkiye tarafından uluslararası hükümlü naklinin uygulamasına ilişkin tüm bu olumlu yaklaşımlara ek olarak; Türkiye Cumhuriyeti vatandaşlarının bulunduğu yabancı ceza infaz kurumlarında yurtdışı temsilcilikleri vasıtasıyla görevlendirilecek bir hukukçu vasıtasıyla bilgilendirme süreci yapılmamaktadır. Aynı şekilde Türkiye'de ceza infaz kurumlarında bulunan yabancıların da kendi ülkelerine naklî ihtimaline binaen aynı şekilde tercüman ve hukukçu vasıtasıyla yeterli bir bilgilendirme süreci izlenmemektedir. Uluslararası hükümlü naklinin uygulama alanının gelişimi ve daha hızlı sonuçlar alınması bakımından var olan bu eksikliklerin de ikmali gerekmektedir.

[1] BASSIOUNI, International Criminal Law Vol.3.

[2] Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni için; https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. 09.01.2026,
Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşme Açıklayıcı Raporu çeviri metni için; ULUTAŞ, ATABEY, Hükümlülerin Uluslararası Nakli, s.32 vd.

KAYNAKÇA

ABBELL, Michael, *Extradition To And From The United States*, Martinus Nijhoff Publishers, Leiden, 2010.

AL-SUDAİREY, Abdullah Fahad; *Global Co-operation and Extradition, a Comparative Study of Saudi Arabian and British Judicial and Quasi-Judicial Processes Employed in Extradition of Alleged Offenders*, Ph.D. Thesis, School of Law, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle, United Kingdom, 2010.

BASSIOUNI, M. Cherif, *International Extradition: United States Law and Practise*, 6. Edition, Oxford University Press, Oxford, 2014.

BASSIOUNI, M. Cherif, International Criminal Law Vol.3, Martinus Nijhoff Publishers, 2008.

ERDEM, Buğra, Cezai Konularda Uluslararası Adli Yardımlaşma, Seçkin Hukuk, 2023.

ERGÜL, Ergin, Teori ve Uygulamada Suçluların İadesi ve Hükümlü Nakli, Ankara, Yetkin Yayınları, 2003.

ERTUĞRUL, Hüseyin, Uluslararası Ceza Hukukunda Hükümlülerin Nakli, 2. Baskı, Adalet Yayınevi, Ankara, 2023.

KUNTER, Nurullah, Ana Çizgileriyle Ceza Yargılarının Milletlerarası Değeri Konusunda Avrupa Sözleşmesi, *Journal of Istanbul University Law Faculty* 36.1-4, 2011.

OPPENHEIM, Lassa, *International Law: A Treatise, Vol. I: Peace*, 2nd ed., Longmans, Green and Co., London–New York–Bombay–Calcutta, 1912, s.111-115.

PLACHTA, Michał, "*Transfer of Prisoners under International Instruments and Domestic Legislation: A Comparative Study"*, Freiburg im Breisgau, Max-Planck-Institut für Ausländisches und Internationales Strafrecht, 1993.

SCHOMBURG, Wolfgang; LAGODNY, Otto; GLESS, Sabine; HACKNER, Thomas, Internationale Rechtshilfe in Strafsachen (Alman Uluslararası Cezaî Adli Yardımlaşma Alanındaki Temel Şerh -Kommentar-), Art. 11 ÜberstÜbk Rn. 2 vd. 5. Bası, München, 2012.

ULUTAŞ, Ahmet, ATABEY, Serdar, Hükümlülerin Uluslararası Nakli Hukuku ve Uygulaması, Adalet Yayınevi, 2011 Ankara.

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC), Handbook on the International Transfer of Sentenced Persons, Criminal Justice Handbook Series.

https://diabgm.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/8122021134700Brezilyea%20H%C3%BCk%C3%BCml%C3%BC%20Nakli%20TR.pdf (Hükümlü Nakli Konusunda Adlî Mercilerimizce Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Adalet Bakanlığı Dış İlişkiler ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü, 20.11.2024 tarih ve 185 Nolu Genelgesi)

https://nhrclb.org/wp-content/uploads/2026/03/Judicial-Agreement-between-Syria-and-Lebanon-25-February-1951-.pdf (Lübnan İle Suriye Arasında Suçluların Teslimi Ve Ceza Hükümlerinin İnfazına İlişkin Anlaşma, Judicial Agreement Concluded Between Lebanon And Syria, Signed At Damascus on 25 February 1951)

https://cte.adalet.gov.tr/Resimler/Dokuman/19820191515101.pdf (Şartla Mahkûm Edilen veya Şartla Salıverilen Suçluların Gözetimi Hakkında Avrupa Sözleşmesinin çevirisi ve tam metni)

https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=112 (Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni)

https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/19486.pdf

https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=167 (Additional Protocol to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons)

https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/02/20160219-3.pdf

https://rm.coe.int/16800ca435 E.T. (Explanatory Report to the Convention on the Transfer of Sentenced Persons orijinal metni)

https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=112 (Avrupa Konseyi Hükümlülerin Nakline Dair Sözleşmesi (ETS No. 112)

https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10002441 (Auslieferungs- und Rechtshilfegesetz –ARHG-, Avusturya İade ve Adlî Yardımlaşma Kanunu, Nr.529/1979)

https://www.gesetze-im-internet.de/irg/BJNR020710982.html (Gesetz über die internationale Rechtshilfe in Strafsachen (IRG – Cezai Konularda Uluslararası Adli Yardımlaşma Kanunu)

https://gerichtsentscheidungen.brandenburg.de/gerichtsentscheidung/6237?utm_source (Brandenburg Mahkemesi, Entscheidung 1 Ws 19/10 sayılı, 26.04.2010 tarihli kararı: Schomburg/Lagodny/Gleß/Hackner, Art. 11 ÜberstÜbk Rn. 2 ve § 54 IRG Rn. 1.)

https://hudoc.echr.coe.int/eng#{%22itemid%22:[%22001-98020%22]} (Case Of Buıjen v. Germany, *(Application no. 27804/05),* 1 April 2010)

https://rm.coe.int/turkey/1680a59a89 (Avrupa Konseyi Hükümlülerin Nakline Dair Avrupa Sözleşmesi Hakkında Bilgi Veren Metin)

https://diabgm.adalet.gov.tr/Home/SayfaDetay/adli-isbirligi-ceza-hukumlu-nakli18022020011235?utm

https://dejure.org/gesetze/StGB/223.html (Alman Ceza Kanunu'nda **(**Strafgesetzbuch – StGB) 223: Bedensel Zarar Suçu)

YOĞUN BAKIM HEMŞİRELİĞİNDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIM ALANLARI VE HEMŞİRELİK BAKIMINA POTANSİYEL KATKILARI

Dr. Öğr.. Üyesi, Hülya KOÇYİĞİT KAVAK[1] Dr. Öğr. Üyesi, Şeyda KAZANÇ[2]

1 Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, hkocyigit@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0002-0540-2944

2 Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, seyda.orhan@gop.rdu.tr, 0000-0002-0252-8138

Özet

Yoğun bakım üniteleri, kritik durumdaki hastaların sürekli izlendiği, büyük miktarda klinik verinin üretildiği ve zamanında karar vermenin önem taşıdığı sağlık hizmeti ortamlarıdır. Yapay zekâ, bu verilerin analiz edilmesi, klinik kararların desteklenmesi ve hemşirelik bakımının geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, yoğun bakım hemşireliğinde yapay zekânın kullanım alanlarını, sağlayabileceği katkıları ve uygulama sürecindeki temel güçlükleri ele almaktır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi temelli sistemler; sürekli hasta izlemi, klinik kötüleşmenin erken belirlenmesi, risk tahmini, klinik karar destek sistemleri ve rutin hemşirelik dokümantasyonunun otomasyonu gibi alanlarda kullanılabilmektedir. Hemşirelik değerlendirmeleri, ölçekler, aktivite kayıtları ve klinik notlar, sepsis, basınç yaralanmaları, deliryum ve mortalite gibi olumsuz klinik sonuçların tahmin edilmesinde yararlanılan veri kaynakları arasındadır. Bu sistemler, hemşirelerin klinik değerlendirmelerini destekleme, tekrarlayan görevleri azaltma ve bakım süreçlerinin verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte algoritmaların açıklanabilirliğinin sınırlı olması, veri kalitesi ve algoritmik yanlılık, hasta mahremiyeti, mevcut sistemlerle entegrasyon güçlükleri ve yapay zekâya aşırı güvenilmesi önemli sorunlardır. Ayrıca modellerin dış doğrulanması ve gerçek klinik ortamlardaki etkililiğine ilişkin kanıtların geliştirilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak yapay zekâ, yoğun bakım hemşireliğinde klinik yargının yerine geçen değil, onu destekleyen bir araç olarak değerlendirilmelidir. Güvenli ve etkili entegrasyon için hemşirelerin sürece katılımı, uygun eğitim, açıklanabilir algoritmalar ve güçlü etik yönetişim önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, yoğun bakım hemşireliği, makine öğrenimi, klinik karar destek sistemleri, hemşirelik bakımı.

APPLİCATİONS OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN CRİTİCAL CARE NURSİNG AND ITS POTENTİAL CONTRİBUTİONS TO NURSİNG CARE

Assist. Prof., Hülya KOÇYİĞİT KAVAK[1] , Assist. Prof., Şeyda KAZANÇ[2] ,

1Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Division of Nursing Principles. Tokat/Turkey, hkocyigit@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0002-0540-2944

2Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Division of Nursing Principles. Tokat/Turkey seyda.orhan@gop.edu.tr, 0000-0002-0252-8138

Abstract

Intensive care units (ICUs) are healthcare settings where critically ill patients are continuously monitored, large volumes of clinical data are generated, and timely decision-making is essential. Artificial intelligence (AI) has considerable potential to analyze these data, support clinical decision-making, and improve nursing care. This paper aims to discuss the applications of AI in critical care nursing, its potential contributions, and the main challenges associated with its implementation. AI- and machine learning-based systems can be used for continuous patient monitoring, early detection of clinical deterioration, risk prediction, clinical decision support, and automation of routine nursing documentation. Nursing assessments, scales, activity records, and clinical notes are among the data sources used to predict adverse clinical outcomes, including sepsis, pressure injuries, delirium, and mortality. These systems have the potential to support nurses' clinical assessments, reduce repetitive tasks, and improve the efficiency of care processes. However, important challenges remain, including limited algorithm explainability, data quality issues, algorithmic bias, patient privacy concerns, difficulties integrating AI into existing systems, and the risk of overreliance on AI-generated recommendations. Furthermore, additional evidence is needed regarding external validation and the effectiveness of AI models in real-world clinical settings. In conclusion, AI should be considered a tool that supports, rather than replaces, clinical judgment in critical care nursing. The safe and effective integration of AI into nursing practice requires nurses' involvement in development and implementation processes, appropriate education, explainable algorithms, and robust ethical governance.

Keywords: Artificial intelligence, critical care nursing, machine learning, clinical decision support systems, nursing care.

GİRİŞ

Yoğun bakım üniteleri (YBÜ), kritik durumdaki hastaların klinik durumlarının yakından izlendiği, farklı kaynaklardan sürekli ve büyük miktarda verinin elde edildiği ve zaman açısından kritik kararların verildiği sağlık hizmeti ortamlarıdır. Yoğun bakım hastalarına ait çok parametreli monitörlerden, ventilatörlerden, infüzyon pompalarından, laboratuvar ve görüntüleme çalışmalarından, elektronik sağlık kayıtlarından ve klinik notlardan elde edilen veriler, hasta durumunun değerlendirilmesi ve klinik sonuçların öngörülmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bununla birlikte, bu karmaşık ve yüksek hacimli verilerin zamanında analiz edilmesi, kritik hastaların bakımında önemli güçlükler oluşturmaktadır (Montomoli, Hilty, Ince, 2022; Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024; Zarantonello, De Cassai, Pettenuzzo ve ark., 2026).

Yapay zekâ (YZ), klinik karar verme süreçlerini, verimliliği ve hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeliyle sağlık hizmetlerinde önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Özellikle makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) gibi yaklaşımlar, büyük ve karmaşık veri kümelerinin analiz edilmesini ve klinik açıdan anlamlı örüntülerin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Makine öğrenimi, verilerden öğrenerek tahminler veya kararlar üreten veri odaklı bir yapay zekâ alt kümesiyken derin öğrenme, büyük ve karmaşık veri kümelerinden hiyerarşik temsiller öğrenmek için çok katmanlı yapay sinir ağlarından yararlanan bir makine öğrenimi alt kümesidir (Kim, Kim, Kim ve Choi, 2025; Alqaisi, Al-Ghabeesh, Dibas ve ark., 2026). Bu teknolojiler, yoğun bakım ortamında hasta durumunun izlenmesini, tanı ve prognoz süreçlerinin desteklenmesini ve klinik iş akışlarının iyileştirilmesini sağlayabilecek araçlar olarak öne çıkmaktadır (Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024; Zarantonello, De Cassai, Pettenuzzo ve ark., 2026).

Sağlık hizmetlerinde hızla gelişen yapay zekâ (YZ), hemşirelik bakımının kalitesini artırma ve geleneksel hemşirelik uygulamalarını dönüştürme potansiyeliyle hemşirelik alanında giderek daha önemli bir rol üstlenmektedir (Park, Chang, Kim, 2025). Yoğun bakım hemşireliğinde yapay zekâ kullanımına yönelik ilgi son yıllarda giderek artmaktadır (Bi, Li, Cheng ve Hu, 2025). Yoğun bakım ünitelerinde bakım süreçlerinin karmaşık yapısı, hasta izleme teknolojilerinin, tanı ve tedavi yöntemlerinin ve elektronik sağlık kayıt sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları hızlandırmıştır (Montomoli, Hilty ve Ince, 2022). Bu bağlamda yapay zekâ, özellikle hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeli nedeniyle yoğun bakım alanında önemli bir kullanım alanı olarak öne çıkmaktadır (Wang, Xia, Zhu ve ark., 2026). Bu gelişmeler sonucunda hastaların fizyolojik durumları, hastalık süreçleri ve prognozları hakkında bilgi sağlayan verilerin miktarı artmıştır. Hemşireler, karmaşık ve zamana duyarlı hasta verilerini yönetmenin yanı sıra önemli sonuçlar doğurabilecek klinik kararlar almakta ve hastaların klinik durumlarındaki değişiklikleri yakından izlemektedir. Bu bağlamda yapay zekâ; sürekli hasta izlemi, risk tahmini, klinik karar destek sistemleri, hemşirelik girişimlerinin desteklenmesi, rutin dokümantasyon süreçlerinin otomasyonu ve kaynakların tahsisi gibi alanlarda hemşirelik uygulamalarına katkı sağlayabilir (Bi, Li, Cheng ve Hu, 2025; Park, Chang, Kim, 2025). Ayrıca gerçek zamanlı veri analizi, hasta durumundaki kötüleşmenin erken belirlenmesi, tekrarlayan görevlerin azaltılması ve klinik kararların desteklenmesi yoluyla hemşirelerin hasta merkezli bakıma odaklanmalarını ve sağlık ekibi içindeki iş birliğini geliştirmelerini destekleyebilir (Porcellato ve ark., 2025; Hassan ve El-Ashry, 2024).

Yoğun bakımda yapay zekânın önemli kullanım alanlarından biri, kritik hastalarda olumsuz klinik sonuçların öngörülmesidir. Hemşirelik değerlendirmeleri, hemşirelik ölçekleri, aktivite kayıtları ve hemşirelik notları gibi veriler, hastaların klinik durumlarındaki değişikliklerin ve olumsuz sonuçların erken belirlenmesine yönelik tahmin modellerinde kullanılmaktadır. Hemşirelerin klinik kaygılarını yansıtan verilerin, yaşamsal bulgular gibi fizyolojik ölçümlerdeki düşüş ortaya çıkmadan önce kötüleşen sağlık sonuçlarını tahmin edebildiği belirtilmektedir. Makine öğrenimine dayalı modeller; basınç yaralanması, sepsis, deliryum ve mortalite gibi klinik sonuçların tahmininde hem doğrudan hem de dolaylı ölçümlerden yararlanmaktadır. Hemşirelik verilerinin entegre edildiği tahmin modellerinin, yalnızca fizyolojik ölçümleri kullanan modellere kıyasla sağlık sonuçlarını tahmin etmede daha yüksek performans gösterdiği bildirilmiştir (Kim, Kim, Kim ve Choi, 2025). Ayrıca

elektronik sağlık kayıtlarından elde edilen verilerle basınç yaralanması gelişimini tahmin etmeye yönelik modeller geliştirilmiş; bu yaklaşımın hemşirelerin Braden ölçeği gibi harici bir araca ayrıca bilgi girmesi gereksinimini ortadan kaldırabildiği belirtilmiştir (Alderden, Pepper, Wilson ve ark., 2018).

Yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri, fizyolojik veri akışlarını sürekli analiz ederek klinik kötüleşmenin göstergelerini geleneksel değerlendirme yöntemleriyle belirgin hâle gelmeden önce saptamayı amaçlamaktadır. Özellikle erken evre sepsis gibi durumların daha erken fark edilmesi, hemşirelerin zamanında müdahale başlatmasını destekleyebilir (Alqaisi, Al-Ghabeesh, Dibas ve ark., 2026). Bunun yanı sıra, yapay zekâ destekli sistemler klinik karar destek süreçlerini iyileştirebilir, durumsal farkındalığı artırabilir ve hemşirelik iş yükünü azaltabilir. Yanlış alarm oranlarının yüksek olduğu ve gürültü kirliliğinin çalışma koşullarını etkilediği yoğun bakım ortamlarında dikkat dağıtıcı uyarıların filtrelenmesi de bu teknolojilerin potansiyel kullanım alanları arasındadır. Barkod tarama, akıllı infüzyon pompaları ve otomatik ilaç dağıtıcıları gibi sistemler ilaç hatalarının azaltılmasını desteklemek amacıyla uygulanırken yapay zekâ, mekanik ventilasyon yönetiminin geliştirilmesine de katkı sağlayabilir. Hasta bakımının yanı sıra hasta yakınlarında travma sonrası stres bozukluğunun gelişimiyle ilişkili faktörlerin belirlenmesi ve zamanında müdahalelerin desteklenmesi de olası kullanım alanları arasında yer almaktadır (Zarantonello, De Cassai, Pettenuzzo ve ark., 2026).

Yapay Zekâ Uygulamalarının Güçlükleri ve Etik Boyutu

Yapay zekânın yoğun bakım hemşireliğinde kullanımı çeşitli güçlükleri ve sınırlılıkları beraberinde getirmektedir. Algoritmaların kararlarını hangi gerekçelerle oluşturduğunun yeterince açık olmaması, hemşirelerin sistem önerilerine duyduğu güveni etkileyebilir. Yapay zekâ tarafından üretilen uyarıların aşırı miktarda olması bilgi kirliliğine yol açabilir ve önemli klinik bilgilerin önceliklendirilmesini zorlaştırabilir. İlk uygulama aşamalarında eğitim ve teknik ayarlamalar nedeniyle iş yükünün artması da olası güçlükler arasındadır (Bi, Li, Cheng ve Hu, 2025; Hassan ve El-Ashry, 2024). Ayrıca yapay zekâ sistemlerinin elektronik sağlık kayıtları ve mevcut hemşirelik iş akışlarıyla uyumlu biçimde bütünleştirilmesi, etkili ve güvenli kullanım açısından önem taşımaktadır. Klinik karar destek sistemleri klinisyenleri desteklemek üzere tasarlanmış olsa da durumsal farkındalık konusundaki sınırlılıklar, geçerli verilere zamanında erişim güçlükleri ve verilerin klinik iş akışına uygun biçimde sunulamaması bu sistemlerin uygulanmasını zorlaştırabilmektedir (Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024).

Yapay zekâ uygulamalarında veri kalitesi, algoritmik yanlılık, etik ve yasal sorunlar da dikkate alınması gereken konulardır. Eğitim verilerindeki yetersizlikler veya algoritmalardaki hatalar, sağlık hizmetlerindeki eşitsizlikleri artırabilir ve güvenli olmayan önerilere neden olabilir. Yapay zekâ yaşam döngüsünün kavramlaştırmadan uygulamaya kadar her aşamasında yanlılıkların göz önünde bulundurulmaması, sistemik sağlık eşitsizliklerini pekiştirebilir; bu durum kritik hastalarda tanı ve tedavinin gecikmesi, kaynakların eşit olmayan biçimde tahsis edilmesi, yoğun bakım süresinin uzaması, komplikasyonların artması, taburculukta daha kötü fonksiyonel durum ve mortalitenin artması gibi olumsuz sonuçlarla ilişkilendirilebilir (Ranard, Park, Jia ve ark., 2024). Ayrıca hasta verilerinin ikincil kullanımına ilişkin yasal ve etik kısıtlamalar, gizliliğin korunması ve farklı yoğun bakım veri kümeleri arasında kavram eşleştirme sorunları, tahmin modellerinin geliştirilmesini ve değerlendirilmesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle büyük yoğun bakım veri kümelerinin paylaşımında veri kullanılabilirliği ile gizlilik koruması arasında uygun dengenin kurulması gerekmektedir (Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024).

Bir diğer önemli konu, yapay zekâya aşırı güvenilmesi ve algoritma çıktılarının eleştirel değerlendirme yapılmadan kabul edilmesidir. Bu durum hemşirelerin klinik becerilerini, eleştirel düşünme yeteneklerini ve mesleki özerkliklerini olumsuz etkileyebilir (Bi, Li, Cheng ve Hu, 2025; Hassan ve El-Ashry, 2024). Bu nedenle yapay zekâ, hemşirenin klinik değerlendirmesinin yerini alan değil, klinik yargısını destekleyen bir araç olarak ele alınmalıdır. Hemşireler, yapay zekâ tarafından üretilen bilgileri yorumlama ve hasta bakımına ilişkin kararları

değerlendirme süreçlerinde merkezi rollerini sürdürmelidir (Alqaisi, Al-Ghabeesh, Dibas ve ark., 2026; Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024).

Son olarak, yoğun bakım hemşireliğinde yapay zekânın gerçek klinik ortamlardaki etkililiğine ilişkin kanıtların geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Farklı kaynaklardan elde edilen bu verilerin bütünleştirilmesi, analiz edilmesi ve klinik açıdan anlamlandırılması önemli güçlükleri de beraberinde getirmiştir. Bu durum, yoğun bakım verilerinin değerlendirilmesinde makine öğrenmesi algoritmalarına dayalı yapay zekâ uygulamalarına yönelik ilgiyi artırmıştır. Bununla birlikte, geliştirilen yapay zekâ algoritmalarının önemli bir bölümünün henüz klinik uygulamalara yaygın biçimde aktarılmadığı ve hasta bakımının kalitesi ile verimliliğini artıracak karar destek araçları olarak kullanımında çeşitli sınırlılıkların bulunduğu belirtilmektedir(Montomoli, Hilty, Ince, 2022). Mevcut araştırmaların yöntem ve sonuç ölçütleri bakımından farklılık göstermesi, bu uygulamaların hasta sonuçları ve hemşirelik bakımı üzerindeki etkilerinin kesin olarak değerlendirilmesini güçleştirmektedir (Bi, Li, Cheng ve Hu, 2025). Ayrıca sınırlı dış doğrulama, algoritmaların açıklanabilirliğine ilişkin sorunlar, mevcut sistemlerle entegrasyon güçlükleri ve hemşirelerin yapay zekâ geliştirme ve uygulama süreçlerine sınırlı katılımı, kanıtların klinik uygulamaya aktarılmasında önemli bir boşluk oluşturmaktadır (Alqaisi, Al-Ghabeesh, Dibas ve ark., 2026). Özellikle sepsis gibi yüksek riskli klinik durumlarda tahmin modellerinin doğrulanması, kalibrasyonu, yorumlanabilirliği, klinik kullanışlılığı ve gerçek yaşam iş akışlarına entegrasyonunun değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Geriye dönük veri tabanlarında elde edilen performansın yerel hasta özellikleri, eksik veriler, kodlama uygulamaları, tedavi protokolleri ve aşırı uyum gibi etkenlerden etkilenebilmesi, modellerin gerçek klinik ortamlarda dikkatle değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Mazza, Neri, Mastrangelo ve ark., 2026). Yapay zekâ uygulamalarının ölüm oranları, hastanede kalış süresi, yeniden yatışlar ve bakım süreçlerine ilişkin sonuçlarda iyileşme sağlayabileceği bildirilmektedir; ancak bu bulgulara duyulan güven, uygulama ortamına, araştırma tasarımına ve yanlılık riskine bağlı olarak değişmektedir. Yoğun bakım hemşireliğinde yapay zekânın uygulamaya aktarılmasında ise iş akışına uyumun sağlanması, hemşirelerin eğitilmesi, güvenliğin sürekli izlenmesi, eşitliğin değerlendirilmesi ve hemşirelerin klinik yargılarının korunması öncelikli konular olmalıdır (Almagharbeh, Alkubati, Alasmari ve ark., 2026).

Bu çerçevede, yapay zekânın yoğun bakım hemşireliğine güvenli ve etkili biçimde entegre edilmesi; hemşirelerin geliştirme ve uygulama süreçlerine katılımını, uygun eğitimi, şeffaf ve açıklanabilir algoritmaları, standartlaştırılmış veri kümelerini, sistemler arası birlikte çalışabilirliği ve güçlü etik yönetişimi gerektirmektedir (Alqaisi, Al-Ghabeesh, Dibas ve ark., 2026). Yapay zekâ, yoğun bakımda klinik karar verme süreçlerini destekleme ve klinik yükü hafifletme potansiyeli taşımakla birlikte, bu potansiyelin hasta güvenliği, bakım kalitesi ve klinik uygulamalar açısından değerlendirilebilmesi için etik, adalet ve yönetişim sorunlarının da ele alınması gerekmektedir (Pinsky, Bedoya, Bihorac ve ark., 2024).

Sonuç

Yoğun bakım hemşireliğinde yapay zekâ; hasta verilerinin analiz edilmesi, klinik kötüleşmenin erken belirlenmesi, risk tahmini, klinik karar verme süreçlerinin desteklenmesi ve hemşirelik iş yükünün azaltılması açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin güvenli ve etkili kullanımı; algoritmaların açıklanabilirliği, veri kalitesi, hasta mahremiyeti, algoritmik yanlılık ve mevcut klinik iş akışlarıyla uyum gibi konuların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Yapay zekâ uygulamalarının gerçek klinik ortamlardaki etkililiğinin değerlendirilmesi ve dış doğrulama çalışmalarının artırılması da önemlidir. Sonuç olarak, yapay zekâ hemşirelerin klinik yargısının ve mesleki özerkliğinin yerine geçen bir sistem olarak değil, klinik değerlendirmelerini destekleyen bir araç olarak kullanılmalıdır. Bu doğrultuda hemşirelerin yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması süreçlerine katılımı, uygun eğitim olanaklarının sağlanması ve etik ilkelerin gözetilmesi, teknolojinin yoğun bakım hemşireliğine güvenli ve etkili biçimde entegre edilmesi açısından temel gerekliliklerdir.

KAYNAKÇA

1. Alderden, J., Pepper, G. A., Wilson, A., Whitney, J. D., Richardson, S., Butcher, R., Jo, Y., & Cummins, M. R. (2018). Predicting Pressure Injury in Critical Care Patients: A Machine-Learning Model. *American journal of critical care : an official publication, American Association of Critical-Care Nurses*, *27*(6), 461–468. https://doi.org/10.4037/ajcc2018525
2. Alqaisi, O., Al-Ghabeesh, S., Dibas, M., Sijarina, L., & Tai, P. (2026). The Role of Machine Learning and Artificial Intelligence in Enhancing Critical Care Nursing Practice: A Scoping Review. *Nursing in critical care*, *31*(5), e70629. https://doi.org/10.1111/nicc.70629
3. Almagharbeh, W. T., Alkubati, S. A., Alasmari, A. A., Alharbi, A. A., Alfanash, H. A., Abuadas, F. H., ... & Alatawi, A. (2026). Harnessing Artificial Intelligence to Strengthen Acute and Critical Care Nursing Practice: A Systematic Review. *Nursing in Critical Care*, *31*(5), e70606. https://doi.org/10.1111/nicc.70606.
4. Bi, A., Li, T., Cheng, G., & Hu, J. (2025). Artificial intelligence applications in intensive care unit nursing: A narrative review (2020-2025). *Digital health*, *11*, 20552076251406302. https://doi.org/10.1177/20552076251406302
5. Hassan, E. A., & El-Ashry, A. M. (2024). Leading with AI in critical care nursing: challenges, opportunities, and the human factor. *BMC nursing*, *23*(1), 752. https://doi.org/10.1186/s12912-024-02363-4
6. Mazza, G., Neri, G., Mastrangelo, H., Russo, A., Aquila, I., Sacco, M. A., Ielapi, J., Pelaia, C., Cannataro, M., Lupia, C., Serapide, F., Longhini, F., Bosco, V., Caroleo, Z., Bruni, A., Garofalo, E., & The Sepsis-Umg Collaborative Group (2026). Artificial Intelligence Models for Mortality and Outcome Prediction in Intensive Care Unit Sepsis: A Systematic Review. *Journal of personalized medicine*, *16*(7), 346. https://doi.org/10.3390/jpm16070346
7. Kim, Y., Kim, M., Kim, Y., & Choi, M. (2025). Using nursing data for machine learning-based prediction modeling in intensive care units: A scoping review. *International journal of nursing studies*, *169*, 105133. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105133
8. Montomoli, J., Hilty, M. P., & Ince, C. (2022). Artificial intelligence in intensive care: moving towards clinical decision support systems. *Minerva anestesiologica*, *88*(12), 1066–1072. https://doi.org/10.23736/S0375-9393.22.16739-8
9. Park, Y., Chang, S. J., & Kim, E. (2025). Artificial intelligence in critical care nursing: A scoping review. *Australian critical care : official journal of the Confederation of Australian Critical Care Nurses*, *38*(4), 101225. https://doi.org/10.1016/j.aucc.2025.101225
10. Pinsky, M. R., Bedoya, A., Bihorac, A., Celi, L., Churpek, M., Economou-Zavlanos, N. J., Elbers, P., Saria, S., Liu, V., Lyons, P. G., Shickel, B., Toral, P., Tscholl, D., & Clermont, G. (2024). Use of artificial intelligence in critical care: opportunities and obstacles. *Critical care (London, England)*, *28*(1), 113. https://doi.org/10.1186/s13054-024-04860-z
11. Porcellato, E., Lanera, C., Ocagli, H., & Danielis, M. (2025). Exploring Applications of Artificial Intelligence in Critical Care Nursing: A Systematic Review. *Nursing Reports*, *15*(2), 55. https://doi.org/10.3390/nursrep15020055
12. Ranard, B. L., Park, S., Jia, Y., Zhang, Y., Alwan, F., Celi, L. A., & Lusczek, E. R. (2024). Minimizing bias when using artificial intelligence in critical care medicine. *Journal of critical care*, *82*, 154796. https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2024.154796
13. Wang, Y., Xia, B., Zhu, Q., Chai, F., Cao, M., & Ji, Y. (2026). Research Topics and Trends of Artificial Intelligence in Critical Care Nursing: A Bibliometric Analysis. *Nursing in Critical Care*, *31*(3), e70468. https://doi.org/10.1111/nicc.70468
14. Zarantonello, F., De Cassai, A., Pettenuzzo, T., Sella, N., Mormando, G., Bolzon, A., Fulvio, G. A., Bertoncello, C. A., & Boscolo, A. (2026). Artificial intelligence in intensive care units: a scoping review addressing the translational gap to clinical practice. *Korean journal of anesthesiology*, *79*(3), 291–305. https://doi.org/10.4097/kja.251142
15. Żerdziński, K., Janiec, J., Jóźwik, K., Łajczak, P., & Krzych, Ł. J. (2025). Artificial Intelligence in Intensive Care: An Overview of Systematic Reviews with Clinical Maturity and Readiness Mapping. *Journal of clinical medicine*, *15*(1), 185. https://doi.org/10.3390/jcm15010185

YOĞUN BAKIMDA İLETİŞİM KURULAMAYAN HASTALARDA AĞRI DEĞERLENDİRMESİ VE YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Dr. Öğr. Üyesi, Şeyda KAZANÇ[1], Dr. Öğr.. Üyesi, Hülya KOÇYİĞİT KAVAK[2]

1Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, seyda.orhan@gop.rdu.tr, 0000-0002-0252-8138

2Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, hkocyigit@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0002-0540-2944

Özet

Yoğun bakım ünitelerinde (YBÜ) yatan hastaların büyük çoğunluğu; mekanik ventilasyon, derin sedasyon ve nöromüsküler blokaj gibi nedenlerle ağrılarını sözel olarak ifade edememektedir. Yetersiz yönetilen ağrı; sempatik hiperaktivasyon, doku perfüzyonunun bozulması, ventilatörden ayrılma sürecinin uzaması, deliryum ve Yoğun Bakım Sonrası Sendromu gibi ciddi klinik komplikasyonlara yol açmaktadır. Güncel PADIS kılavuzlarında önerilen Davranışsal Ağrı Ölçeği ve Yoğun Bakım Ağrı Gözlem Aracı gibi geleneksel yöntemler klinik pratikte yaygın kullanılsa da, aralıklı değerlendirme sınırlılığı ve değerlendiriciler arası değişkenlik içermektedir.

Bu kitap bölümünde; iletişim kuramayan YBÜ hastalarında ağrının kesintisiz ve objektif izlenmesinde yapay zekâ, bilgisayarlı görü ve çok modlu veri füzyon teknolojilerinin kullanımı incelenmiştir. Yüz Eylemi Kodlama Sistemi temelli derin öğrenme algoritmalarının; kalp hızı varyasyonu, pupillometri ve nosisepsiyon seviye indeksi gibi otonomik sinyaller ile ventilatör parametrelerinin entegrasyonu ele alınmıştır. Bu teknolojilerin Klinik Karar Destek Sistemleri aracılığıyla hemşirelik bakım sürecine entegrasyonu, erken uyarı olanakları, alarm yorgunluğu riski ve iş yüküne etkileri tartışılmıştır. Ayrıca, kameralı ve sensörlü izlem sistemlerinin klinik alana entegrasyonu; hasta mahremiyeti, veri güvenliği, algoritmik önyargılar ve insan odaklı bakım etiği çerçevesinde deontolojik açıdan değerlendirilmiştir. Hemşirelerin akıllı YBÜ dönüşümünde aktif rol almasının ve müfredatlara dijital okuryazarlığın entegre edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğun Bakım Hemşireliği, Ağrı Değerlendirmesi, Yapay Zekâ, Derin Öğrenme, Bilgisayarlı Görü, Klinik Karar Destek Sistemleri, CPOT.

INNOVATİVE AI-BASED APPROACHES TO PAİN ASSESSMENT AND MANAGEMENT İN PATİENTS UNABLE TO COMMUNİCATE İN THE INTENSİVE CARE UNİT

Assist. Prof., Şeyda KAZANÇ[1] , Assist. Prof., Hülya KOÇYİĞİT KAVAK[2]

1Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Division of Nursing Principles. Tokat/Turkey seyda.orhan@gop.edu.tr, 0000-0002-0252-8138

2Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Division of Nursing Principles. Tokat/Turkey, hkocyigit@cumhuriyet.edu.tr, 0000-0002-0540-2944

Abstract

In intensive care units (ICUs), the majority of patients are unable to self-report pain due to mechanical ventilation, deep sedation, and neuromuscular blockade. Inadequately managed pain leads to severe clinical complications, including sympathetic hyperactivation, impaired tissue perfusion, prolonged mechanical ventilation, delirium, and Post-Intensive Care Syndrome. Although traditional tools recommended in PADIS guidelines, such as the Behavioral Pain Scale and Critical-Care Pain Observation Tool, are widely used, they possess limitations regarding intermittent assessment and inter-observer variability.

This book chapter examines the integration of artificial intelligence, computer vision, and multimodal data fusion technologies for continuous and objective pain monitoring in non-verbal ICU patients. The fusion of deep learning architectures based on the Facial Action Coding System with autonomic signals (such as heart rate variability, pupillometry, and nociception level index) and ventilator parameters is critically discussed. The implementation of these technologies into nursing care through Clinical Decision Support Systems, along with their impact on early detection, alarm fatigue, and workflow, is evaluated. Furthermore, the deployment of camera- and sensor-based monitoring is addressed from a deontological perspective, focusing on patient privacy, data security, algorithmic bias, and human-centered care ethics. The necessity for nurses to take an active role in smart ICU integration and the inclusion of digital literacy in nursing curricula are emphasized.

Keywords: Intensive Care Nursing, Pain Assessment, Artificial Intelligence, Deep Learning, Computer Vision, Clinical Decision Support Systems, CPOT.

1. GİRİŞ

Yoğun bakım üniteleri (YBÜ); invaziv girişimler, endotrakeal tüpler, cerrahi drenler, pozisyon değişimi ve rutin bakım uygulamaları nedeniyle hastaların yoğun biçimde ağrılı uyaranlara maruz kaldığı kompleks klinik ortamlandır. YBÜ'de yatan hastaların %50'den fazlasının dinlenme sırasında, %80'e yakınının ise rutin bakım işlemleri (aspirasyon, pansuman değişimi, tüp çekilmesi vb.) sırasında orta ila şiddetli düzeyde ağrı yaşadığı bildirilmektedir (Devlin ve ark., 2018; Puntillo ve ark.,2014).

Bilinçli ve iletişim kurabilen bireylerde ağrı değerlendirmesinin altın standardı hastanın kendi bildirimidir. Ancak yoğun bakım ortamında mekanik ventilasyon desteği, derin sedasyon, nöromüsküler blokaj veya ensefalopati gibi nedenlerle hastaların büyük çoğunluğu ağrısını sözel olarak ifade edememektedir (Shahiri ve Gélinas., 2023). Tanılanamayan ve yetersiz yönetilen ağrı; sempatik sinir sisteminin aşırı uyarılmasına, miyokardın oksijen tüketiminin artmasına, immün sistem baskılanmasına, doku perfüzyonunun bozulmasına, mekanik ventilatörden ayrılma sürecinin uzamasına ve uzun dönemde Yoğun Bakım Sonrası Sendromu (Post-Intensive Care Syndrome - PICS) ile travma sonrası stres bozukluğu gelişimine yol açmaktadır (Kotfis ve ark.,2020).

Bu bağlamda ağrının doğru, objektif ve kesintisiz biçimde değerlendirilmesi, yoğun bakım hemşireliğinin en kritik klinik sorumluluklarından biridir.

2. Geleneksel Ağrı Değerlendirme Yöntemleri ve Klinik Sınırları

İletişim kuramayan yoğun bakım hastalarında ağrının değerlendirilmesi amacıyla kanıta dayalı davranışsal ölçekler geliştirilmiştir. Klinik Pratikte Ağrı, Sedasyon, Deliryum, İmmobilite ve Uyku Bozukluğu Yönetimi (PADIS) Kılavuzu (Devlin ve ark.,2018), iletişim kısıtlılığı olan erişkin YBÜ hastalarında iki temel davranışsal ölçeğin kullanımını güçlü düzeyde önermektedir:

1. **Davranışsal Ağrı Ölçeği:** Yüz ifadesi, üst ekstremite hareketleri ve mekanik ventilatörle uyumu değerlendiren 3 alt boyuttan oluşur (Payen ve ark.,2001; Payyen ve ark., 2009).
2. **Yoğun Bakım Ağrı Gözlem Aracı:** Yüz ifadesi, vücut hareketleri, kas tonusu ve mekanik ventilatör uyumu (veya ekstübe hastalar için ses çıkarma) alt boyutlarını inceleyen 4 bileşenli bir ölçektir (Shadid ve ark., 2023; Gelinas ve ark.,2006).

Ölçek Bileşeni	Davranışsal Ağrı Ölçeği	Yoğun Bakım Ağrı Gözlem Aracı
Yüz İfadesi	Gevşek (1) - Tamamen kasılmış (4)	Nötr/Rilaks (0) - Buruşturulmuş (2)
Vücut/Üst Ekstremite	Hareket yok (1) - Kalıcı çekilme (4)	Hareket yok (0) - Huzursuz/Ajite (2)
Ventilatör/Ses	Ventilatör toleransı tam (1) - Uyumsuz (4)	Ventilatöre uyumlu (0) - Direniyor/Öksürüyor (2)
Kas Tonusu	*Ölçek kapsamı dışı*	Gevşek (0) - Çok gergin/Rijit (2)
Puan Aralığı	3 - 12 puan	0 - 8 puan
Klinik Eşik	≥ 6 puan anlamlı ağrıyı gösterir	≥ 3 puan anlamlı ağrıyı gösterir

Geleneksel Ölçeklerin Klinik Sınırları

Bu ölçekler geçerli ve güvenilir olmakla birlikte klinik uygulamada birtakım kısıtlılıklara sahiptir:

- **Aralıklı Değerlendirme:** Hemşireler ağrıyı genellikle vardiya başlarında veya girişim öncesi/sonrası belirli zaman dilimlerinde değerlendirir. Bu durum, değerlendirme aralıklarında gelişen anlık ağrı ataklarının gözden kaçmasına neden olur.
- **Gözlemci İçi ve Gözlemciler Arası Değişkenlik:** Değerlendirmeyi yapan hemşirenin tecrübesi, iş yükü, klinik algısı ve tükenmişlik düzeyi puanlamayı etkileyebilmektedir (Hamdan ve ark, 2022).
- **Derin Sedasyon ve Nöromüsküler Blokaj Sınırı:** Derin sedatize (RASS -4/-5) veya paralize hastalarda motor yanıtlar ve yüz ifadeleri baskılandığı için davranışsal ölçekler duyarlılığını kaybeder (Seo ve ark., 2022).

3. Yoğun Bakımda Yapay Zekâ ve Görüntü İşleme Teknolojileri

Geleneksel değerlendirme araçlarının sınırlılıkları, yoğun bakımda yapay zekâ, bilgisayarlı görüntü ve makine öğrenmesi temelli sürekli izlem sistemlerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. YZ temelli sistemler, hastanın fizyolojik işaretlerini ve davranışsal değişimlerini insan gözünün fark edemeyeceği hassasiyette ve kesintisiz olarak analiz etme potansiyeline sahiptir.

A. Görüntü İşleme ve Yüz Eylemi Kodlama Sistemi

Ağrının en belirgin ve evrensel göstergelerinden biri yüz kaslarındaki kasılmalardır. Yüz ifadeleri, ağrıya karşı en içgüdüsel ve anlık tepkilerden birini gösterir; bu da onları otomatik ağrı değerlendirmesi için umut vadeden bir yol haline getirir. Paul Ekman tarafından geliştirilen Yüz Eylemi Kodlama Sistemi, yüz kaslarının hareketlerini "Eylem Birimleri" olarak tanımlar (Ekman ve Frşesen, 1978; Ekman, Friesen ve Hager, 2002)

B. Çok Modlu Veri Füzyonu

Yoğun bakım ünitelerinde (YBÜ) tek bir veri kaynağına (örneğin sadece kameraya veya sadece monitöre) dayalı izlem sistemleri, klinik ortamın karmaşıklığı nedeniyle çoğu zaman yanıltıcı olabilir. Sadece yüz ifadesine odaklanmak; hastanın başını çevirmesi, endotrakeal tüpü sabitleyen bantlar, yüz bölgesindeki ödem, cerrahi pansumanlar veya hastanın yüzüstü pozisyona getirilmesi gibi durumlarda yetersiz kalabilir. Ayrıca derin sedasyon uygulanan hastalarda yüz kası hareketleri tamamen baskılanabilir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için güncel yapay zekâ modelleri, tekil veriler yerine birden fazla modaliteyi aynı anda işleyen çok modlu veri füzyonu mimarilerini kullanır. Bu yaklaşım, farklı veri akışlarını eş zamanlı olarak sentezleyerek en yüksek doğruluk oranına ulaşır

1. Görsel Veri

Evrişimli Sinir Ağları (CNN) ve Vision Transformers (ViT) gibi gelişmiş bilgisayarlı görüntü mimarileri kullanılmaktadır. YBÜ tavanına veya yatak başına entegre edilen yüksek çözünürlüklü ve gece görüş özellikli kameralar, hastanın yüz bölgesindeki mikro hareketleri tarar. Paul Ekman'ın Yüz Eylemi Kodlama Sistemi (FACS) temel alınarak; özellikle kaş çatma (AU 4), göz çevresi kasılması (AU 6/7) ve burun/dudak hareketleri (AU 9/10) milisaniyeler düzeyinde analiz edilir. Bilinç düzeyinin kısmen korunduğu veya hafif-orta sedasyon altındaki hastalarda anlık ağrı tepkilerinin (örneğin bakım uygulamaları sırasında) temassız ve kesintisiz olarak yakalanmasını sağlar (Meshal, 2023).

2. Fizyolojik Sinyaller

Hastanın vücuduna yerleştirilen non-invaziv sensörler ve giyilebilir biyoteknolojik cihazlar aracılığıyla otonomik sinir sistemi verileri toplanır.

Ağrı uyarısı sırasında hem sempatik hem parasempatik otonomik sistemde, uyarı yönteminden bağımsız belirgin değişiklikler görülmüştür. Kalp Hızı Varyasyonu, deneysel ağrıda nosiseptif yanıtı değerlendirmek için yararlı bir belirteç olarak değerlendirilmiştir (Forte ve ark, 2022). Perfüzyon değişiklikleri ve nabız dalga boyundaki form bozulmaları izlenir (Hung ve ark., 2022). Derinin elektriksel iletkenliği ölçülerek sempatik aktivasyon ve stres/ağrı seviyesi saptanır. iletişim kuramayan ameliyat sonrası hastalarda Galvanik sinir yanıtı sinyalleriyle farklı ağrı yoğunluklarını tahmin eden otomatik bir araçtır (Hossein Aqajari ve ark., 2021). Solunum hızındaki ani artışlar ağrı bulgusu olarak değerlendirilir (Forte ve ark., 2022). Yüzün kapalı olduğu veya derin sedasyon/paralizi nedeniyle yüz hareketlerinin alınamadığı durumlarda, vücudun istemsiz fizyolojik refleksleri üzerinden ağrının nesnel kanıtını sunar.

3. Mekanik Ventilatör Verileri (Solunum Akış ve Basınç Dinamikleri)

İnvaziv mekanik ventilatör cihazlarının dijital çıkışlarından ve akış sensörlerinden elde edilen ham verilerin YZ algoritmalarıyla anlık olarak okunmasıdır. Hastanın ağrı duyduğu veya rahatsız olduğu anlarda solunum kaslarının ani kasılması, ventilatörün hava yolu pik basınçlarında (P_{peak}) ani dalgalanmalara neden olur. Hastanın makineyle uyumsuz şekilde öksürmesi, solunuma direnç göstermesi (fighting the ventilator) veya inspiratuar çabalarının uyumsuzluk yaratması algoritmalar tarafından taranır. Mekanik ventilatöre bağlı tüm entübe hastalarda ek bir sensör takmaya gerek kalmaksızın, halihazırda var olan cihaz verileri üzerinden ağrı ve ajitasyon bulgularının 7/24 takip edilmesine olanak tanır. Literatürde yer alan bir araştırmada, çok modlu derin öğrenme modellerinin sedatize hastalarda ağrıyı tespit etmede %88-94 arasında doğruluk sağladığını göstermektedir (Subitha ve ark., 2023).

4. Klinik Karar Destek Sistemleri ve Hemşirelik Bakımına Entegrasyon

Yapay zekâ ve dijital sağlık teknolojileri, hemşirenin klinik karar verme sürecinin yerini alan bir yapı değil, hemşirelik bakımını güçlendiren ve destekleyen entelektüel bir araçtır (Mikkonen ve ark., 2026).

Hemşirelik Sürecinde Dijital Dönüşüm

- **Klinik Karar Destek (KKDS) Entegrasyonu:** YZ algoritmaları, ağrı skorunun eşik değerleri (örneğin CPOT ≥ 3) aştığını tespit ettiğinde hemşire takip monitörüne anlık uyarı gönderir. Hemşire bu uyarıyı alarak hastanın yanına gider, klinik tabloyu doğrular ve gerekli girişimleri başlatır (Elhaddat ve Hamam, 2024).
- **Hemşirelik İş Yükünün Azaltılması:** Kesintisiz otomatik izlem, rutin manuel tarama sürelerini azaltarak hemşirenin doğrudan hasta bakımına, dokunmaya ve bütüncül yaklaşıma ayırdığı zamanı artırır (Khurdi ve Mary, 2024).
- **Bakım Etkinliğinin Değerlendirilmesi:** Uygulanan analjeziğin veya non-farmakolojik girişimin (örn. pozisyon verme, müzik terapi, soğuk uygulama) etkinliği, YZ trend grafikleri üzerinden zaman içindeki ağrı skorunun düşüşü izlenerek objektif olarak değerlendirilir (Lorek ve ark, 2023).

5. Etik, Veri Gizliliği ve Deontolojik Boyut

Sağlık teknolojilerinin ve yapay zekânın YBÜ klinik alanlarına entegrasyonu, beraberinde önemli etik ve deontolojik sorumluluklar getirmektedir:

1. **Hasta Mahremiyeti ve Veri Güvenliği:** YBÜ'de 7/24 kamera takibi ve yüz tanıma teknolojilerinin kullanımı, hasta mahremiyeti ve KVKK / GDPR standartları açısından hassas bir konudur. Görüntülerin yerel sunucularda işlenmesi, kişisel verilerin anonimleştirilmesi ve biyometrik verilerin üçüncü şahıslarla paylaşılmaması şarttır.
2. **Algoritmik Önyargı:** Yapay zekâ modellerinin eğitildiği veri setleri farklı ırk, yaş ve nörolojik durumlardan bireyleri kapsamalıdır. Aksi takdirde algoritmalar belirli hasta gruplarında hatalı sonuçlar üretebilir.

3. **İnsan Odaklı Bakım ve Dijitalleşme Dengesi:** Florence Nightingale'den günümüze hemşirelik bakımının özü insani temas, empati ve şefkattir. Yapay zekâ hiçbir koşulda hemşirenin klinik sezgisinin, gözleminin ve hastayla kurduğu terapötik bağın önüne geçmemelidir. Teknoloji, "bakımın yerini alan" değil, "bakımı kolaylaştıran" bir unsur olarak konumlandırılmalıdır (George ve Peirce, 2025; Montomoli ve ark., 2024).

6. SONUÇ

Geleceğin yoğun bakım üniteleri; yapay zekâ destekli sensörlerin, giyilebilir biyoteknolojilerin ve akıllı izlem sistemlerinin hemşirelik bakım süreçleriyle tam entegre olduğu "Akıllı YBÜ" konseptine doğru hızlı bir şekilde evrilmektedir. Özellikle iletişim kuramayan, bilinci kapalı veya sedatize hastalarda ağrının kesintisiz ve objektif izlemi yapılabilmesi açısından klinik komplikasyonların, deliryum oranlarının ve yoğun bakım kalış sürelerinin azaltılmasında büyük bir potansiyele sahiptir. Hemşirelerin bu teknolojik dönüşümde pasif bir uygulayıcı olmak yerine algoritmaların geliştirilmesinde, klinik tasarımında ve doğrulama süreçlerinde aktif rol alan liderler olmaları gerekmektedir. Hemşirelik lisans ve lisansüstü eğitim müfredatlarına dijital okuryazarlık, sağlıkta yapay zekâ, biyosinyal analizi ve veri etiği konularının entegre edilmesi, geleceğin dijital hemşirelik uygulamalarının başarısını belirleyecek en temel stratejik adımdır.

KAYNAKLAR

Cui, Z., Yuan, X., Wang, H. *et al.* Automatic pain assessment from facial action units in ICU patients via various machine learning models. *Sci Rep* **16**, 26971 (2026). https://doi.org/10.1038/s41598-026-57148-3

Devlin, J. W., Skrobik, Y., Gélinas, C., Needham, D. M., Slooter, A. J., Pandharipande, P. P., Watson, P. L., Weinhouse, G. L., Nunnally, M. E., Rochwerg, B., Balas, M. C., van den Boogaard, M., Bosma, K. J., Brummel, N. E., Chanques, G., Denehy, L., Drouot, X., Fraser, G. L., Harris, J. E., … Alhazzani, W. (2018). Clinical practice guidelines for the prevention and management of pain, agitation/sedation, delirium, immobility, and sleep disruption in adult patients in the ICU. *Critical Care Medicine*, 46(9), e825–e873. https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003299

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System: A technique for the measurement of facial movement*. Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). *Facial Action Coding System: The manual on CD ROM*. A Human Face.

Elhaddad, M., & Hamam, S. (2024). AI-Driven Clinical Decision Support Systems: An Ongoing Pursuit of Potential. *Cureus*, *16*(4), e57728. https://doi.org/10.7759/cureus.57728 DOI: 10.7759/cureus.57728

Forte G, Troisi G, Pazzaglia M, De Pascalis V, Casagrande M. Heart Rate Variability and Pain: A Systematic Review. Brain Sciences. 2022;12(2):153. https://www.mdpi.com/2076-3425/12/2/153

Gélinas, C., Fillion, L., Puntillo, K. A., Viens, C., & Fortier, M. (2006). Validation of the Critical-Care Pain Observation Tool in adult patients. *American Journal of Critical Care*, 15(4), 420–427. https://doi.org/10.4037/ajcc2006.15.4.420

George, A., & Peirce, A. G. (2025). Artificial intelligence in critical care nursing: benefits, risks, and ethical considerations. *Critical Care Nurse*, *45*(5), 46-52. https://doi.org/10.4037/ccn2025746

Hamdan, K. M., Shaheen, A. M., & Abdalrahim, M. S. (2022). Barriers and enablers of intensive care unit nurses' assessment and management of patients' pain. *Nursing in critical care*, *27*(4), 567-575.

Hossein Aqajari, S.A., Cao, R, Naeini, E.K.,Calderon, md., Zheng, K., … (2021). Pain Assessment Tool With Electrodermal Activity for Postoperative Patients: Method Validation Study. JMIR MHEALTH AND UHEALTH. 9 (5); e25258

Hung, K.-C., Huang, Y.-T., Kuo, J.-R., Hsu, C.-W., Yew, M., Chen, J.-Y., Lin, M.-C., Chen, I.-W., & Sun, C.-K. (2022). Elevated Surgical Pleth Index at the End of Surgery Is Associated with Postoperative Moderate-to-Severe Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diagnostics, 12(9), 2167. https://doi.org/10.3390/diagnostics12092167

J. F. Payen, J. L. Bosson, G. Chanques, J. Mantz, and J. Labarere, "Pain assessment is associa-ted with decreased duration of mechanical ventilation in the intensive care unit: A post hocanalysis of the dolorea study," Anesthesiology, vol. 111, pp. 1308–1316, 2009, doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c0d4f0.

Kotfis, K., Zegan-Barańska, M., Szylińska, A., Żukowski, M., & Ely, E. W. (2020). The impact of pain assessment on ICU outcomes: A prospective observational study. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 52(2), 98–105. https://doi.org/10.5114/ait.2020.94754

L S, P., Khurdi, S., G, P. T., & Mary S, P. (2024). Impact of Remote Patient Monitoring Systems on Nursing Time, Healthcare Providers, and Patient Satisfaction in General Wards. *Cureus*, *16*(6), e61646. https://doi.org/10.7759/cureus.61646

Lorek, M., Bąk, D., Kwiecień-Jaguś, K., & Mędrzycka-Dąbrowska, W. (2023). The Effect of Music as a Non-Pharmacological Intervention on the Physiological, Psychological, and Social Response of Patients in an Intensive Care Unit. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, *11*(12), 1687. https://doi.org/10.3390/healthcare11121687

Meshal, S. H. M. (2023). *Yüz ifadelerinin derin öğrenme metodu ile sınıflandırılması* (Order No. 31729129). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (3132875863). Retrieved from https://www.proquest.com/dissertations-theses/yüz-ifadelerinin-derin-öğrenme-metodu-ile/docview/3132875863/se-2

Mikkonen, K., Tuunainen, S., Oikarinen, A., Jansson, M., Woo, B., Zhou, W., ... & Jarva, E. (2026). Artificial Intelligence Technologies Supporting Nurses' Clinical Decision-Making: A Systematic Review. *Journal of Clinical Nursing*, *35*(4), 1525-1540. **https://doi.org/10.1111/jocn.70156**

Montomoli, J., Bitondo, M. M., Cascella, M., Rezoagli, E., Romeo, L., Bellini, V., ... & Bignami, E. G. (2024). Algor-ethics: charting the ethical path for AI in critical care. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *38*(4), 931-939.

Payen, J. F., Bru, O., Bosson, J. L., Lagrutta, A., Georges, H., Senegas, I., Jacquot, C., & Jacquot, C. (2001). Assessing pain in critically ill sedated patients by using a behavioral pain scale. *Critical Care Medicine*, 29(12), 2258–2263. https://doi.org/10.1097/00003246-200112000-00004

Puntillo, K. A., Max, A., Timsit, J. F., Vigneron, C., Lepape, A., Lesieur, O., Saba, G., Boyer, A., Lefrant, J. Y., & Azoulay, E. (2014). Determinants of procedural pain intensity in the intensive care unit: The Europain study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 189(1), 39–47. https://doi.org/10.1164/rccm.201306-1174OC

Seo, Y., Lee, H. J., Ha, E. J., & Ha, T. S. (2022). 2021 KSCCM clinical practice guidelines for pain, agitation, delirium, immobility, and sleep disturbance in the intensive care unit. *Acute and critical care*, *37*(1), 1-25.

Shahid, A., Sept, B. G., Longmore, S., Owen, V. S., Moss, S. J., Soo, A., ... & Stelfox, H. T. (2023). Development and preclinical testing of the critical care pain observation tool for family caregiver use (CPOT-Fam). Health Science Reports, 6(1), e986.

Shahiri T, S., & Gélinas, C. (2023). The Validity of Vital Signs for Pain Assessment in Critically Ill Adults: A Narrative Review. *Pain management nursing : official journal of the American Society of Pain Management Nurses*, *24*(3), 318–328. https://doi.org/10.1016/j.pmn.2023.01.004

YARA İYİLEŞMESİNDE BESLENMENİN ÖNEMİ VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Emin ATAY[1]/ Dr. Öğr. Üyesi, Gökhan DEGE[2]

1 Mardin Artuklu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları, eminatay@artuklu.edu.tr, 0000-0002-5373-9031

2 Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik, gdege@agri.edu.tr, 0000-0001-9237-770X

Özet

Yara iyileşmesi hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve yeniden şekillenme evrelerinden oluşan karmaşık ve dinamik bir süreçtir. Her evrede enerji ve besin ögesi gereksinimi artar. Bu nedenle beslenme, yara iyileşmesini etkileyen en önemli sistemik etkenlerden biridir. Yetersiz beslenme ve malnütrisyon kollajen sentezini azaltır, immün yanıtı zayıflatır, enfeksiyon riskini artırır ve iyileşmeyi geciktirir. Doku onarımında protein, arjinin ve glutamin ile C vitamini, A vitamini ve çinko gibi mikro besin ögeleri kritik rol oynar. Yeterli sıvı alımı da aynı derecede önemlidir. Yaşlı, kronik hastalığı olan, hareketi kısıtlı ve uzun süre hastanede yatan bireyler hem malnütrisyon hem de basınç yarası açısından yüksek risk taşır. Hemşireler, hastayla en uzun süre birlikte olan sağlık profesyonelleridir. Bu nedenle beslenme durumunun taranmasında, besin ve sıvı alımının izlenmesinde ve beslenmeyi olumsuz etkileyen etkenlerin belirlenmesinde önemli sorumlulukları vardır. Hasta ve ailesinin eğitimi ile diyetisyen ve multidisipliner ekiple iş birliği de bu sorumluluklar arasındadır. Yara iyileşmesini desteklemede temel hemşirelik yaklaşımları, geçerli ve güvenilir tarama araçlarının kullanılması ve bireye özgü beslenme planlarının uygulanmasıdır. Bu derlemenin amacı, yara iyileşmesinde beslenmenin önemini, iyileşmede rol oynayan temel besin ögelerini ve beslenme desteğine yönelik kanıta dayalı hemşirelik yaklaşımlarını ele almaktır.

Anahtar Kelimeler: Yara iyileşmesi, Beslenme, Malnütrisyon, Hemşirelik bakımı, Basınç yarası.

THE IMPORTANCE OF NUTRITION IN WOUND HEALING AND NURSING APPROACHES

Asst. Prof., Mehmet Emin ATAY[1]/ Asst. Prof., Gökhan DEGE[2]

1 Mardin Artuklu University, Faculty of Health Sciences, Fundamentals of Nursing, eminatay@artuklu.edu.tr, 0000-0002-5373-9031

2 Ağrı İbrahim Çeçen University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetics, gdege@agri.edu.tr, 0000-0001-9237-770X

Abstract

Wound healing is a complex and dynamic process consisting of the phases of hemostasis, inflammation, proliferation, and remodeling. Energy and nutrient requirements increase during each phase. Therefore, nutrition is one of the most important systemic factors affecting wound healing. Inadequate nutrition and malnutrition reduce collagen synthesis, weaken the immune response, increase the risk of infection, and delay healing. Protein, arginine, and glutamine, along with micronutrients such as vitamin C, vitamin A, and zinc, play a critical role in tissue repair. Adequate fluid intake is equally important. Older adults, individuals with chronic illnesses, those with limited mobility, and patients hospitalized for extended periods are at high risk for both malnutrition and pressure ulcers. Nurses are the healthcare professionals who spend the most time with patients. Therefore, they bear significant responsibilities in screening for nutritional status, monitoring food and fluid intake, and identifying factors that negatively affect nutrition. Educating patients and their families, as well as collaborating with dietitians and the multidisciplinary team, are also part of these responsibilities. Fundamental nursing approaches to supporting wound healing include the use of valid and reliable screening tools and the implementation of individualized nutrition plans. The purpose of this review is to address the importance of nutrition in wound healing, the key nutrients that play a role in healing, and evidence-based nursing approaches to nutritional support.

Keywords: Wound Healing, Nutrition, Malnutrition, Nursing Care, Pressure Ulcer.

1. GİRİŞ

Yara, deri ve/veya deri altındaki dokuların bütünlüğünün fiziksel, kimyasal, termal ya da mikrobiyal etkenler nedeniyle bozulmasıdır. Akut ya da kronik nitelikteki yaralar hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkileyen, hastanede kalış süresini ve bakım maliyetlerini artıran önemli bir sağlık sorunudur. Özellikle basınç yaraları, diyabetik ayak ülserleri ve venöz ülserler gibi kronik yaralar, yüksek prevalansları ve tekrarlama eğilimleri nedeniyle sağlık sistemleri üzerinde ciddi bir sosyoekonomik yük oluşturmaktadır (Wilkinson & Hardman, 2020). Kronik yaraların yönetimi günlük klinik uygulamada önemli miktarda kaynak gerektirmekte ve bu yük giderek artmaktadır (Wild vd., 2010).

Yara iyileşmesi; hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve yeniden şekillenme evrelerinden oluşan, birbirini izleyen ve kısmen örtüşen, son derece düzenli bir biyolojik süreçtir. Başarılı bir iyileşme için bu evrelerin doğru sırada ve uygun zaman diliminde gerçekleşmesi gerekir (Guo & DiPietro, 2010). Oksijenasyon, enfeksiyon, ileri yaş, stres, diyabet, obezite, ilaçlar, sigara ve alkol kullanımı gibi pek çok yerel ve sistemik etken bu süreci bozabilmektedir (Guo & DiPietro, 2010). Bu etkenler arasında beslenme, değiştirilebilir bir etken olması nedeniyle klinik açıdan ayrı bir öneme sahiptir (Ghaly vd., 2021).

Yara iyileşmesini oluşturan hücresel ve biyokimyasal olayların tamamlanabilmesi için enerji, amino asitler, oksijen, vitaminler, mineraller ve eser elementlere gereksinim vardır. Besin ögesi yetersizlikleri fibroblast çoğalmasını, kollajen sentezini ve epitelizasyonu engelleyerek iyileşmeyi geciktirir (Kavalukas & Barbul, 2011). Malnütrisyon ayrıca yaranın gerilme direncinin azalması ve enfeksiyon oranlarının artmasıyla ilişkilidir; malnütrisyonlu hastalarda basınç yarası, enfeksiyon ve gecikmiş iyileşme sonucunda kronikleşen yaralar daha sık görülmektedir (Stechmiller, 2010).

Hemşireler, günün her saatinde hastanın yanında bulunan, besin ve sıvı alımını doğrudan gözlemleyebilen sağlık profesyonelleridir. Bu konum hemşirelere malnütrisyon riskinin erken belirlenmesi, beslenme bakımının planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesinde kilit bir rol yüklemektedir (Van Den Berg vd., 2023). Uluslararası kılavuzlar da beslenme taramasının rutin bakımın bir parçası olmasını ve beslenme bakımının multidisipliner bir ekip yaklaşımıyla yürütülmesini önermektedir (European Pressure Ulcer Advisory Panel [EPUAP], National Pressure Injury Advisory Panel [NPIAP] ve Pan Pacific Pressure Injury Alliance [PPPIA], 2019; Volkert vd., 2022). Bu derlemede yara iyileşmesinde beslenmenin önemi, iyileşmede rol oynayan temel besin ögeleri ve beslenme desteğine yönelik kanıta dayalı hemşirelik yaklaşımları güncel literatür doğrultusunda ele alınmıştır.

2. YARA İYİLEŞMESİNİN EVRELERİ VE BESLENME GEREKSİNİMİ

Yara iyileşmesi genel olarak dört evrede incelenmektedir (Guo & DiPietro, 2010; Wilkinson & Hardman, 2020). Ancak bu evreler kesin sınırlarla birbirinden ayrılmaz; iyileşme her zaman doğrusal bir süreç değildir ve iç ve dış etkenlere bağlı olarak evreler arasında ileri ya da geri yönde ilerleyebilir (Wild vd., 2010). Her evrenin kendine özgü hücresel olayları ve buna bağlı olarak farklı besin ögesi gereksinimleri bulunmaktadır (Ghaly vd., 2021).

2.1. Hemostaz Evresi

Yaralanmanın hemen ardından başlayan bu evrede vazokonstriksiyon, trombosit agregasyonu ve fibrin pıhtısı oluşumu ile kanama kontrol altına alınır. Pıhtı aynı zamanda iyileşme sürecinde görev alacak hücreler için geçici bir iskele görevi görür. Trombositlerden salınan büyüme faktörleri ve sitokinler, inflamatuvar hücreleri ve fibroblastları yara bölgesine çekerek sonraki evreleri başlatır (Guo & DiPietro, 2010; Wilkinson & Hardman, 2020).

2.2. İnflamasyon Evresi

İnflamasyon evresinde önce nötrofiller, ardından makrofajlar yara bölgesine göç eder. Bu hücreler fagositoz yoluyla bakterileri ve hasarlı dokuyu ortadan kaldırır; makrofajlar ayrıca proliferasyon evresini başlatan büyüme faktörlerini salgılar (Guo & DiPietro, 2010). Bu evrede immün yanıtın etkin biçimde sürdürülebilmesi için yeterli enerji ve protein alımı gereklidir; protein kaybı tüm immün süreci olumsuz etkileyebilmektedir (Barchitta vd., 2019). A vitamini de inflamatuvar evrede rol oynamakta ve antiinflamatuvar steroidlerin yara iyileşmesi üzerindeki baskılayıcı etkilerini tersine çevirebilmektedir (Polcz & Barbul, 2019).

2.3. Proliferasyon Evresi

Proliferasyon evresi fibroblast çoğalması, kollajen sentezi, anjiyogenez, granülasyon dokusu oluşumu ve reepitelizasyon ile karakterizedir (Wilkinson & Hardman, 2020). Bu evrede fibroblastların göçü için yeterli karbonhidrat alımı gereklidir (Barchitta vd., 2019). Kollajen sentezi için C vitamini, çinko ve arjinin gibi besin ögeleri kritik önem taşır; bu ögelerin eksikliği fibroblast çoğalmasını ve kollajen sentezini doğrudan engeller (Kavalukas & Barbul, 2011; Lin vd., 2018; Pullar vd., 2017).

2.4. Yeniden Şekillenme (Maturasyon) Evresi

Son evrede, proliferasyon sırasında düzensiz biçimde depolanan kollajen yeniden düzenlenir ve yara dokusu giderek güç kazanır. Bu süreç aylarca, hatta yıllarca sürebilir (Guo & DiPietro, 2010; Wilkinson & Hardman, 2020). Malnütrisyon, bu evrede oluşan skar dokusunun gerilme direncinin azalmasıyla ilişkilidir (Stechmiller, 2010).

İyileşme sürecinin tüm evreleri yüksek miktarda enerji gerektirir. Yeni hücrelerin yapımı için gereken enerji, besinlerle yeterince karşılanmadığında vücudun enerji depoları ve protein rezervlerinden sağlanır; bu durum özellikle yetersiz beslenen ve malnütrisyonlu hastalar için ciddi bir sorun oluşturur (Wild vd., 2010).

3. MALNÜTRİSYON VE YARA İYİLEŞMESİ

Malnütrisyon, enerji, protein ve diğer besin ögelerinin alımı veya kullanımındaki dengesizlik sonucu vücut bileşiminde ve işlevlerinde olumsuz değişikliklerle seyreden bir durumdur. Küresel Malnütrisyon Liderlik Girişimi (Global Leadership Initiative on Malnutrition [GLIM]) malnütrisyon tanısı için iki aşamalı bir yaklaşım önermektedir: ilk aşamada geçerli bir tarama aracı ile risk altındaki bireyler belirlenmekte, ikinci aşamada ise tanı konulmakta ve malnütrisyonun şiddeti derecelendirilmektedir. GLIM ölçütleri; istemsiz kilo kaybı, düşük beden kütle indeksi (BKİ) ve azalmış kas kütlesinden oluşan üç fenotipik ölçüt ile azalmış besin alımı veya emilimi ve inflamasyon/hastalık yükünden oluşan iki etiyolojik ölçütü kapsar. Tanı için en az bir fenotipik ve bir etiyolojik ölçütün bulunması gerekir (Cederholm vd., 2019).

Malnütrisyon hastanede yatan bireylerde yaygın bir sorundur. Malnütrisyon Evrensel Tarama Aracı (Malnutrition Universal Screening Tool [MUST]) ile yapılan bir çalışmada, yatan hastalarda malnütrisyon riskinin %19 ile %60 arasında değiştiği bildirilmiştir (Stratton vd., 2004). Malnütrisyon özellikle yaşlı hastalarda ve yaralanma veya cerrahi girişim sonrası katabolik stres dönemindeki hastalarda sık görülmektedir (Wild vd., 2010). Yaşlı bireylerde malnütrisyonun yanı sıra dehidratasyon da yaygındır (Volkert vd., 2022).

Yetersiz beslenme ve yetersiz diyet alımı, basınç yarası gelişimi ve bozulmuş yara iyileşmesi için temel risk etkenleridir. Planlanmamış kilo kaybı hem malnütrisyon hem de basınç yarası gelişimi için önemli bir risk göstergesidir. Yetersiz beslenme immün sistemin işlevini, kollajen sentezini ve dokunun gerilme direncini olumsuz etkilemektedir (Saghaleini vd., 2018). Kronik deri ülseri olan hastaların büyük çoğunluğunda değişen derecelerde malnütrisyon ve mikro besin ögesi düzeylerinde bozulma bulunmaktadır (Stechmiller, 2010).

Beslenme durumunun değerlendirilmesinde tek başına güvenilir bir laboratuvar testi bulunmamaktadır. Serum albümin, prealbümin, transferrin ve retinol bağlayıcı protein düzeyleri ile boy, kilo ve BKİ gibi antropometrik

ölçümler genel prognozun belirlenmesinde yararlı olabilir; ancak bu göstergeler bireyin beslenme durumunu tek başına doğru biçimde yansıtmayabilir (Saghaleini vd., 2018). Bu nedenle beslenme durumunun değerlendirilmesi, geçerli tarama araçları, besin alımının öyküsü, kilo değişimi ve klinik bulguların birlikte ele alındığı kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir (Cederholm vd., 2019; Munoz vd., 2020).

4. YARA İYİLEŞMESİNDE ROL OYNAYAN BESİN ÖGELERİ

Yara iyileşmesini destekleyecek ideal besin alımı tam olarak bilinmemekle birlikte, yaralı bireylerde enerji, protein, çinko, A, C ve E vitaminleri ile arjinin ve glutamin gibi amino asitlere olan gereksinimin arttığı gösterilmiştir (Saghaleini vd., 2018). Yara iyileşmesinde rol oynayan temel besin ögeleri ve iyileşme sürecindeki işlevleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

4.1. Enerji

Yara iyileşmesi enerji gerektiren anabolik bir süreçtir. Yeterli enerji alınmadığında vücut, enerji gereksinimini karşılamak için protein rezervlerini kullanır; bu durum doku onarımı için gerekli proteinin azalmasına yol açar (Wild vd., 2010). Karbonhidratlar hücresel enerjinin temel kaynağıdır ve proliferasyon evresinde fibroblast göçü için gereklidir (Barchitta vd., 2019). Uluslararası basınç yarası kılavuzu, basınç yarası olan ve malnütrisyonlu ya da malnütrisyon riski taşıyan yetişkinler için günlük 30–35 kkal/kg enerji alımını önermektedir (EPUAP, NPIAP ve PPPIA, 2019; Munoz vd., 2020).

4.2. Protein

Protein; kollajen sentezi, fibroblast çoğalması, anjiyogenez, immün yanıt ve yeni doku oluşumu için temel yapı taşıdır. Protein yetersizliği inflamasyon evresini uzatır, immün işlevi bozar ve yara iyileşmesini geciktirir (Barchitta vd., 2019; Kavalukas & Barbul, 2011). Ayrıca eksüdalı yaralardan protein kaybının olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Basınç yarası olan ve malnütrisyonlu ya da malnütrisyon riski taşıyan yetişkinler için günlük 1,25–1,5 g/kg protein alımı önerilmektedir (EPUAP, NPIAP ve PPPIA, 2019; Munoz vd., 2020). Yüksek proteinli beslenme planlanırken böbrek işlevlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir (Munoz vd., 2020).

4.3. Arjinin ve Glutamin

Arjinin ve glutamin, sağlıklı bireylerde vücutta sentezlenebilen, ancak travma, cerrahi ve yara gibi metabolik stres durumlarında gereksinimi artan koşullu esansiyel amino asitlerdir. Arjinin; kollajen sentezi için gerekli prolinin öncülüdür, nitrik oksit üretimi aracılığıyla doku perfüzyonunu ve immün işlevi destekler. Glutamin ise hızlı bölünen hücreler, özellikle lenfositler ve enterositler için önemli bir enerji kaynağıdır (Arribas-López vd., 2021; Kavalukas & Barbul, 2011). Arjinin ve glutamin desteğinin yara iyileşmesine etkisini inceleyen bir sistematik derleme ve meta-analizde, arjinin desteğinin kollajen birikiminin göstergesi olan hidroksiprolin düzeyini anlamlı biçimde artırdığı; glutamin desteğinin ise azot dengesini iyileştirdiği, IL-6, TNF-α ve C-reaktif protein düzeylerini azalttığı, mortaliteyi ve hastanede kalış süresini kısalttığı bildirilmiştir (Arribas-López vd., 2021).

Malnütrisyonlu ve evre II–IV basınç yarası olan 200 hastanın katıldığı çok merkezli, randomize kontrollü bir çalışmada, arjinin, çinko ve antioksidanlarla zenginleştirilmiş yüksek enerjili ve yüksek proteinli oral nütrisyonel destek ürününün 8 hafta süreyle günde 400 mL kullanımının, eş kalorili ve eş proteinli standart ürüne göre basınç yarası alanında daha fazla azalma sağladığı (%60,9'a karşı %45,2) gösterilmiştir (Cereda vd., 2015). Bununla birlikte, 33 randomize kontrollü çalışmayı ve 7920 katılımcıyı kapsayan güncel Cochrane derlemesi, farklı içerikteki beslenme müdahalelerinin basınç yarasını önleme ve tedavi etmedeki yararlarına ilişkin kanıtların düşük ya da çok düşük kesinlikte olduğunu, enerji, protein ve mikro besin ögesi desteklerinin standart diyete göre iyileşen basınç yarası sayısını hafifçe artırabileceğini bildirmiştir (Langer vd., 2024). Bu bulgular, özel besin ögesi desteklerinin rutin olarak değil, malnütrisyonlu ve iyileşmesi yetersiz olan bireylerde bireysel değerlendirmeye dayalı olarak kullanılması gerektiğini düşündürmektedir.

4.4. Vitaminler

C vitamini, prolin ve lizin amino asitlerinin hidroksilasyonu için gerekli bir kofaktördür ve kararlı kollajen yapısının oluşmasında temel rol oynar. Normal deride yüksek konsantrasyonda bulunan C vitamini, kollajen sentezini uyarır ve dokuyu oksidatif hasara karşı korur (Pullar vd., 2017). C vitamini eksikliğinde kollajen sentezi bozulur ve yara iyileşmesi gecikir (Kavalukas & Barbul, 2011; Pullar vd., 2017).

A vitamini, deride pek çok hücre tipinin büyümesini ve farklılaşmasını düzenler; eksikliğinde epitelde anormal keratinizasyon gelişir. Yara dokusunda A vitamini epidermal yenilenmeyi uyarır, reepitelizasyon hızını artırır ve epitel yapısını onarır. Retinoik asit ayrıca tip I kollajen ve fibronektin gibi hücre dışı matriks bileşenlerinin üretimini artırır, keratinosit ve fibroblast çoğalmasını uyarır ve matriksi yıkan metalloproteinaz düzeylerini azaltır (Polcz & Barbul, 2019). Kortikosteroid kullanan hastalarda A vitamininin iyileşme üzerindeki olumsuz etkileri tersine çevirebilmesi klinik açıdan önemlidir (Polcz & Barbul, 2019).

B grubu vitaminleri enerji metabolizmasında koenzim olarak görev yapar; D vitamini ise immün yanıtın düzenlenmesine katkıda bulunur. Bu vitaminler inflamatuvar süreç ve kollajen sentezi için gerekli mikro besin ögeleri arasında yer almaktadır (Barchitta vd., 2019). E vitamini ise antioksidan özelliği nedeniyle gereksinimi artan besin ögeleri arasında gösterilmektedir (Saghaleini vd., 2018). Uluslararası kılavuz, dengeli bir diyetin teşvik edilmesini; vitamin ve mineral desteğinin ise yetersiz alım veya eksiklik saptandığında ya da şüphelenildiğinde verilmesini önermektedir (EPUAP, NPIAP ve PPPIA, 2019; Munoz vd., 2020).

4.5. Mineraller

Çinko, hücre zarı onarımı, hücre çoğalması, büyüme ve immün sistem işlevi için gerekli olan çok sayıda metaloenzimin kofaktörüdür. Çinko eksikliği deri lezyonlarına, büyüme geriliğine, bozulmuş immün işleve ve gecikmiş yara iyileşmesine yol açar (Lin vd., 2018). Çinko; inflamasyonun düzenlenmesi, antioksidan savunma, hücre dışı matriksin yeniden şekillenmesi ve doku proliferasyonu gibi yara iyileşmesinin pek çok basamağında rol oynar (Lin vd., 2018). *Demir* ise dokulara oksijen taşınması ve kollajen sentezi için gereklidir; demir eksikliği anemisi yara dokusunun oksijenasyonunu azaltarak iyileşmeyi olumsuz etkileyebilir (Barchitta vd., 2019; Guo & DiPietro, 2010).

4.6. Sıvı

Hidrasyon, deri bütünlüğünün korunmasında ve onarımında yaşamsal bir role sahiptir. Dehidratasyon hücre metabolizmasını ve yara iyileşmesini bozar. Yeterli sıvı alımı, yaralı dokulara kan akımının sürdürülmesi ve deride yeni hasar gelişiminin önlenmesi için gereklidir (Saghaleini vd., 2018). Basınç yarası olan ya da risk taşıyan bireyler için, tıbbi durum aksini gerektirmedikçe günde kalori başına 1 mL sıvı alımı önerilmektedir (EPUAP, NPIAP ve PPPIA, 2019; Munoz vd., 2020). Yaşlı bireylerin tamamının düşük sıvı alımına bağlı dehidratasyon açısından risk altında kabul edilmesi ve yeterli miktarda sıvı tüketmeye teşvik edilmesi gerekmektedir (Volkert vd., 2022).

Tablo 1. Yara İyileşmesinde Rol Oynayan Temel Besin Ögeleri

Besin ögesi	Yara iyileşmesindeki temel işlevi	Öneri / Klinik not
Enerji (karbonhidrat ve yağ)	Hücresel enerji sağlar; fibroblast göçünü destekler; proteinin enerji amacıyla kullanılmasını önler	30–35 kkal/kg/gün (malnütrisyonlu ya da risk altındaki yetişkinlerde)
Protein	Kollajen sentezi, fibroblast çoğalması, anjiyogenez ve immün yanıt	1,25–1,5 g/kg/gün; böbrek işlevleri değerlendirilmeli
Arjinin	Prolin ve kollajen sentezinin öncülü; nitrik oksit üretimi, immün işlev	Malnütrisyonlu, evre II ve üzeri basınç yarasında zenginleştirilmiş ONS içinde
Glutamin	Lenfosit ve enterositler için enerji kaynağı; inflamasyonun düzenlenmesi	Metabolik stres durumlarında gereksinim artar
C vitamini	Kollajen hidroksilasyonu ve çapraz bağlanması; antioksidan koruma	Eksiklik saptandığında ya da şüphelenildiğinde destek
A vitamini	Reepitelizasyon, kollajen ve fibronektin üretimi; steroid etkisini tersine çevirme	Eksiklik saptandığında ya da şüphelenildiğinde destek
Çinko	Metaloenzim kofaktörü; hücre çoğalması, immün işlev, matriks yeniden şekillenmesi	Eksiklik saptandığında ya da şüphelenildiğinde destek
Demir	Oksijen taşınması ve kollajen sentezi	Anemi değerlendirilmeli
Sıvı	Doku perfüzyonu, hücre metabolizması, deri bütünlüğü	1 mL/kkal/gün (tıbbi durum aksini gerektirmedikçe)

ONS: Oral nütrisyonel destek. Kaynak: Arribas-López vd. (2021), Barchitta vd. (2019), EPUAP, NPIAP ve PPPIA (2019), Lin vd. (2018), Munoz vd. (2020), Polcz ve Barbul (2019), Pullar vd. (2017) ve Saghaleini vd. (2018)'den yararlanılarak hazırlanmıştır.

5. YARA İYİLEŞMESİ VE MALNÜTRİSYON AÇISINDAN RİSK GRUPLARI

Basınç yaraları özellikle yaşlı ve hareketsiz bireylerde, diyabet, damar hastalığı veya malnütrisyonu olanlarda ve yoğun bakım ya da palyatif bakım gereksinimi olan hastalarda sık görülmektedir (Langer vd., 2024). Yaşlı bireylerde iştahın azalması, çiğneme ve yutma güçlükleri, bilişsel bozukluklar, çoklu ilaç kullanımı ve sosyal yalnızlık gibi etkenler hem malnütrisyon hem de dehidratasyon riskini artırmaktadır (Volkert vd., 2022). Yaşlanma aynı zamanda yara iyileşmesini hücresel düzeyde yavaşlatan bağımsız bir etkendir (Guo & DiPietro, 2010; Wilkinson & Hardman, 2020).

Diyabet, obezite ve diğer kronik hastalıklar inflamatuvar yanıtı, doku perfüzyonunu ve kollajen sentezini bozarak yara iyileşmesini geciktirmektedir (Guo & DiPietro, 2010). Hareketi kısıtlı ve uzun süre hastanede yatan bireylerde ise hem doku üzerindeki sürekli basınç hem de yetersiz besin alımı nedeniyle basınç yarası gelişme olasılığı artmaktadır (Saghaleini vd., 2018). Yaralanma, cerrahi girişim ve kritik hastalık gibi katabolik stres

dönemleri enerji ve protein gereksinimini belirgin biçimde artırmakta ve var olan rezervlerin hızla tükenmesine neden olmaktadır (Wild vd., 2010). Bu risk gruplarındaki bireylerin hastaneye yatışından itibaren beslenme ve basınç yarası riski açısından sistematik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

6. YARA İYİLEŞMESİNİ DESTEKLEMEDE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI

Hemşirelerin beslenme bakımındaki rolü, temel bakımın ayrılmaz bir parçasıdır. Hastanede yürütülen gözlemsel bir çalışmada hemşirelerin beslenme bakımındaki etkinlikleri; tarama ve değerlendirme ile risk belirleme, beslenme bakım planlarının oluşturulması ve sonuçların izlenip değerlendirilmesi ile taburculuk sonrasına yönelik bakım planlaması olmak üzere üç başlık altında tanımlanmıştır (Van Den Berg vd., 2023). Bu bölümde yara iyileşmesini destekleyen hemşirelik yaklaşımları hemşirelik sürecinin basamakları doğrultusunda ele alınmıştır.

6.1. Beslenme Taraması ve Değerlendirme

Malnütrisyonun önlenmesi ve tedavisinin ilk adımı, risk altındaki bireylerin erken dönemde belirlenmesidir. ESPEN kılavuzu, tüm yaşlı bireylerin var olan riskin erken saptanabilmesi için malnütrisyon açısından rutin olarak taranmasını önermektedir (Volkert vd., 2022). Uluslararası basınç yarası kılavuzu da basınç yarası riski taşıyan ya da basınç yarası olan bireylerde beslenme taramasının yapılmasını, risk saptanan bireylerde ise kapsamlı beslenme değerlendirmesi yapılmasını önermektedir (Munoz vd., 2020). Tarama, hastaneye yatışta yapılmalı ve hastanın klinik durumunda önemli bir değişiklik olduğunda tekrarlanmalıdır.

Taramada geçerli ve güvenilir araçların kullanılması önemlidir. *Nütrisyonel Risk Taraması-2002 (NRS-2002)*, beslenme bozukluğunun derecesi ile hastalığın şiddetini birlikte puanlayan ve kontrollü klinik çalışmaların analizine dayanılarak geliştirilmiş bir araçtır; beslenme desteğinden yarar görme olasılığı yüksek hastaları belirleyebilmektedir (Kondrup vd., 2003). *MUST*, tüm sağlık hizmeti ortamlarında ve hasta gruplarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir; diğer tarama araçlarıyla iyi ve mükemmel düzeyde uyum gösterdiği ve 3–5 dakika gibi kısa bir sürede kolayca uygulanabildiği bildirilmiştir (Stratton vd., 2004). *Mini Nütrisyonel Değerlendirme-Kısa Form (MNA-SF)* ise yaşlı bireyler için geliştirilmiş, BKİ hesaplanamadığında baldır çevresi ölçümünün kullanılabildiği pratik bir tarama aracıdır (Kaiser vd., 2009). MNA-SF'nin Türk yaşlı bireylerde malnütrisyonu belirlemede %94 duyarlılık ve %81 özgüllük ile geçerli bir araç olduğu gösterilmiştir (Sarikaya vd., 2015).

Tarama sonucunda risk saptanan bireylerde beslenme durumu; beslenme öyküsü, besin alımının değerlendirilmesi, kilo değişimi, antropometrik ölçümler, fiziksel muayene, biyokimyasal bulgular ve fonksiyonel durum ile birlikte kapsamlı biçimde değerlendirilmelidir (Munoz vd., 2020). Malnütrisyon tanısı GLIM ölçütleri doğrultusunda konulabilir (Cederholm vd., 2019). Hemşirenin bu süreçte istemsiz kilo kaybını, iştah değişikliklerini, çiğneme ve yutma güçlüklerini, ağız ve diş sağlığı sorunlarını, bulantı-kusma, ishal gibi gastrointestinal yakınmaları, ağrıyı, depresif belirtileri ve yemek yemede bağımlılık durumunu belirlemesi, beslenmeyi olumsuz etkileyen etkenlerin ortaya konmasını sağlar (Volkert vd., 2022). Bu değerlendirme, yaranın boyutu, derinliği, eksüda miktarı ve iyileşme gidişinin düzenli olarak değerlendirilmesi ve belgelenmesiyle birlikte yürütülmelidir (Wild vd., 2010).

6.2. Besin ve Sıvı Alımının İzlenmesi

Hemşireler, hastanın öğünlerde ne kadar yediğini ve içtiğini doğrudan gözlemleyebilecek konumdadır. Besin tüketim kayıtları, tabakta kalan yiyeceğin değerlendirilmesi ve sıvı alım-çıkarım takibi, yetersiz alımın erken fark edilmesini sağlar. Düzenli aralıklarla vücut ağırlığının ölçülmesi, planlanmamış kilo kaybının izlenmesi açısından önemlidir (Saghaleini vd., 2018). Yaşlı bireylerde susama duyusunun azalabileceği göz önünde bulundurularak sıvı alımı düzenli olarak teşvik edilmeli ve izlenmelidir (Volkert vd., 2022). İzlem sonuçları beslenme bakım planının etkinliğinin değerlendirilmesinde ve gerektiğinde planın güncellenmesinde kullanılmalıdır (Munoz vd., 2020).

6.3. Bireye Özgü Beslenme Bakım Planı ve Beslenme Desteği

Malnütrisyonlu ya da malnütrisyon riski taşıyan ve basınç yarası olan bireyler için bireye özgü bir beslenme bakım planı geliştirilmesi önerilmektedir (Munoz vd., 2020). Oral beslenme; hemşirelik girişimleri, eğitim, beslenme danışmanlığı, besinlerin yapı ve içeriğinin bireye göre düzenlenmesi ve oral nütrisyonel destek ürünleri (ONS) ile desteklenebilir. Gereksiz diyet kısıtlamalarından genel olarak kaçınılmalıdır (Volkert vd., 2022). Hemşirelik girişimleri arasında öğün sırasında uygun pozisyon verilmesi, gereken durumlarda beslenmeye yardım edilmesi, öğünlerin kesintiye uğramasının önlenmesi, hastanın tercihlerine uygun besinlerin sağlanması, ara öğünlerin planlanması ve ağız bakımının yapılması yer almaktadır.

Besin alımı gereksinimi karşılamadığında, diyete ek olarak yüksek enerjili ve yüksek proteinli ONS önerilmektedir. Malnütrisyonlu ya da malnütrisyon riski taşıyan ve evre II veya daha ileri basınç yarası olan bireylerde ise arjinin, çinko ve antioksidanlarla zenginleştirilmiş, yüksek enerjili ve yüksek proteinli ONS ya da enteral ürünlerin kullanılması önerilmektedir (Cereda vd., 2015; Munoz vd., 2020). Oral alım yetersiz kaldığında enteral beslenme, enteral beslenme yetersiz ya da olanaksız olduğunda ise parenteral beslenme, bireyin genel prognozu ve tercihleri göz önünde bulundurularak planlanmalıdır (Munoz vd., 2020; Volkert vd., 2022). Hemşire, enteral beslenme uygulamalarında beslenme tüpünün bakımı, tolerans izlemi ve komplikasyonların önlenmesinden sorumludur.

6.4. Hasta ve Ailesinin Eğitimi

Hasta ve ailesinin eğitimi, beslenme bakımının sürekliliği ve taburculuk sonrası dönemde yara iyileşmesinin desteklenmesi açısından temel hemşirelik girişimlerinden biridir. Eğitimde yeterli enerji, protein ve sıvı alımının yara iyileşmesindeki önemi, protein açısından zengin besin kaynakları, öğün planlaması, ONS'nin doğru kullanımı ve kilo izlemi konularına yer verilmelidir (Ghaly vd., 2021; Volkert vd., 2022). Hastanede yürütülen bir çalışmada hastaların beslenme bakım sürecine katılımının oldukça sınırlı olduğu belirlenmiş; hemşirelerin ve hastaların malnütrisyon bakımına katılım konusundaki bilgi ve becerilerini geliştirecek kanıta dayalı stratejilere gereksinim olduğu vurgulanmıştır (Van Den Berg vd., 2023). Bu nedenle eğitimin hastanın ve ailesinin bakım kararlarına etkin biçimde katılımını sağlayacak şekilde planlanması önemlidir.

6.5. Multidisipliner İş Birliği

Yara yönetimi ve beslenme bakımı hekim, hemşire, diyetisyen, eczacı, fizyoterapist ve diğer sağlık profesyonellerini içeren multidisipliner bir yaklaşım gerektirir (Ghaly vd., 2021). Beslenme müdahaleleri bireyselleştirilmiş, kapsamlı ve multimodal bir ekip yaklaşımının parçası olmalıdır (Volkert vd., 2022). Hemşireler, taramada risk saptanan hastaların zamanında diyetisyene yönlendirilmesinden ve ekip tarafından oluşturulan beslenme planının uygulanmasından sorumludur.

Ancak klinik uygulamada beslenme taramasının yeterince yapılamadığı bilinmektedir. MUST'un uygulamaya alındığı iki hastanede hemşireler tarafından yapılan tarama oranlarının düşük kaldığı (%17 ve %62); iş yükü, tarama politikalarına ilişkin belirsizlik ve aracın kullanımına yönelik yetkinlik eksikliğinin taramayı sınırlayan başlıca etkenler olduğu belirlenmiştir (Porter vd., 2009). Aynı çalışmada hemşirelerin eğitimle desteklenmesinin ve diyetisyenlerle sürekli iş birliğinin taramanın uygulanmasını kolaylaştıracağı vurgulanmıştır (Porter vd., 2009). Bu bulgular, kurumsal protokollerin oluşturulması, hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesi ve beslenme taramasının hemşirelik kayıt sistemlerine entegre edilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

6.6. Belgeleme ve Değerlendirme

Tarama sonuçlarının, besin ve sıvı alımının, kilo değişimlerinin, uygulanan beslenme girişimlerinin ve yaranın iyileşme gidişinin düzenli olarak kaydedilmesi, bakımın sürekliliği ve ekip içi iletişim açısından gereklidir. Yerel yara bakımı ile birlikte iyi bir yara belgelemesi, iyileşmenin gecikmesini ve yaraların kronikleşmesini önlemede

temel öneme sahiptir (Wild vd., 2010). Hemşire, beslenme bakım planının etkinliğini yaranın iyileşme gidişi ve beslenme göstergeleri üzerinden düzenli olarak değerlendirmeli; beklenen iyileşme sağlanmadığında planın ekip ile birlikte yeniden gözden geçirilmesini sağlamalıdır (Munoz vd., 2020).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yara iyileşmesi, her evresinde enerji ve besin ögesi gereksiniminin arttığı karmaşık bir süreçtir. Malnütrisyon kollajen sentezini azaltarak, immün yanıtı zayıflatarak ve enfeksiyon riskini artırarak iyileşmeyi geciktirmekte ve yaraların kronikleşmesine katkıda bulunmaktadır. Protein, arjinin, glutamin, C ve A vitaminleri, çinko ve yeterli sıvı alımı doku onarımında kritik rol oynamaktadır. Özel besin ögesi desteklerinin etkinliğine ilişkin kanıtların kesinliği henüz sınırlı olsa da malnütrisyonlu bireylerde yeterli enerji ve protein sağlanmasının ve bireye özgü beslenme desteğinin yara iyileşmesini destekleyebileceği görülmektedir.

Hastayla en uzun süre birlikte olan sağlık profesyonelleri olarak hemşireler, yara iyileşmesinin beslenme yoluyla desteklenmesinde kilit bir konumdadır. Bu doğrultuda;

- Hastaneye yatışta ve klinik durumda önemli bir değişiklik olduğunda NRS-2002, MUST veya MNA-SF gibi geçerli ve güvenilir araçlarla beslenme taraması yapılmalı, risk saptanan bireyler zamanında diyetisyene yönlendirilmelidir.
- Basınç yarası riski taşıyan ya da yarası olan bireylerin besin ve sıvı alımı, vücut ağırlığı ve yara iyileşme gidişi düzenli olarak izlenmeli ve belgelenmelidir.
- Beslenmeyi olumsuz etkileyen etkenler (iştahsızlık, çiğneme ve yutma güçlüğü, ağız sağlığı sorunları, bağımlılık durumu vb.) belirlenmeli ve bu etkenlere yönelik hemşirelik girişimleri planlanmalıdır.
- Diyetisyen ve multidisipliner ekiple iş birliği içinde, kılavuz önerileri doğrultusunda bireye özgü beslenme bakım planları oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.
- Hasta ve ailesine yara iyileşmesinde beslenmenin önemi, yeterli protein ve sıvı alımı ve ONS kullanımı konusunda eğitim verilmeli, beslenme bakımına aktif katılımları desteklenmelidir.
- Hemşirelerin beslenme taraması ve beslenme bakımı konusundaki bilgi ve becerilerini geliştirmeye yönelik hizmet içi eğitimler düzenlenmeli ve kurumsal beslenme protokolleri oluşturulmalıdır.
- Yara iyileşmesinde beslenme desteğinin etkinliğini inceleyen, yöntemsel kalitesi yüksek ve hemşirelik girişimlerini temel alan randomize kontrollü çalışmaların yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Arribas-López, E., Zand, N., Ojo, O., Snowden, M. J., & Kochhar, T. (2021). The effect of amino acids on wound healing: A systematic review and meta-analysis on arginine and glutamine. *Nutrients, 13*(8), 2498. https://doi.org/10.3390/nu13082498

Barchitta, M., Maugeri, A., Favara, G., Magnano San Lio, R., Evola, G., Agodi, A., & Basile, G. (2019). Nutrition and wound healing: An overview focusing on the beneficial effects of curcumin. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(5), 1119. https://doi.org/10.3390/ijms20051119

Cederholm, T., Jensen, G. L., Correia, M. I. T. D., Gonzalez, M. C., Fukushima, R., Higashiguchi, T., Baptista, G., Barazzoni, R., Blaauw, R., Coats, A., Crivelli, A., Evans, D. C., Gramlich, L., Fuchs-Tarlovsky, V., Keller, H., Llido, L., Malone, A., Mogensen, K. M., Morley, J. E., . . . Compher, C. (2019). GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition – A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clinical Nutrition, 38*(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.002

Cereda, E., Klersy, C., Serioli, M., Crespi, A., D'Andrea, F., & OligoElement Sore Trial Study Group. (2015). A nutritional formula enriched with arginine, zinc, and antioxidants for the healing of pressure ulcers: A randomized trial. *Annals of Internal Medicine, 162*(3), 167–174. https://doi.org/10.7326/M14-0696

European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel, & Pan Pacific Pressure Injury Alliance. (2019). *Prevention and treatment of pressure ulcers/injuries: Clinical practice guideline. The international guideline* (E. Haesler, Ed.; 3rd ed.). EPUAP/NPIAP/PPPIA.

Ghaly, P., Iliopoulos, J., & Ahmad, M. (2021). The role of nutrition in wound healing: An overview. *British Journal of Nursing, 30*(5), S38–S42. https://doi.org/10.12968/bjon.2021.30.5.S38

Guo, S., & DiPietro, L. A. (2010). Factors affecting wound healing. *Journal of Dental Research, 89*(3), 219–229. https://doi.org/10.1177/0022034509359125

Kaiser, M. J., Bauer, J. M., Ramsch, C., Uter, W., Guigoz, Y., Cederholm, T., Thomas, D. R., Anthony, P., Charlton, K. E., Maggio, M., Tsai, A. C., Grathwohl, D., Vellas, B., Sieber, C. C., & MNA-International Group. (2009). Validation of the Mini Nutritional Assessment short-form (MNA-SF): A practical tool for identification of nutritional status. *The Journal of Nutrition, Health & Aging, 13*(9), 782–788. https://doi.org/10.1007/s12603-009-0214-7

Kavalukas, S. L., & Barbul, A. (2011). Nutrition and wound healing: An update. *Plastic and Reconstructive Surgery, 127*(Suppl. 1), 38S–43S. https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318201256c

Kondrup, J., Rasmussen, H. H., Hamberg, O., Stanga, Z., & Ad Hoc ESPEN Working Group. (2003). Nutritional risk screening (NRS 2002): A new method based on an analysis of controlled clinical trials. *Clinical Nutrition, 22*(3), 321–336. https://doi.org/10.1016/s0261-5614(02)00214-5

Langer, G., Wan, C. S., Fink, A., Schwingshackl, L., & Schoberer, D. (2024). Nutritional interventions for preventing and treating pressure ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2024*(2), CD003216. https://doi.org/10.1002/14651858.CD003216.pub3

Lin, P. H., Sermersheim, M., Li, H., Lee, P. H. U., Steinberg, S. M., & Ma, J. (2018). Zinc in wound healing modulation. *Nutrients, 10*(1), 16. https://doi.org/10.3390/nu10010016

Munoz, N., Posthauer, M. E., Cereda, E., Schols, J. M. G. A., & Haesler, E. (2020). The role of nutrition for pressure injury prevention and healing: The 2019 international clinical practice guideline recommendations. *Advances in Skin & Wound Care, 33*(3), 123–136. https://doi.org/10.1097/01.ASW.0000653144.90739.ad

Polcz, M. E., & Barbul, A. (2019). The role of vitamin A in wound healing. *Nutrition in Clinical Practice, 34*(5), 695–700. https://doi.org/10.1002/ncp.10376

Porter, J., Raja, R., Cant, R., & Aroni, R. (2009). Exploring issues influencing the use of the Malnutrition Universal Screening Tool by nurses in two Australian hospitals. *Journal of Human Nutrition and Dietetics, 22*(3), 203–209. https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2008.00932.x

Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients, 9*(8), 866. https://doi.org/10.3390/nu9080866

Saghaleini, S. H., Dehghan, K., Shadvar, K., Sanaie, S., Mahmoodpoor, A., & Ostadi, Z. (2018). Pressure ulcer and nutrition. *Indian Journal of Critical Care Medicine, 22*(4), 283–289. https://doi.org/10.4103/ijccm.IJCCM_277_17

Sarikaya, D., Halil, M., Kuyumcu, M. E., Kilic, M. K., Yesil, Y., Kara, O., Ozturk, S., Gungor, E., Karabulut, E., Balam Yavuz, B., Cankurtaran, M., & Ariogul, S. (2015). Mini nutritional assessment test long and short form are valid screening tools in Turkish older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics, 61*(1), 56–60. https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.04.006

Stechmiller, J. K. (2010). Understanding the role of nutrition and wound healing. *Nutrition in Clinical Practice, 25*(1), 61–68. https://doi.org/10.1177/0884533609358997

Stratton, R. J., Hackston, A., Longmore, D., Dixon, R., Price, S., Stroud, M., King, C., & Elia, M. (2004). Malnutrition in hospital outpatients and inpatients: Prevalence, concurrent validity and ease of use of the 'malnutrition universal screening tool' ('MUST') for adults. *British Journal of Nutrition, 92*(5), 799–808. https://doi.org/10.1079/bjn20041258

Van Den Berg, G., Vermeulen, H., Conroy, T., Van Noort, H., De Van Der Schueren, M., & Huisman-de Waal, G. (2023). Factors influencing the delivery of nutritional care by nurses for hospitalised medical patients with malnutrition; a qualitative study. *Journal of Clinical Nursing, 32*(15–16), 5147–5159. https://doi.org/10.1111/jocn.16614

Volkert, D., Beck, A. M., Cederholm, T., Cruz-Jentoft, A., Hooper, L., Kiesswetter, E., Maggio, M., Raynaud-Simon, A., Sieber, C., Sobotka, L., van Asselt, D., Wirth, R., & Bischoff, S. C. (2022). ESPEN practical guideline: Clinical nutrition and hydration in geriatrics. *Clinical Nutrition, 41*(4), 958–989. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.01.024

Wild, T., Rahbarnia, A., Kellner, M., Sobotka, L., & Eberlein, T. (2010). Basics in nutrition and wound healing. *Nutrition, 26*(9), 862–866. https://doi.org/10.1016/j.nut.2010.05.008

Wilkinson, H. N., & Hardman, M. J. (2020). Wound healing: Cellular mechanisms and pathological outcomes. *Open Biology, 10*(9), 200223. https://doi.org/10.1098/rsob.200223

TOTAL PARENTERAL NÜTRİSYON UYGULAMASINDA HEMŞİRENİN ROLÜ VE ENFEKSİYON KONTROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Emin ATAY[1]/ Dr. Öğr. Üyesi, Gökhan DEGE[2]

1 Mardin Artuklu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları, eminatay@artuklu.edu.tr, 0000-0002-5373-9031

2 Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik, gdege@agri.edu.tr, 0000-0001-9237-770X

Özet

Total parenteral nutrisyon (TPN), gastrointestinal sistemi yeterli ya da güvenli biçimde kullanılamayan hastalara enerji, protein, sıvı, elektrolit, vitamin ve eser elementlerin santral venöz yoldan verilmesini sağlayan, yaşamı destekleyen bir tedavi yöntemidir. Malnütrisyonun önlenmesinde ve tedavisinde önemli bir yeri vardır. Ancak kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları ile metabolik ve mekanik komplikasyonlar gibi ciddi riskleri de beraberinde getirir. Özellikle santral venöz kateterle ilişkili enfeksiyonlar hastanede kalış süresini uzatır, tedavi maliyetlerini artırır ve mortalite riskini yükseltir. Hemşireler, TPN sürecinin hazırlık, uygulama, izlem ve sonlandırma aşamalarının tümünde sorumluluk üstlenir. Bu süreçte hemşirelik bakımının temel bileşenleri şunlardır: el hijyeni, aseptik teknik, kateter giriş yerinin bakımı ve pansuman değişimi, infüzyon setlerinin uygun aralıklarla değiştirilmesi, solüsyonun doğru saklanması ve uygulanması. Bunlara ek olarak hasta kan şekeri, sıvı-elektrolit dengesi ve enfeksiyon belirtileri yönünden izlenir. Enfeksiyon oranlarını azaltmada öne çıkan stratejiler ise kanıta dayalı bakım demetlerinin (bundle) kullanılması, hemşirelerin düzenli eğitimi ve multidisipliner beslenme destek ekibiyle iş birliğidir. Bu derlemenin amacı, TPN uygulamasında hemşirenin rolünü ve sorumluluklarını, enfeksiyon kontrolüne yönelik güncel kanıta dayalı uygulamalarla birlikte ele almaktır. Hemşirelerin bu konudaki bilgi ve becerilerinin güçlendirilmesi, hasta güvenliğine ve bakım kalitesinin artmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Total Parenteral Nutrisyon, Hemşirelik Bakımı, Enfeksiyon Kontrolü, Santral Venöz Kateter,

THE ROLE OF NURSES AND INFECTION CONTROL IN TOTAL PARENTERAL NUTRITION ADMINISTRATION

Asst. Prof., Mehmet Emin ATAY[1]/ Asst. Prof., Gökhan DEGE[2]

1 Mardin Artuklu University, Faculty of Health Sciences, Fundamentals of Nursing, eminatay@artuklu.edu.tr, 0000-0002-5373-9031

2 Ağrı İbrahim Çeçen University, Faculty of Health Sciences, Nutrition and Dietetics, gdege@agri.edu.tr, 0000-0001-9237-770X

Abstract

Total parenteral nutrition (TPN) is a life-sustaining treatment method that provides energy, protein, fluids, electrolytes, vitamins, and trace elements via a central venous route to patients whose gastrointestinal system cannot be used adequately or safely. It plays an important role in the prevention and treatment of malnutrition. However, it also carries serious risks, such as catheter-related bloodstream infections and metabolic and mechanical complications. In particular, central venous catheter-related infections prolong hospital stays, increase treatment costs, and raise the risk of mortality. Nurses assume responsibility for all stages of the TPN process, including preparation, administration, monitoring, and discontinuation. The key components of nursing care during this process include: hand hygiene, aseptic technique, care of the catheter insertion site and dressing changes, replacement of infusion sets at appropriate intervals, and proper storage and administration of the solution. In addition, patients are monitored for blood glucose levels, fluid and electrolyte balance, and signs of infection. Key strategies for reducing infection rates include the use of evidence-based care bundles, regular training for nurses, and collaboration with a multidisciplinary nutrition support team. The purpose of this review is to examine the nurse's role and responsibilities in TPN administration alongside current evidence-based practices for infection control. Strengthening nurses' knowledge and skills in this area will contribute to patient safety and improved quality of care.

Keywords: Total Parenteral Nutrition, Nursing Care, Infection Control, Central Venous Catheter.

1. GİRİŞ

Malnütrisyon, hastanede yatan hastalarda sık karşılaşılan; yara iyileşmesinde gecikme, enfeksiyonlara yatkınlık, hastanede kalış süresinin uzaması ve mortalite artışı ile ilişkili önemli bir klinik sorundur. Avrupa Klinik Nütrisyon ve Metabolizma Derneği (ESPEN), malnütrisyonu yetersiz alım ya da emilim sonucu vücut bileşiminde ve hücre kütlesinde ortaya çıkan, fiziksel ve mental işlevlerin azalmasına ve hastalığın klinik sonuçlarının kötüleşmesine yol açan bir durum olarak tanımlamaktadır (Cederholm vd., 2017). Malnütrisyonun önlenmesi ve tedavisinde öncelikli yol oral ve enteral beslenmedir; ancak gastrointestinal sistemin yeterli ya da güvenli biçimde kullanılamadığı durumlarda parenteral nütrisyon (PN) yaşamı destekleyen bir seçenek hâline gelir (Worthington vd., 2017).

Total parenteral nütrisyon (TPN), hastanın günlük enerji ve besin öğesi gereksiniminin tamamının; karbonhidrat (dekstroz), amino asit, lipid emülsiyonu, sıvı, elektrolit, vitamin ve eser elementlerden oluşan bir solüsyonla, yüksek ozmolaritesi nedeniyle genellikle santral venöz kateter (SVK) aracılığıyla karşılanmasıdır (Boullata vd., 2014; Pittiruti vd., 2009). Yoğun bakım ünitelerinden onkoloji ve cerrahi kliniklerine, kısa bağırsak sendromlu hastaların evde bakımına kadar geniş bir alanda kullanılan TPN, doğru endikasyonla ve güvenli biçimde uygulandığında hastaların beslenme durumunu ve klinik sonuçlarını iyileştirmektedir (Pironi vd., 2020; Singer vd., 2019).

Bununla birlikte TPN; mekanik, metabolik ve enfeksiyöz komplikasyonlar açısından yüksek riskli bir tedavidir. Amerikan Parenteral ve Enteral Beslenme Derneği (ASPEN), PN'yi hatalı uygulandığında ciddi hasta zararına yol açabilecek yüksek riskli bir ilaç tedavisi olarak değerlendirmekte ve order, hazırlama, etiketleme ve uygulama aşamalarının tümünde standart güvenlik önlemleri önermektedir (Ayers vd., 2014). Komplikasyonlar arasında en önemlisi, santral kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonlarıdır (SKİKDE). PN uygulaması, glikozdan zengin içeriği ve lipid emülsiyonlarının mikroorganizma üremesine elverişli yapısı nedeniyle kan dolaşımı enfeksiyonu için bağımsız bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir (Opilla, 2008). SKİKDE'ler hastanede kalış süresini ve maliyetleri artırmakta; sistematik derleme ve meta-analiz verileri bu enfeksiyonların mortalite riskini anlamlı düzeyde yükselttiğini göstermektedir (Ziegler vd., 2015).

Hemşireler, TPN sürecinin hazırlık, uygulama, izlem ve sonlandırma aşamalarının tümünde hastanın başında bulunan ve bakımın sürekliliğini sağlayan sağlık profesyonelleridir. Kateter bakımı, solüsyonun güvenli uygulanması, komplikasyonların erken tanılanması ile hasta ve ailesinin eğitimi büyük ölçüde hemşirelik uygulamalarına bağlıdır (Nickel vd., 2024). Bu nedenle hemşirelerin TPN'ye ilişkin bilgi ve becerilerinin güncel kanıtlarla desteklenmesi, hasta güvenliğinin temel koşullarından biridir.

Bu derlemenin amacı, TPN uygulamasında hemşirenin rolünü ve sorumluluklarını, enfeksiyon kontrolüne yönelik güncel kanıta dayalı uygulamalarla birlikte ele almaktır. Derlemede uluslararası klinik kılavuzlar (ESPEN, ASPEN, CDC/HICPAC, SHEA/IDSA, epic3, Infusion Nurses Society) ile randomize kontrollü çalışma ve meta-analiz sonuçları esas alınmıştır.

2. TOTAL PARENTERAL NÜTRİSYON: TANIM, ENDİKASYONLAR VE İÇERİK

2.1. Endikasyonlar ve Başlama Zamanı

PN; oral ya da enteral yolla beslenmenin mümkün olmadığı, yetersiz kaldığı veya kontrendike olduğu durumlarda endikedir. Başlıca endikasyonlar arasında intestinal yetmezlik ve kısa bağırsak sendromu, mekanik bağırsak tıkanıklığı, ciddi malabsorpsiyon, yüksek debili fistüller, uzamış paralitik ileus, ağır mukozit ve gastrointestinal sistemin dinlendirilmesi gereken durumlar sayılabilir (Worthington vd., 2017). ASPEN'in kanıta dayalı önerilerine göre beslenme durumu iyi olan ve enteral yolla beslenemeyen hastalarda PN'ye genellikle ilk yedi günden sonra başlanması, malnütre ya da malnütrisyon riski yüksek hastalarda ise PN'nin daha erken başlatılması önerilmektedir (Worthington vd., 2017). ESPEN yoğun bakım kılavuzu da enteral beslenmenin

kontrendike olduğu kritik hastalarda PN'nin üç ile yedi gün içinde, ciddi malnütre hastalarda ise erken ve kademeli olarak başlatılmasını önermektedir (Singer vd., 2019).

2.2. Solüsyonun İçeriği ve Uygulama Yolu

TPN solüsyonları dekstroz, amino asit ve lipid emülsiyonunu ayrı ayrı (2'si 1 arada ve ayrı lipid) ya da tek torbada (3'ü 1 arada, total nütrient karışımı) içerebilir; elektrolitler, vitaminler ve eser elementler hastanın gereksinimine göre eklenir (Boullata vd., 2014). Hiperozmolar yapıları nedeniyle TPN solüsyonları periferik venlerde flebit ve tromboza yol açabileceğinden, kateter ucu vena kava superior ile sağ atriyum bileşkesine yakın konumlanan santral venöz yol tercih edilir (Pittiruti vd., 2009). Kısa süreli uygulamalarda tünelsiz SVK ve periferik yolla yerleştirilen santral kateterler (PICC), uzun süreli ve evde PN uygulamalarında ise tünelli kateterler veya implante portlar kullanılır (Pironi vd., 2020; Pittiruti vd., 2009).

3. TPN İLE İLİŞKİLİ KOMPLİKASYONLAR

3.1. Mekanik Komplikasyonlar

Mekanik komplikasyonlar kateterin yerleştirilmesi sırasında ya da kullanım sürecinde gelişebilir. Pnömotoraks, arter ponksiyonu, hematom, kateter malpozisyonu, hava embolisi, kateter oklüzyonu, kateter kırılması ve katetere bağlı venöz tromboz bu grupta yer alır (Pittiruti vd., 2009). Ultrason eşliğinde kateter yerleştirilmesi, kateter ucu pozisyonunun doğrulanması, düzenli yıkama (flushing) ve güvenli sabitleme bu komplikasyonların önlenmesinde temel uygulamalardır (Buetti vd., 2022; Nickel vd., 2024).

3.2. Metabolik Komplikasyonlar

Hiperglisemi, TPN'nin en sık görülen metabolik komplikasyonudur. TPN alan hastalarda hipergliseminin enfeksiyöz komplikasyonlar ve mortalite artışıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir (Cheung vd., 2005). ASPEN, beslenme desteği alan hastanede yatan yetişkinlerde kan glukozunun 140–180 mg/dL aralığında tutulmasını önermektedir (McMahon vd., 2013). Ani infüzyon kesilmesi ya da aşırı insülin uygulamasına bağlı hipoglisemi, sıvı yüklenmesi veya dehidratasyon, elektrolit (sodyum, potasyum, fosfor, magnezyum) dengesizlikleri, hipertrigliseridemi ve uzun süreli kullanımda karaciğer fonksiyon bozuklukları ile metabolik kemik hastalığı diğer metabolik komplikasyonlardır (Dibb vd., 2013).

Uzun süre yetersiz beslenmiş hastalarda beslenmenin hızlı başlatılması, hücre içine fosfor, potasyum ve magnezyum geçişine bağlı olarak yeniden beslenme (refeeding) sendromuna yol açabilir. ASPEN uzlaşı raporu; riskli hastaların önceden belirlenmesini, enerji alımının düşük düzeyde başlatılıp kademeli artırılmasını, beslenmeden önce ve ilk günlerde tiamin desteği verilmesini ve elektrolitlerin ilk günlerde yakından izlenmesini önermektedir (da Silva vd., 2020).

3.3. Enfeksiyöz Komplikasyonlar

Kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları, TPN'nin en ciddi ve en sık karşılaşılan komplikasyonudur; evde PN alan hastalarda da en önemli morbidite nedeni olarak bildirilmektedir (Pironi vd., 2020). Kateter kaynaklı enfeksiyonlar, kısa süreli kateterlerde ağırlıklı olarak giriş yerindeki cilt florasının kateter dış yüzeyi boyunca ilerlemesiyle (ekstraluminal yol); uzun süreli kateterlerde ise kateter göbeği (hub), bağlantı noktaları ve infüzyon sıvısının kontaminasyonu yoluyla (intraluminal yol) gelişir (O'Grady vd., 2011). PN'nin besin açısından zengin içeriği mikroorganizmaların üremesine elverişli bir ortam oluşturduğundan, PN uygulaması SKİKDE için bağımsız bir risk faktörüdür (Opilla, 2008).

Ateş, titreme, kateter infüzyonu sırasında ortaya çıkan hemodinamik dengesizlik, giriş yerinde kızarıklık, akıntı ya da hassasiyet enfeksiyon açısından uyarıcı bulgulardır. Tanıda, antibiyotik başlanmadan önce kateterden ve periferik venden eş zamanlı kan kültürü alınması ve kültürlerin pozitifleşme süreleri arasındaki farkın

değerlendirilmesi önerilmektedir (Mermel vd., 2009). Sistematik derleme ve meta-analiz sonuçları, SKİKDE'nin mortalite riskini yaklaşık 2,75 kat artırdığını göstermektedir (Ziegler vd., 2015).

4. TPN UYGULAMASINDA HEMŞİRENİN ROLÜ VE SORUMLULUKLARI

Hemşirenin TPN sürecindeki rolü, yalnızca solüsyonun infüzyonu ile sınırlı değildir; hastanın değerlendirilmesinden tedavinin sonlandırılmasına kadar uzanan, karar verme, uygulama, izlem, eğitim ve ekip iş birliğini içeren bütüncül bir süreçtir (Nickel vd., 2024). Bu rol, aşağıdaki aşamalar altında ele alınabilir.

4.1. Hazırlık Aşaması

Hazırlık aşamasında hemşire, hastanın beslenme durumunu, sıvı-elektrolit dengesini, kan glukozu ve laboratuvar değerlerini değerlendirir; yeniden beslenme sendromu açısından risk taşıyan hastaları belirleyerek ekibe bildirir (da Silva vd., 2020). Santral kateterin yerleşimi radyolojik olarak doğrulanmadan TPN infüzyonuna başlanmamalıdır (Pittiruti vd., 2009). Hemşire, eczaneden gelen TPN torbasını teslim alırken hekim orderı ile etiketi karşılaştırır; hasta kimliği, içerik, hacim, infüzyon hızı, hazırlanma tarihi ve son kullanma zamanını kontrol eder. ASPEN, bu doğrulamanın mümkünse iki sağlık profesyoneli tarafından bağımsız çift kontrol şeklinde yapılmasını önermektedir (Ayers vd., 2014).

Solüsyon, uygulama öncesinde görsel olarak incelenmelidir. Lipid içeren karışımlarda yağ ayrışması (krem tabakası ya da yağ damlacıkları), çökelti, renk değişikliği veya torbada sızıntı saptanırsa solüsyon uygulanmamalı ve eczane ile iletişime geçilmelidir (Boullata vd., 2014). Buzdolabında (2–8 °C) saklanan torbalar, uygulamadan önce oda sıcaklığına gelmesi için çıkarılmalı; ancak ısıtma amacıyla dış ısı kaynağı kullanılmamalıdır. Işığa duyarlı vitamin içeren solüsyonlar ışıktan korunmalıdır (Boullata vd., 2014).

4.2. Uygulama Aşaması

Uygulama aşaması, enfeksiyon kontrolünün en kritik olduğu süreçtir. Hemşire, el hijyeni ve aseptik teknik kurallarına uyarak infüzyon setini hazırlar ve bağlantıyı yapar. Kılavuzlar, TPN için çok lümenli kateterlerde tek bir lümenin yalnızca PN'ye ayrılmasını ve bu lümenden kan alınmaması, kan ürünü veya başka ilaç verilmemesini önermektedir (O'Grady vd., 2011; Pittiruti vd., 2009). TPN'ye eczane dışında, servis koşullarında herhangi bir ilaç ya da katkı maddesi eklenmemelidir (Ayers vd., 2014).

TPN mutlaka infüzyon pompası ile ve order edilen hızda uygulanmalıdır. İnfüzyonda gecikme olması durumunda hız, "yetişmek" amacıyla artırılmamalıdır; aksi hâlde hiperglisemi ve sıvı yüklenmesi riski ortaya çıkar (Ayers vd., 2014). ASPEN, partikül ve çökeltilerden korunmak amacıyla lipid içermeyen solüsyonlar için 0,22 mikronluk, lipid içeren karışımlar için ise 1,2 mikronluk in-line filtre kullanılmasını önermektedir (Boullata vd., 2014). Tek torbada hazırlanan karışımların infüzyonu, torbanın asılmasından itibaren 24 saat içinde, ayrı verilen lipid emülsiyonlarının infüzyonu ise genellikle 12 saat içinde tamamlanmalıdır (O'Grady vd., 2011).

4.3. İzlem Aşaması

İzlem, komplikasyonların erken tanılanmasının temelini oluşturur. Hemşire, hastanın yaşam bulgularını, özellikle vücut sıcaklığını düzenli olarak izler; aldığı-çıkardığı sıvı takibini yapar ve günlük kilo ölçümünü kaydeder (Dibb vd., 2013). Kan glukozu, TPN başlangıcında ve hız değişikliklerinde daha sık olmak üzere protokole uygun aralıklarla izlenmeli, hedef değerlerin dışındaki sonuçlar ekibe bildirilmelidir (McMahon vd., 2013). Yeniden beslenme sendromu riski bulunan hastalarda fosfor, potasyum ve magnezyum değerleri ilk günlerde yakından takip edilmelidir (da Silva vd., 2020).

Kateter giriş yeri her vardiyada ve pansuman değişimlerinde kızarıklık, ödem, hassasiyet, akıntı ve sızıntı yönünden değerlendirilmelidir (Nickel vd., 2024). Kateterin gerekliliği her gün sorgulanmalı; gerekli olmayan kateterler vakit kaybetmeden çıkarılmalıdır (Buetti vd., 2022; O'Grady vd., 2011). Uygulanan tüm girişimler, gözlemler ve hastanın yanıtı eksiksiz biçimde kayıt altına alınmalıdır.

4.4. Sonlandırma Aşaması

TPN, enteral ya da oral beslenme yeterli düzeye ulaştığında kademeli olarak azaltılarak sonlandırılmalıdır. Ani kesilme, özellikle insülin desteği alan hastalarda rebound hipoglisemiye neden olabileceğinden, infüzyonun planlı biçimde azaltılması ve sonrasında kan glukozunun izlenmesi önemlidir (Worthington vd., 2017). Kateter çıkarılırken hava embolisini önlemeye yönelik önlemler alınmalı, kateter ucunun bütünlüğü kontrol edilmeli ve giriş yeri kapalı pansumanla örtülmelidir (Nickel vd., 2024). Enfeksiyon şüphesi varsa kateter ucunun kültürü ve eş zamanlı kan kültürleri için hekimle iş birliği yapılmalıdır (Mermel vd., 2009).

4.5. Hasta ve Aile Eğitimi

Hemşire, hastayı ve ailesini TPN'nin amacı, kateterin korunması ve enfeksiyon belirtileri konusunda bilgilendirir. Evde PN uygulanacak hastalarda hasta ya da bakım veren kişiye el hijyeni, aseptik bağlantı ve ayırma işlemleri, kateter bakımı, pompa kullanımı ve komplikasyon belirtilerinin tanınması konusunda yapılandırılmış eğitim verilmesi, kateter enfeksiyonlarının önlenmesinde kritik öneme sahiptir (Pironi vd., 2020).

5. TPN UYGULAMASINDA ENFEKSİYON KONTROLÜ: KANITA DAYALI UYGULAMALAR

5.1. El Hijyeni

El hijyeni, kateterle ilişkili enfeksiyonların önlenmesinde en temel ve en etkili uygulamadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), el hijyeninin hasta ile temastan önce, aseptik işlemden önce, vücut sıvılarıyla temas riskinden sonra, hasta ile temastan sonra ve hastanın çevresiyle temastan sonra olmak üzere "beş endikasyon" çerçevesinde uygulanmasını önermektedir (World Health Organization [WHO], 2009). Kateter giriş yerine dokunmadan, pansuman değişiminden ve kateter göbeğine ya da bağlantılara erişimden önce ve sonra alkol bazlı el antiseptiği veya su ve sabunla el hijyeni sağlanmalıdır; eldiven kullanımı el hijyeninin yerini tutmaz (Loveday vd., 2014; O'Grady vd., 2011).

5.2. Aseptik Teknik ve Cilt Antisepsisi

SVK yerleştirilirken maksimum steril bariyer önlemleri (bone, maske, steril önlük, steril eldiven ve hastayı tamamen örten steril örtü) uygulanmalıdır (O'Grady vd., 2011). Cilt antisepsisinde alkol içeren %0,5'ten yüksek konsantrasyonda klorheksidin glukonat solüsyonu önerilmektedir (O'Grady vd., 2011); İngiltere'nin ulusal kılavuzu epic3 ise %70 alkol içinde %2 klorheksidin glukonatı tercih edilen ajan olarak belirtmektedir (Loveday vd., 2014). Çok merkezli randomize kontrollü CLEAN çalışmasında, klorheksidin-alkol ile yapılan cilt antisepsisinin povidon iyot-alkole göre kateterle ilişkili enfeksiyonları anlamlı düzeyde daha fazla azalttığı gösterilmiştir (Mimoz vd., 2015). Antiseptik solüsyonun, işleme başlamadan önce tamamen kuruması beklenmelidir (Nickel vd., 2024).

5.3. Kateter Giriş Yerinin Bakımı ve Pansuman Değişimi

Kateter giriş yeri steril gazlı bez ya da steril, yarı geçirgen şeffaf poliüretan örtü ile kapatılmalıdır. Gazlı bez pansumanların en az iki günde bir, şeffaf örtülerin ise en az yedi günde bir değiştirilmesi; pansumanın nemlenmesi, gevşemesi veya gözle görülür biçimde kirlenmesi durumunda ise beklenmeden yenilenmesi önerilmektedir (O'Grady vd., 2011). Giriş yerine antibiyotikli pomad uygulanmamalıdır (O'Grady vd., 2011).

Klorheksidin emdirilmiş pansumanların etkinliği güçlü kanıtlarla desteklenmektedir. Yoğun bakım hastalarında yapılan büyük ölçekli bir randomize kontrollü çalışmada, klorheksidin jel emdirilmiş pansumanlar majör kateterle ilişkili enfeksiyon hızını %67, kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonu hızını ise %60 oranında azaltmıştır (Timsit vd., 2012). Cochrane sistematik derlemesi de ilaç emdirilmiş pansumanların, diğer pansuman türlerine kıyasla kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonu insidansını azalttığını yüksek kalitede kanıtla ortaya koymuştur (Ullman vd., 2015). Güncel SHEA/IDSA/APIC önerileri de kısa süreli santral kateteri bulunan

yetişkin hastalarda klorheksidinli pansuman kullanımını temel uygulamalar arasında saymaktadır (Buetti vd., 2022).

5.4. Kateter Göbeği, Bağlantılar ve İğnesiz Konnektörlerin Bakımı

Uzun süreli kateterlerde enfeksiyonun başlıca kaynağı intraluminal yoldur. Bu nedenle her erişimden önce kateter göbeği, iğnesiz konnektör ve enjeksiyon portları uygun bir antiseptikle (klorheksidin-alkol, %70 alkol veya povidon iyot) mekanik sürtme yöntemiyle temizlenmeli ve kurumasının ardından yalnızca steril cihazlarla erişilmelidir (Buetti vd., 2022; O'Grady vd., 2011). Sistemin açılma sıklığının en aza indirilmesi, gereksiz bağlantılardan kaçınılması ve PN lümeninin başka amaçlarla kullanılmaması intraluminal kontaminasyon riskini azaltır (Pittiruti vd., 2009).

5.5. İnfüzyon Setlerinin Değiştirilmesi

Kılavuzlar, kan, kan ürünü ya da lipid emülsiyonu uygulanmayan sürekli infüzyon setlerinin 96 saatten daha sık olmamak üzere ve en geç yedi günde bir değiştirilmesini önermektedir (O'Grady vd., 2011). Çok merkezli randomize kontrollü RSVP çalışmasında, santral venöz kateterlerde lipid ya da kan ürünü içermeyen infüzyon setlerinin yedi günde bir değiştirilmesinin, dört günde bir değiştirilmesiyle benzer enfeksiyon sonuçları verdiği gösterilmiştir (Rickard vd., 2021). Buna karşın, lipid emülsiyonu içeren TPN solüsyonlarının (3'ü 1 arada karışımlar veya ayrı lipid infüzyonları) uygulandığı setlerin, lipidin mikroorganizma üremesini kolaylaştırması nedeniyle infüzyonun başlamasından itibaren 24 saat içinde değiştirilmesi gerekmektedir (O'Grady vd., 2011; Nickel vd., 2024). Set değişiminin tarihi ve saati etiketlenmeli ve kayıt altına alınmalıdır.

5.6. Solüsyonun Güvenli Saklanması ve Uygulanması

TPN solüsyonları, mümkün olduğunca eczanede laminar hava akımlı kabinlerde ve aseptik koşullarda hazırlanmalı, hazırlandıktan sonra uygulamaya kadar buzdolabında saklanmalı ve üretici ya da eczane tarafından belirlenen kullanım süresine uyulmalıdır (Boullata vd., 2014). Torba bir kez asıldıktan sonra infüzyon 24 saat içinde tamamlanmalı ve bu sürenin sonunda kalan solüsyon kullanılmamalıdır (O'Grady vd., 2011). Torbada bulanıklık, çökelti veya faz ayrışması olup olmadığı infüzyon boyunca da gözlenmelidir (Boullata vd., 2014).

5.7. Kanıta Dayalı Bakım Demetleri (Bundle)

Bakım demetleri, tek tek uygulandığında etkili olduğu bilinen az sayıdaki kanıta dayalı girişimin birlikte ve eksiksiz uygulanmasını esas alan yaklaşımlardır. Bu yaklaşımın etkinliğini gösteren en bilinen çalışma, Michigan'da 103 yoğun bakım ünitesinde yürütülen Keystone projesidir. El hijyeni, kateter takılırken tam bariyer önlemleri, klorheksidin ile cilt antisepsisi, femoral bölgeden kaçınılması ve gereksiz kateterlerin çıkarılmasından oluşan demetin uygulanmasıyla SKİKDE hızı belirgin biçimde azalmış ve bu azalma 18 ay boyunca sürdürülmüştür (Pronovost vd., 2006). Kalite iyileştirme girişimlerini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analiz de bakım demetleri ve kontrol listelerini içeren girişimlerin SKİKDE hızını anlamlı düzeyde azalttığını ortaya koymuştur (Blot vd., 2014).

Bakım demetleri yalnızca kateterin takılma aşamasıyla sınırlı değildir. Kateterin kullanım sürecine yönelik "bakım (idame) demetleri"; günlük kateter gerekliliği değerlendirmesi, giriş yeri bakımı, kateter göbeğinin dezenfeksiyonu, set değişimlerinin zamanında yapılması ve klorheksidin ile banyo gibi uygulamaları kapsamaktadır ve bu uygulamaların sorumluluğu büyük ölçüde hemşirelere aittir (Buetti vd., 2022). Demet uyumunun düzenli olarak denetlenmesi ve ekiple geri bildirim paylaşılması, kazanımların sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Blot vd., 2014).

5.8. Hemşirelerin Eğitimi ve Yetkinliği

Kılavuzlar, santral kateter yerleştiren ve bakımını yapan sağlık çalışanlarının kateter kullanım endikasyonları, uygun yerleştirme ve bakım işlemleri ile enfeksiyon kontrol önlemleri konusunda düzenli olarak

eğitilmesini ve yetkinliklerinin periyodik olarak değerlendirilmesini önermektedir (O'Grady vd., 2011). Infusion Nurses Society standartları da infüzyon tedavisi uygulayan hemşirelerin yetkinliklerinin belgelenmesini, sürekli eğitimle güncellenmesini ve kurum politikalarının kanıta dayalı olarak yapılandırılmasını vurgulamaktadır (Nickel vd., 2024). Eğitimin bakım demetleri, kontrol listeleri ve geri bildirimle birlikte uygulandığı çok bileşenli girişimler, enfeksiyon hızlarının azaltılmasında tek başına eğitime göre daha etkili sonuçlar vermektedir (Blot vd., 2014; Buetti vd., 2022).

5.9. Multidisipliner Beslenme Destek Ekibi ile İş Birliği

TPN; hekim, eczacı, diyetisyen ve hemşireden oluşan multidisipliner bir beslenme destek ekibinin iş birliğini gerektiren karmaşık bir tedavidir. ASPEN, PN sürecinin endikasyon belirleme, order, hazırlama ve uygulama aşamalarının bu uzmanlıkları içeren bir ekip tarafından yönetilmesini önermektedir (Ayers vd., 2014). Ekip yaklaşımı; uygunsuz PN kullanımını, metabolik komplikasyonları ve kateterle ilişkili enfeksiyonları azaltmada önemli bir rol oynamaktadır (Dibb vd., 2013; Pironi vd., 2020). Bu ekipte hemşire, hastanın başında sürekli gözlem yapan, komplikasyonları ilk fark eden ve ekip içi iletişimi sağlayan konumuyla kilit bir üyedir.

Tablo 1. TPN Uygulamasında Kanıta Dayalı Hemşirelik Uygulamaları ve Enfeksiyon Kontrol Önlemleri

Uygulama alanı	Temel öneri	Kaynak
El hijyeni	Kateter ve bağlantılarla her temastan önce ve sonra alkol bazlı el antiseptiği veya su-sabunla el hijyeni; DSÖ beş endikasyonu	WHO, 2009; Loveday vd., 2014
Cilt antisepsisi	Alkol içeren >%0,5 klorheksidin; kurumasının beklenmesi	O'Grady vd., 2011; Mimoz vd., 2015
Pansuman	Gazlı bez en az 2 günde bir, şeffaf örtü en az 7 günde bir; nemli, gevşek, kirli ise hemen değişim; klorheksidinli pansuman	O'Grady vd., 2011; Timsit vd., 2012; Ullman vd., 2015
Kateter lümeni ve bağlantılar	PN için ayrılmış tek lümen; her erişimden önce kateter göbeği ve konnektörün sürtülerek dezenfeksiyonu	Pittiruti vd., 2009; Buetti vd., 2022
İnfüzyon setleri	Lipid içeren setler 24 saatte bir; lipid ve kan ürünü içermeyen setler 96 saat ile 7 gün arasında	O'Grady vd., 2011; Rickard vd., 2021
Solüsyon	Order-etiket bağımsız çift kontrolü; görsel inceleme; 2–8 °C'de saklama; 24 saatte tamamlama; infüzyon pompası ve uygun filtre	Ayers vd., 2014; Boullata vd., 2014
Metabolik izlem	Kan glukozu hedefi 140–180 mg/dL; elektrolitler; yeniden beslenme sendromu riski; günlük kilo ve sıvı dengesi	McMahon vd., 2013; da Silva vd., 2020
Kateter gerekliliği	Gerekliliğin her gün değerlendirilmesi; gereksiz kateterin çıkarılması	O'Grady vd., 2011; Buetti vd., 2022
Eğitim ve ekip	Düzenli eğitim ve yetkinlik değerlendirmesi; bakım demeti ve kontrol listeleri; multidisipliner beslenme destek ekibi	Pronovost vd., 2006; Blot vd., 2014; Nickel vd., 2024

Not: Tablo, metinde değerlendirilen kılavuz ve çalışmalardan yazarlar tarafından derlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

TPN, gastrointestinal sistemi kullanılamayan hastalarda malnütrisyonun önlenmesi ve tedavisinde yaşamı destekleyen, ancak mekanik, metabolik ve özellikle enfeksiyöz komplikasyonlar bakımından yüksek riskli bir tedavidir. Kateterle ilişkili kan dolaşımı enfeksiyonları, büyük ölçüde önlenebilir nitelikte olmasına karşın hastanede kalış süresini, maliyetleri ve mortaliteyi artırmaya devam etmektedir. Bu derlemede ele alınan kanıtlar,

TPN sürecinin hazırlık, uygulama, izlem ve sonlandırma aşamalarının tümünde hemşirenin belirleyici bir rol üstlendiğini ve hemşirelik uygulamalarının kalitesinin hasta sonuçlarını doğrudan etkilediğini göstermektedir.

El hijyeni, maksimum steril bariyer önlemleri, klorheksidin ile cilt antisepsisi, klorheksidinli pansuman kullanımı, kateter göbeği ve konnektörlerin dezenfeksiyonu, PN için ayrılmış lümen kullanımı, infüzyon setlerinin lipid içeriğine uygun aralıklarla değiştirilmesi ve solüsyonun güvenli saklanıp uygulanması, enfeksiyon kontrolünün temel bileşenleridir. Bu uygulamaların bakım demetleri hâlinde eksiksiz uygulanması, düzenli eğitim ve geri bildirimle desteklenmesi ve multidisipliner beslenme destek ekibiyle iş birliği içinde sürdürülmesi, enfeksiyon hızlarını anlamlı düzeyde azaltmaktadır.

Bu doğrultuda; (1) kurumlarda TPN uygulamasına yönelik güncel uluslararası kılavuzlara dayalı yazılı protokollerin ve kontrol listelerinin oluşturulması, (2) hemşirelere yönelik düzenli hizmet içi eğitim programlarının planlanması ve yetkinliklerin periyodik olarak değerlendirilmesi, (3) kateter takma ve bakım demetlerine uyumun izlenerek ekiple geri bildirim paylaşılması, (4) her kurumda hemşirenin aktif üye olduğu multidisipliner beslenme destek ekiplerinin kurulması ve (5) evde PN alan hastalar ve bakım verenler için yapılandırılmış eğitim programlarının geliştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca ülkemizde TPN uygulanan hastalarda hemşirelik girişimlerinin enfeksiyon sonuçlarına etkisini değerlendiren randomize kontrollü ve çok merkezli çalışmaların artırılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Ayers, P., Adams, S., Boullata, J., Gervasio, J., Holcombe, B., Kraft, M. D., Marshall, N., Neal, A., Sacks, G., Seres, D. S., & Worthington, P. (2014). A.S.P.E.N. parenteral nutrition safety consensus recommendations. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 38*(3), 296–333. https://doi.org/10.1177/0148607113511992

Blot, K., Bergs, J., Vogelaers, D., Blot, S., & Vandijck, D. (2014). Prevention of central line-associated bloodstream infections through quality improvement interventions: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Infectious Diseases, 59*(1), 96–105. https://doi.org/10.1093/cid/ciu239

Boullata, J. I., Gilbert, K., Sacks, G., Labossiere, R. J., Crill, C., Goday, P., Kumpf, V. J., Mattox, T. W., Plogsted, S., & Holcombe, B. (2014). A.S.P.E.N. clinical guidelines: Parenteral nutrition ordering, order review, compounding, labeling, and dispensing. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 38*(3), 334–377. https://doi.org/10.1177/0148607114521833

Buetti, N., Marschall, J., Drees, M., Fakih, M. G., Hadaway, L., Maragakis, L. L., Monsees, E., Novosad, S., O'Grady, N. P., Rupp, M. E., Wolf, J., Yokoe, D., & Mermel, L. A. (2022). Strategies to prevent central line-associated bloodstream infections in acute-care hospitals: 2022 update. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 43*(5), 553–569. https://doi.org/10.1017/ice.2022.87

Cederholm, T., Barazzoni, R., Austin, P., Ballmer, P., Biolo, G., Bischoff, S. C., Compher, C., Correia, I., Higashiguchi, T., Holst, M., Jensen, G. L., Malone, A., Muscaritoli, M., Nyulasi, I., Pirlich, M., Rothenberg, E., Schindler, K., Schneider, S. M., de van der Schueren, M. A., … Singer, P. (2017). ESPEN guidelines on definitions and terminology of clinical nutrition. *Clinical Nutrition, 36*(1), 49–64. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.09.004

Cheung, N. W., Napier, B., Zaccaria, C., & Fletcher, J. P. (2005). Hyperglycemia is associated with adverse outcomes in patients receiving total parenteral nutrition. *Diabetes Care, 28*(10), 2367–2371. https://doi.org/10.2337/diacare.28.10.2367

da Silva, J. S. V., Seres, D. S., Sabino, K., Adams, S. C., Berdahl, G. J., Citty, S. W., Cober, M. P., Evans, D. C., Greaves, J. R., Gura, K. M., Michalski, A., Plogsted, S., Sacks, G. S., Tucker, A. M., Worthington, P., Walker, R. N., & Ayers, P. (2020). ASPEN consensus recommendations for refeeding syndrome. *Nutrition in Clinical Practice, 35*(2), 178–195. https://doi.org/10.1002/ncp.10474

Dibb, M., Teubner, A., Theis, V., Shaffer, J., & Lal, S. (2013). Review article: The management of long-term parenteral nutrition. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics, 37*(6), 587–603. https://doi.org/10.1111/apt.12209

Loveday, H. P., Wilson, J. A., Pratt, R. J., Golsorkhi, M., Tingle, A., Bak, A., Browne, J., Prieto, J., & Wilcox, M. (2014). epic3: National evidence-based guidelines for preventing healthcare-associated infections in NHS hospitals in England. *Journal of Hospital Infection, 86*(Suppl. 1), S1–S70. https://doi.org/10.1016/S0195-6701(13)60012-2

McMahon, M. M., Nystrom, E., Braunschweig, C., Miles, J., & Compher, C. (2013). A.S.P.E.N. clinical guidelines: Nutrition support of adult patients with hyperglycemia. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 37*(1), 23–36. https://doi.org/10.1177/0148607112452001

Mermel, L. A., Allon, M., Bouza, E., Craven, D. E., Flynn, P., O'Grady, N. P., Raad, I. I., Rijnders, B. J. A., Sherertz, R. J., & Warren, D. K. (2009). Clinical practice guidelines for the diagnosis and management of intravascular catheter-related infection: 2009 update by the Infectious Diseases Society of America. *Clinical Infectious Diseases, 49*(1), 1–45. https://doi.org/10.1086/599376

Mimoz, O., Lucet, J. C., Kerforne, T., Pascal, J., Souweine, B., Goudet, V., Mercat, A., Bouadma, L., Lasocki, S., Alfandari, S., Friggeri, A., Wallet, F., Allou, N., Ruckly, S., Balayn, D., Lepape, A., & Timsit, J. F. (2015). Skin antisepsis with chlorhexidine-alcohol versus povidone iodine-alcohol, with and without skin scrubbing, for prevention of intravascular-catheter-related infection (CLEAN): An open-label, multicentre, randomised, controlled, two-by-two factorial trial. *The Lancet, 386*(10008), 2069–2077. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00244-5

Nickel, B., Gorski, L., Kleidon, T., Kyes, A., DeVries, M., Keogh, S., Meyer, B., Sarver, M. J., Crickman, R., Ong, J., Clare, S., & Hagle, M. E. (2024). Infusion therapy standards of practice, 9th edition. *Journal of Infusion Nursing, 47*(1S Suppl. 1), S1–S285. https://doi.org/10.1097/NAN.0000000000000532

O'Grady, N. P., Alexander, M., Burns, L. A., Dellinger, E. P., Garland, J., Heard, S. O., Lipsett, P. A., Masur, H., Mermel, L. A., Pearson, M. L., Raad, I. I., Randolph, A. G., Rupp, M. E., & Saint, S. (2011). Guidelines for the prevention of intravascular catheter-related infections. *Clinical Infectious Diseases, 52*(9), e162–e193. https://doi.org/10.1093/cid/cir257

Opilla, M. (2008). Epidemiology of bloodstream infection associated with parenteral nutrition. *American Journal of Infection Control, 36*(10), S173.e5–S173.e8. https://doi.org/10.1016/j.ajic.2008.10.007

Pironi, L., Boeykens, K., Bozzetti, F., Joly, F., Klek, S., Lal, S., Lichota, M., Mühlebach, S., Van Gossum, A., Wanten, G., Wheatley, C., & Bischoff, S. C. (2020). ESPEN guideline on home parenteral nutrition. *Clinical Nutrition, 39*(6), 1645–1666. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.03.005

Pittiruti, M., Hamilton, H., Biffi, R., MacFie, J., & Pertkiewicz, M. (2009). ESPEN guidelines on parenteral nutrition: Central venous catheters (access, care, diagnosis and therapy of complications). *Clinical Nutrition, 28*(4), 365–377. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.03.015

Pronovost, P., Needham, D., Berenholtz, S., Sinopoli, D., Chu, H., Cosgrove, S., Sexton, B., Hyzy, R., Welsh, R., Roth, G., Bander, J., Kepros, J., & Goeschel, C. (2006). An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *The New England Journal of Medicine, 355*(26), 2725–2732. https://doi.org/10.1056/NEJMoa061115

Rickard, C. M., Marsh, N. M., Larsen, E. N., McGrail, M. R., Graves, N., Runnegar, N., Webster, J., Corley, A., McMillan, D., Gowardman, J. R., Long, D. A., Fraser, J. F., Gill, F. J., Young, J., Murgo, M., Alexandrou, E., Choudhury, M. A., Chan, R. J., Gavin, N. C., … Playford, E. G. (2021). Effect of infusion set replacement intervals on catheter-related bloodstream infections (RSVP): A randomised, controlled, equivalence (central venous access device)-non-inferiority (peripheral arterial catheter) trial. *The Lancet, 397*(10283), 1447–1458. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00351-2

Singer, P., Blaser, A. R., Berger, M. M., Alhazzani, W., Calder, P. C., Casaer, M. P., Hiesmayr, M., Mayer, K., Montejo, J. C., Pichard, C., Preiser, J. C., van Zanten, A. R. H., Oczkowski, S., Szczeklik, W., & Bischoff, S. C. (2019). ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clinical Nutrition, 38*(1), 48–79. https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.08.037

Timsit, J. F., Mimoz, O., Mourvillier, B., Souweine, B., Garrouste-Orgeas, M., Alfandari, S., Plantefeve, G., Bronchard, R., Troche, G., Gauzit, R., Antona, M., Canet, E., Bohe, J., Lepape, A., Vesin, A., Arrault, X., Schwebel, C., Adrie, C., Zahar, J. R., … Lucet, J. C. (2012). Randomized controlled trial of chlorhexidine dressing and highly adhesive dressing for preventing catheter-related infections in critically ill adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 186*(12), 1272–1278. https://doi.org/10.1164/rccm.201206-1038OC

Ullman, A. J., Cooke, M. L., Mitchell, M., Lin, F., New, K., Long, D. A., Mihala, G., & Rickard, C. M. (2015). Dressings and securement devices for central venous catheters (CVC). *Cochrane Database of Systematic Reviews, 2015*(9), Article CD010367. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010367.pub2

World Health Organization. (2009). *WHO guidelines on hand hygiene in health care: First global patient safety challenge. Clean care is safer care*. World Health Organization.

Worthington, P., Balint, J., Bechtold, M., Bingham, A., Chan, L. N., Durfee, S., Jevenn, A. K., Malone, A., Mascarenhas, M., Robinson, D. T., & Holcombe, B. (2017). When is parenteral nutrition appropriate? *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 41*(3), 324–377. https://doi.org/10.1177/0148607117695251

Ziegler, M. J., Pellegrini, D. C., & Safdar, N. (2015). Attributable mortality of central line associated bloodstream infection: Systematic review and meta-analysis. *Infection, 43*(1), 29–36. https://doi.org/10.1007/s15010-014-0689-y

ALLIUM SCHOENOPRASUM VE *CHAEROPHYLLUM HAKKIARICUM*'UN OTLU PEYNİRİN MİKROBİYAL YÜK VE ÇEŞİTLİLİĞİNE ETKİSİ

Besra ÖZDEMİR[1]/ Kübra DURMAN[2]/ Dr. Öğr. Üyesi, Bahadır TÖRÜN[3]

[1]Hakkari Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, obesra23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-8942-6648

[2]Hakkari Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı, Tıbbi Laboratuvar Teknikleri, kubradurman148@gmail.com

[3]Hakkari Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, bahadirtorun@hakkari.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5142-1882

Özet

Otlu peynir, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da yabani bitkiler katılarak geleneksel yöntemlerle üretilen yöresel bir peynirdir; ancak katılan bitkilerin peynir mikrobiyotası üzerindeki etkisi yeterince bilinmemektedir. Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle üretilmiş otsuz (kontrol), *Chaerophyllum hakkiaricum* katkılı ve *Allium schoenoprasum* katkılı peynirlerin mikrobiyal yükü ve kültüre edilebilen mikrobiyal çeşitliliği karşılaştırılmıştır. Örneklerde toplam aerobik mezofilik bakteri (TSA), koliform ve şüpheli *Escherichia coli* (EMB agar) ile laktik asit bakterisi (LAB; MRS agar) sayımları yapılmış; pH ve tuz (Mohr yöntemi) içerikleri belirlenmiştir. Farklı koloni morfotiplerini temsil eden 30 izolat MALDI-TOF MS ile tanımlanmıştır. Toplam bakteri yükü kontrol peynirinde 7,53 log KOB/g iken *C. hakkiaricum* ve *A. schoenoprasum* katkılı peynirlerde sırasıyla 6,49 ve 6,81 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Koliform yükü otlu peynirlerde kontrole (7,24 log KOB/g) göre sırasıyla 2,8 ve 1,1 log daha düşük bulunmuştur. *A. schoenoprasum* katkılı peynir en yüksek LAB yüküne (7,22 log KOB/g) sahip olmuş ve bu peynirden izole edilen bakterilerin tamamı LAB (*Enterococcus faecalis*, *E. durans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Levilactobacillus brevis*) olarak tanımlanmıştır. Kontrol peynirinde ise *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca* ve *Enterobacter* spp. gibi Enterobacterales üyeleri baskın olmuştur. *C. hakkiaricum* katkılı peynir, en düşük tuz içeriğine (%3,51; diğerlerinde %7,01–7,60) karşın tüm gruplarda en düşük sayımları vermiştir; bu durum gözlenen farklılıkların tuz içeriğiyle açıklanamayacağını düşündürmektedir. Peynirlerin pH değerleri 5,52–5,65 arasında değişmiştir. Sonuçlar, ot ilavesinin geleneksel peynirin mikrobiyal profiliyle ilişkili olabileceğini göstermektedir. Ancak her peynir tipinden tek örnek analiz edildiğinden bulgular ön çalışma niteliğindedir ve daha fazla sayıda örnekle doğrulanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Otlu peynir, *Allium schoenoprasum*, *Chaerophyllum hakkiaricum*, MALDI-TOF MS, mikrobiyal çeşitlilik.

Bu proje TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir (Proje No: 1919B012510999). Deneyler Hakkari Üniversitesi Biyolojik Çeşitlilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

EFFECT OF *ALLIUM SCHOENOPRASUM* AND *CHAEROPHYLLUM HAKKIARICUM* ON THE MICROBIAL LOAD AND DIVERSITY OF HERBY CHEESE

Besra ÖZDEMİR[1]/ Kübra DURMAN[2]/ Asst. Prof. Dr., Bahadır TÖRÜN[3]

[1]Hakkari University, Vocational School of Health Services, Medical Laboratory Techniques Programme, Medical Laboratory Techniques, obesra23@gmail.com, ORCID: 0009-0003-8942-6648

[2]Hakkari University, Vocational School of Health Services, Medical Laboratory Techniques Programme, Medical Laboratory Techniques, kubradurman148@gmail.com

[3]Hakkari University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, bahadirtorun@hakkari.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5142-1882

Abstract

Herby cheese is a traditional cheese produced in Eastern and Southeastern Anatolia with the addition of wild plants; however, the effect of these plants on the cheese microbiota is poorly understood. In this study, the microbial load and culturable microbial diversity of traditionally produced cheeses without herbs (control), with *Chaerophyllum hakkiaricum* and with *Allium schoenoprasum* were compared. Total aerobic mesophilic bacteria (TSA), coliforms and presumptive *Escherichia coli* (EMB agar), and lactic acid bacteria (LAB; MRS agar) were enumerated, and pH and salt content (Mohr method) were determined. Thirty isolates representing different colony morphotypes were identified by MALDI-TOF MS. Total bacterial load was 7.53 log CFU/g in the control cheese, compared with 6.49 and 6.81 log CFU/g in the *C. hakkiaricum* and *A. schoenoprasum* cheeses, respectively. Coliform counts in the herby cheeses were 2.8 and 1.1 log lower than in the control (7.24 log CFU/g). The *A. schoenoprasum* cheese had the highest LAB count (7.22 log CFU/g), and all bacterial isolates from this cheese were LAB (*Enterococcus faecalis*, *E. durans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Levilactobacillus brevis*). In contrast, members of Enterobacterales such as *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca* and *Enterobacter* spp. dominated the control cheese. Despite having the lowest salt content (3.51% vs 7.01–7.60%), the *C. hakkiaricum* cheese gave the lowest counts in all groups, suggesting that the observed differences cannot be explained by salt content. pH values ranged from 5.52 to 5.65. The results indicate that herb addition may be associated with the microbial profile of traditional cheese. However, as a single cheese of each type was analysed, the findings are preliminary and should be confirmed with a larger number of samples.

Keywords: Herby cheese, *Allium schoenoprasum*, *Chaerophyllum hakkiaricum*, MALDI-TOF MS, microbial diversity.

This project was supported by the TÜBİTAK 2209-A Research Projects Support Programme for Undergraduate Students (Project No: 1919B012510999). The experiments were performed at Hakkari University Biological Diversity Application and Research Center.

GİRİŞ

Geleneksel peynirler çoğunlukla küçük ölçekli işletmelerde, starter kültür kullanılmadan üretildiğinden mikrobiyal yükleri ve bileşimleri; sütün niteliğine, üretim hijyenine ve olgunlaşma koşullarına bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir (Hayaloğlu vd., 2002). Laktik asit bakterileri (LAB) peynirin olgunlaşması ve aroma oluşumunda temel rol oynarken, koliform bakteriler üretim hijyeninin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun yöresel ürünlerinden olan otlu peynire katılan bitkilerin bu mikrobiyal ekoloji üzerindeki etkisinin ortaya konulması, hem gıda güvenliği hem de yöresel ürünlerin standardizasyonu açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerle üretilmiş otsuz (kontrol), *Chaerophyllum hakkiaricum* katkılı ve *Allium schoenoprasum* katkılı peynirlerde toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform/*E. coli* ve LAB yüklerinin belirlenmesi; izolatların MALDI-TOF MS ile tanımlanarak kültüre edilebilen mikrobiyal çeşitliliğin karşılaştırılması ve bu verilerin peynirlerin pH ve tuz içerikleriyle birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Otlu Peynir

Türkiye, zengin süt ürünleri çeşitliliği ve köklü yöresel peynir kültürüyle dikkat çeken bir ülkedir. Otlu peynir; Van başta olmak üzere Ağrı, Bitlis, Siirt, Diyarbakır ve Batman gibi illerde, yörede yetişen yabani bitkilerin katılmasıyla geleneksel yöntemlerle üretilen yarı sert ve tuzlu bir peynirdir. Otlu peynire 9 farklı familyaya ait 60'tan fazla bitki türünün katıldığı; bunlar arasında *Allium* sp., *Chaerophyllum* sp., *Ferula* sp., *Heracleum* sp. ve *Thymus* sp. gibi türlerin öne çıktığı bildirilmektedir (Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020). Hakkari yöresinde de otlu peynir yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. Peynire katılan bitkilerin ürünü C vitamini, ham lif ve makro-mikro elementler bakımından zenginleştirdiği, içerdikleri biyoaktif bileşenler aracılığıyla da antimikrobiyal ve antioksidan özellikler kazandırdığı ileri sürülmektedir (Eryiğit vd., 2020; Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020).

1.2. *Allium schoenoprasum* L.

Allium schoenoprasum L., Doğu Anadolu'nun 2000–3300 m yükseltideki alpin çayırlarında doğal olarak yetişen ve otlu peynir üretiminde kullanılan *Allium* türlerinden biridir (Güldigen ve Şensoy, 2016). Bitki; kaempferol, kuersetin ve izoramnetin gibi flavonoidler, fenolik asitler ve kükürtlü uçucu bileşikler içermekte olup antioksidan, antimikrobiyal ve antienflamatuvar etkileri rapor edilmiştir (Hashimoto vd., 1983; Singh vd., 2018; Štajner vd., 2004).

1.3. *Chaerophyllum hakkiaricum* Hedge & Lamond

Chaerophyllum hakkiaricum, Apiaceae familyasına ait ve Hakkari ile Van yörelerinde yayılış gösteren endemik bir türdür (Hedge ve Lamond, 1971). Yörede "bıttım" adıyla bilinen bitki; otlu peynir yapımında kullanılmakta, ayrıca çiğ veya yağda kızartılarak tüketilmektedir. Ancak türün fitokimyasal özellikleri ve özellikle peynir mikrobiyotası üzerindeki etkisine ilişkin bilimsel bir veri bulunmamaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Örnekler

Çalışmada geleneksel yöntemlerle üretilmiş üç peynir örneği kullanılmıştır: otsuz peynir (kontrol), *C. hakkiaricum* katkılı otlu peynir ve *A. schoenoprasum* katkılı otlu peynir. Örnekler aseptik koşullarda steril kaplara alınarak laboratuvara getirilmiş ve analiz edilmiştir. Analizler Hakkari Üniversitesi Biyolojik Çeşitlilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

2.2. pH ve Tuz Tayini

pH ölçümü için 10 g peynir 90 mL steril saf su ile homojenize edilmiş ve pH değeri pH metre ile ölçülmüştür. Tuz içeriği Mohr yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla 10 g peynir 40 °C'deki saf su ile 100 mL'ye tamamlanmış, karıştırılmış ve 5 mL'lik kısım %5'lik K_2CrO_4 indikatörü varlığında 0,1 N $AgNO_3$ ile kalıcı kiremit kırmızısı renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Tuz içeriği % NaCl = (V × N × 0,05844 × 20 × 100) / m eşitliğiyle hesaplanmıştır (V: harcanan $AgNO_3$, mL; N: 0,1; 20: seyreltme faktörü; m: örnek miktarı, 10 g).

2.3. Mikrobiyolojik Analizler

Her örnekten 10 g peynir 90 mL steril peptonlu su ile homojenize edilmiş (10^{-1}) ve steril peptonlu su ile 10^{-2}–10^{-7} seri dilüsyonları hazırlanmıştır. Uygun dilüsyonlardan 0,1 mL yayma yöntemiyle Tryptic Soy Agar (TSA; toplam aerobik mezofilik bakteri, 37 °C, 48 saat), Eosin Methylene Blue (EMB) agar (koliform bakteriler ve metalik yeşil parlaklık veren şüpheli *E. coli* kolonileri, 37 °C, 48 saat) ve MRS agara (LAB, 30 °C, 48 saat, anaerobik) ekilmiştir. 30–300 koloni içeren plaklar sayılmış ve sonuçlar koloni oluşturan birim (KOB/g) ve $\log_{10}$ KOB/g olarak ifade edilmiştir.

2.4. İzolasyon ve MALDI-TOF MS ile Tanımlama

Her örneğin farklı besiyerlerinde gelişen kolonileri arasından, koloni morfolojisine göre farklı morfotipleri temsil eden toplam 30 izolat (TSA'dan 13, EMB agardan 10, MRS agardan 7) seçilmiş ve saflaştırılmıştır. İzolatlar Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde Bruker MALDI Biotyper sistemi ile tanımlanmıştır. İlk analizde güvenilir skor elde edilemeyen 16 izolat yeniden kültüre alınarak tekrar analiz edilmiştir. Skorlar üretici firmanın kriterlerine göre değerlendirilmiştir: ≥2,300 güvenilir tür; 2,000–2,299 güvenilir cins/olası tür; 1,700–1,999 olası cins düzeyinde tanımlama.

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Her peynir tipinden birer örnek analiz edildiğinden gruplar arası istatistiksel karşılaştırma ve korelasyon analizi yapılamamış; veriler $\log_{10}$ KOB/g değerleri, tanımlanan tür sayısı ve izolatların taksonomik dağılımı üzerinden betimsel olarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. pH ve Tuz İçeriği

Peynirlerin pH değerleri 5,52–5,65 arasında belirlenmiş olup otlu peynirlerin pH değerleri kontrol peynirinden bir miktar düşük bulunmuştur. Tuz içeriği kontrol (%7,01) ve *A. schoenoprasum* katkılı peynirde (%7,60) birbirine yakın iken, *C. hakkiaricum* katkılı peynirde yaklaşık yarı düzeyde (%3,51) saptanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Peynir örneklerinin pH değerleri ve tuz içerikleri

Örnek	pH	Harcanan $AgNO_3$ (mL)	Tuz (% NaCl)
Kontrol (otsuz)	5,65	6,0	7,01
C. hakkiaricum katkılı	5,52	3,0	3,51
A. schoenoprasum katkılı	5,56	6,5	7,60

3.2. Mikrobiyal Yük

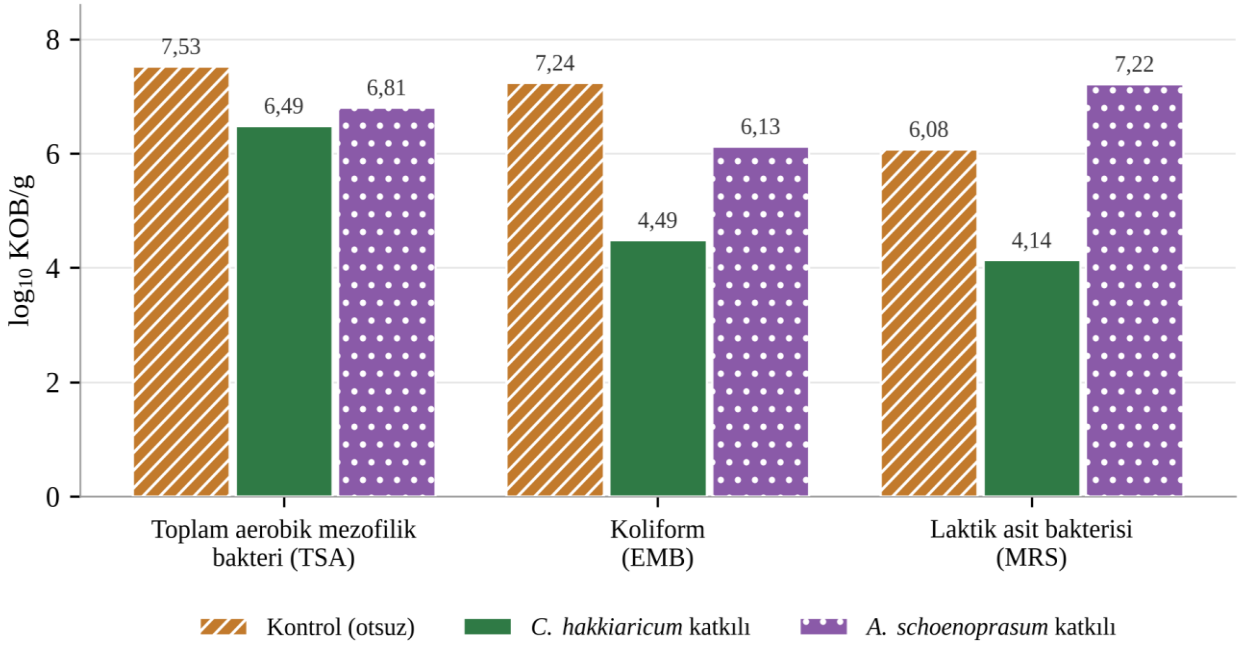
Kontrol peyniri tüm indikatör gruplar bakımından en yüksek yüke sahip olmuştur (Tablo 2, Şekil 1). Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı kontrol peynirinde 7,53 log KOB/g iken *A. schoenoprasum* ve *C. hakkiaricum* katkılı peynirlerde sırasıyla 6,81 ve 6,49 log KOB/g olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki en belirgin fark koliform bakterilerde gözlenmiş; koliform yükü kontrol peynirinde 7,24 log KOB/g iken *A. schoenoprasum* katkılı peynirde 6,13, *C. hakkiaricum* katkılı peynirde ise 4,49 log KOB/g düzeyinde kalmıştır. Şüpheli *E. coli* yükü kontrol peynirinde 6,34 log KOB/g iken *C. hakkiaricum* katkılı peynirde tahmini 3,00 log KOB/g düzeyinde bulunmuş, *A. schoenoprasum* katkılı peynirde ise tespit sınırının (4,00 log KOB/g) altında kalmıştır. LAB yükü ise en yüksek *A. schoenoprasum* katkılı peynirde (7,22 log KOB/g) belirlenmiş olup bu örnekte LAB sayısı toplam bakteri sayısıyla aynı düzeydedir.

Tablo 2. Peynir örneklerinin mikrobiyal yükleri [KOB/g ($\log_{10}$ KOB/g)]

Mikroorganizma grubu (besiyeri)	**Kontrol (otsuz)**	***C. hakkiaricum* katkılı**	***A. schoenoprasum* katkılı**
Toplam aerobik mezofilik bakteri (TSA)	$3{,}4 \times 10^7$ (7,53)	$3{,}1 \times 10^6$ (6,49)	$6{,}4 \times 10^6$ (6,81)
Toplam koliform (EMB)	$1{,}7 \times 10^7$ (7,24)	$3{,}1 \times 10^4$ (4,49)	$1{,}3 \times 10^6$ (6,13)
Şüpheli *E. coli* (EMB, metalik yeşil)	$2{,}2 \times 10^6$ (6,34)	$1{,}0 \times 10^3$ (3,00)[a]	$< 1{,}0 \times 10^4$ (< 4,00)[b]
Laktik asit bakterisi (MRS)	$1{,}2 \times 10^6$ (6,08)	$1{,}4 \times 10^4$ (4,14)	$1{,}7 \times 10^7$ (7,22)

Not. [a] 30'dan az koloni içeren plaktan hesaplanan tahmini değer. [b] Metalik yeşil koloni gözlenmemiştir; tespit sınırı olarak verilmiştir.

Şekil 1. Peynir örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform ve laktik asit bakterisi yükleri (log_{10} KOB/g)



3.3. MALDI-TOF MS ile Tanımlama Sonuçları

Analiz edilen 30 izolatın tamamı en az olası cins düzeyinde tanımlanmıştır; izolatların 5'i (%17,9) güvenilir tür düzeyinde, 17'si (%53,6) güvenilir cins/olası tür düzeyinde ve 8'i (%28,6) olası cins düzeyinde tanımlanmıştır. İzolatların 22'si bakteri, 7'si maya olup cins düzeyinde tanımlanan bir izolat dışında toplam 14 tür belirlenmiştir. En sık tanımlanan türler *Enterococcus faecalis* (7 izolat) ve maya *Clavispora lusitaniae* (6 izolat) olmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. İzolatların MALDI-TOF MS ile tanımlama sonuçları

İzolat	Peynir	Besiyeri	Tanımlama (en iyi eşleşme)	Skor
HM01	Kontrol	TSA	*Clavispora lusitaniae*[a]	1,870
HM02	Kontrol	TSA	*Citrobacter freundii*	2,422
HM03	Kontrol	TSA	*Klebsiella oxytoca*	2,342
HM04	Kontrol	TSA	*Serratia liquefaciens*	1,955
HM05	Kontrol	TSA	*Micrococcus luteus*	2,363
HM06	Kontrol	EMB	*Citrobacter freundii*	2,348
HM07	Kontrol	EMB	*Enterobacter asburiae*	2,009
HM08	Kontrol	EMB	*Enterobacter hormaechei*	2,207
HM27	Kontrol	EMB	*Serratia liquefaciens*	2,098
HM28	Kontrol	EMB	*Klebsiella/Raoultella*[b]	2,259
HM20	Kontrol	MRS	*Clavispora lusitaniae*[a]	2,043
HM21	Kontrol	MRS	*Wickerhamiella pararugosa*[a]	1,991
HM22	Kontrol	MRS	*Clavispora lusitaniae*[a]	2,111
HM09	*C. hakkiaricum*	TSA	*Enterobacter bugandensis*	2,071
HM10	*C. hakkiaricum*	TSA	*Enterococcus faecalis*	2,322
HM11	*C. hakkiaricum*	TSA	*Clavispora lusitaniae*[a]	1,875
HM12	*C. hakkiaricum*	TSA	*Enterococcus faecalis*	2,282
HM13	*C. hakkiaricum*	EMB	*Pantoea agglomerans*	2,198
HM23	*C. hakkiaricum*	MRS	*Clavispora lusitaniae*[a]	1,727
HM14	*A. schoenoprasum*	TSA	*Enterococcus durans*	2,163
HM15	*A. schoenoprasum*	TSA	*Enterococcus faecalis*	2,043
HM16	*A. schoenoprasum*	TSA	*Enterococcus faecalis*	2,100
HM17	*A. schoenoprasum*	TSA	*Enterococcus faecalis*	1,728
HM18	*A. schoenoprasum*	EMB	*Enterococcus faecalis*	2,184
HM19	*A. schoenoprasum*	EMB	*Enterococcus faecalis*	2,240
HM24	*A. schoenoprasum*	MRS	*Clavispora lusitaniae*[a]	1,765
HM25	*A. schoenoprasum*	MRS	*Leuconostoc mesenteroides*	2,092
HM26	*A. schoenoprasum*	MRS	*Levilactobacillus brevis*	1,725
HM29	*C. hakkiaricum*	EMB	*Escherichia coli*	2,111
HM30	*A. schoenoprasum*	EMB	*Escherichia coli*	2,011

Not. [a] Maya. [b] En iyi eşleşme *K. oxytoca* (2,259), ikinci eşleşme *Raoultella ornithinolytica* (2,234); cins düzeyinde değerlendirilmiştir.

3.4. Kültüre Edilebilen Mikrobiyal Çeşitlilik

İzolatların peynir gruplarına göre dağılımı mikrobiyal yük verileriyle uyumludur (Tablo 4). Kontrol peynirinden izole edilen 13 izolatın 8'i *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter* ve *Serratia* cinslerine ait Enterobacterales üyesi, 4'ü maya ve 1'i *Micrococcus luteus* olup bu peynirden laktik asit bakterisi izole edilmemiştir. *A. schoenoprasum* katkılı peynirden elde edilen 9 izolatın 8'i LAB (*E. faecalis*, *E. durans*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Levilactobacillus brevis*) olup bu peynirden Enterobacterales üyesi izole edilmemiştir. *C. hakkiaricum* katkılı peynirde ise *E. faecalis*, *Enterobacter bugandensis*, *Pantoea agglomerans* ve *C. lusitaniae* belirlenmiştir. Kontrol peynirinin EMB agar plaklarından seçilen kolonilerin hiçbiri *E. coli* olarak tanımlanmamıştır.

Tablo 4. Peynir gruplarına göre izolat ve tür dağılımı

Peynir	İzolat	Tür	Enterobacterales	LAB	Maya	Diğer
Kontrol (otsuz)	13	8	8	0	4	1
C. hakkiaricum katkılı	6	4	3	2	2	0
A. schoenoprasum katkılı	9	5	1	8	1	0

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada her iki otlu peynirde de toplam bakteri ve özellikle hijyen göstergesi olan koliform bakteri yükleri kontrol peynirinden belirgin biçimde düşük bulunmuştur. Otlu peynirde kullanılan bitkilerin içerdikleri biyoaktif bileşenler aracılığıyla peynire antimikrobiyal özellik kazandırdığı bildirilmektedir (Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020). *A. schoenoprasum*'un içerdiği fenolik bileşikler ve kükürtlü uçucu bileşenlerin antimikrobiyal etkileri (Singh vd., 2018), bu peynirde gözlenen düşük koliform yükünü açıklayabilecek olası faktörlerdendir.

Tuz, peynirde mikrobiyal gelişimi sınırlayan başlıca faktörlerden biri olduğundan, tuz içeriği yüksek peynirlerde daha düşük mikrobiyal yük beklenmektedir. Ancak bu çalışmada en düşük tuz içeriğine sahip *C. hakkiaricum* katkılı peynir (%3,51), tüm mikroorganizma gruplarında en düşük sayımları vermiştir. Tuz içerikleri birbirine yakın olan kontrol ve *A. schoenoprasum* katkılı peynirlerde ise mikrobiyal profiller belirgin biçimde farklıdır. Benzer şekilde peynirlerin pH değerleri arasındaki fark yalnızca 0,13 birim olup koliform yüklerindeki yaklaşık 2,8 log'luk farkı tek başına açıklaması beklenmemektedir. Bu bulgular, gözlenen farklılıkların tuz ve pH ile açıklanamayacağını ve *C. hakkiaricum*'un olası antimikrobiyal etkisinin ayrıntılı olarak araştırılması gerektiğini göstermektedir.

Kontrol peynirinde *C. freundii*, *K. oxytoca* ve *Enterobacter cloacae* kompleksi üyeleri (*E. hormaechei*, *E. asburiae*) gibi fırsatçı patojen olarak bilinen Enterobacterales türlerinin baskın olması, yüksek koliform yüküyle birlikte üretim ve muhafaza aşamalarında hijyen koşullarının iyileştirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Ayrıca EMB agarda metalik yeşil koloniler olarak sayılan izolatların MALDI-TOF MS ile *E. coli* olarak tür düzeyinde güvenilir tanımlanmaması, EMB'ye dayalı *E. coli* sayımlarının doğrulayıcı testlerle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Otlu peynirlerde baskın olarak bulunan enterokoklar, geleneksel peynirlerin olgunlaşmasına ve aroma oluşumuna katkı sağlayan önemli bir gruptur (Giraffa, 2003). Bununla birlikte bazı suşların virülans faktörleri ve antibiyotik direnci taşıyabilmesi nedeniyle enterokokların güvenlik açısından suş düzeyinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Franz vd., 2011). *A. schoenoprasum* katkılı peynirden izole edilen *Leuconostoc mesenteroides* ve *Levilactobacillus brevis* ise peynir aroması ve fermentasyonu açısından teknolojik önemi olan heterofermentatif LAB türleridir.

Sonuç olarak, *A. schoenoprasum* ve *C. hakkiaricum* katkılı otlu peynirlerde toplam bakteri ve koliform yüklerinin otsuz peynire göre belirgin biçimde düşük olduğu belirlenmiştir. *A. schoenoprasum* katkılı peynirin florası büyük ölçüde laktik asit bakterilerinden oluşurken, kontrol peynirinde fırsatçı patojen Enterobacterales türleri baskın bulunmuştur. *C. hakkiaricum* katkılı peynirin en düşük tuz içeriğine karşın en düşük mikrobiyal yükü göstermesi, bu endemik bitkinin antimikrobiyal potansiyelinin araştırılmaya değer olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmanın en önemli sınırlılığı, her peynir tipinden yalnızca bir örnek analiz edilmiş olmasıdır. Bu nedenle gözlenen farklılıklar yalnızca ot ilavesine bağlanamamakta; süt kaynağı, üretici ve olgunlaşma koşullarındaki

farklılıklar da sonuçları etkileyebilmektedir. Ayrıca kültüre edilebilen çeşitlilik, morfolojiye dayalı koloni seçimi ve kullanılan besiyerleriyle sınırlıdır. Bulgular ön çalışma niteliğinde olup, farklı üreticilerden ve üretim dönemlerinden alınacak, biyolojik tekrarlı daha fazla sayıda örnekle doğrulanmalıdır.

İleriki çalışmalarda değişkenler arası ilişkilerin Spearman korelasyonu, gruplar arası farkların Kruskal-Wallis testi ve temel bileşen analizi (PCA) ile incelenmesi; düşük skorlu izolatların 16S rRNA gen dizi analiziyle doğrulanması; enterokokların virülans ve antibiyotik direnci ile LAB izolatlarının probiyotik özelliklerinin belirlenmesi; bitki ekstraktlarının *in vitro* antimikrobiyal aktivitesinin test edilmesi ve metagenomik yöntemlerle peynir mikrobiyotasının bütüncül olarak karakterize edilmesi önerilmektedir.

Teşekkür: Bu proje, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir (Proje No: 1919B012510999). Deneyler Hakkari Üniversitesi Biyolojik Çeşitlilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. MALDI-TOF MS analizleri için Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Eryiğit, T., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2020). Determination of nutritional and chemical composition of some edible wild plants used in herby cheese. *Journal of Elementology, 25*(3), 1127–1139.

Franz, C. M. A. P., Huch, M., Abriouel, H., Holzapfel, W., & Gálvez, A. (2011). Enterococci as probiotics and their implications in food safety. *International Journal of Food Microbiology, 151*(2), 125–140.

Giraffa, G. (2003). Functionality of enterococci in dairy products. *International Journal of Food Microbiology, 88*(2–3), 215–222.

Güldigen, O., & Şensoy, S. (2016). Sirmo (*Allium* spp.), wild herb species used in herby cheese. *Acta Horticulturae, 1143*, 117–124.

Hashimoto, S., Miyazawa, M., & Kameoka, H. (1983). Volatile flavor components of chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Journal of Food Science, 48*(6), 1858–1859.

Hayaloğlu, A. A., Güven, M., & Fox, P. F. (2002). Microbiological, biochemical and technological properties of Turkish White cheese 'Beyaz Peynir'. *International Dairy Journal, 12*(8), 635–648.

Hedge, I. C., & Lamond, J. M. (1971). *Chaerophyllum hakkiaricum* sp. nov. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh, 31*, 133–135.

Singh, V., Chauhan, G., Krishan, P., & Shri, R. (2018). *Allium schoenoprasum* L.: A review of phytochemistry, pharmacology and future directions. *Natural Product Research, 32*(18), 2202–2216.

Štajner, D., Čanadanović-Brunet, J., & Pavlović, A. (2004). *Allium schoenoprasum* L., as a natural antioxidant. *Phytotherapy Research, 18*(7), 522–524.

Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2020). Van otlu peyniri ve yapımında kullanılan bitkiler ile ilgili genel bir değerlendirme. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye 13. Ulusal, I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı, 238–244.

FETAL HAREKET BİYOMEKANİĞİ VE DOĞUM ÖNCESİ KAS-İSKELET SİSTEMİ GELİŞİMİ: FİZYOTERAPİ PERSPEKTİFİ

Öğr. Gör. Dr. Nur ALP[1]

[1]Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon,

nuralp@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6601-9164

Özet

Giriş ve Amaç: Fetal hareketler gebeliğin yaklaşık yedinci haftasında başlar ve doğuma kadar gelişen iskelete düzenli bir mekanik yük bindirir. Bu derlemenin amacı, fetal hareket biyomekaniği ve doğum öncesi kas-iskelet gelişimine ilişkin güncel bilgileri özetlemek ve anne karnında başlayan gelişimsel ortopedik problemlerde fizyoterapinin rolünü tartışmaktır. **Yöntem:** Konuyla ilgili yayımlanmış klinik çalışmalar, sistematik derlemeler, uzlaşı raporları ve klinik uygulama kılavuzları incelenerek anlatısal bir derleme yapılmıştır. **Bulgular:** Modelleme çalışmaları, fetal tekme kuvvetinin 20. ile 30. haftalar arasında arttığını, iskeletteki gerilmenin ise doğuma kadar yükselmeyi sürdürdüğünü göstermektedir. Makat geliş ve oligohidramniyosta kalçaya ulaşan mekanik uyarı azalmaktadır. Fizyoterapi, konjenital musküler tortikoliste kanıta dayalı birinci basamak tedavidir; pes ekinovarusta fizyoterapistlerin yürüttüğü Ponseti hizmetleri ortopedi merkezli hizmetlerle karşılaştırılabilir sonuçlar vermektedir. Artrogripozis ve spina bifidada erken rehabilitasyon önerilmekte, kalça displazisinde ise fizyoterapi müdahalesini sınayan kontrollü bir çalışma bulunmamaktadır. **Sonuç:** Fetal biyomekanik bilgisi, fizyoterapistin doğum öncesi öyküyü sorgulamasına, riskli bebeği erken tanımasına ve aileyi eğitmesine dayanak sağlar. Bu çıkarımların prospektif klinik çalışmalarla sınanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fetal hareket, biyomekanik, kas-iskelet gelişimi, pediatrik fizyoterapi, erken müdahale

FETAL MOVEMENT BIOMECHANICS AND PRENATAL MUSCULOSKELETAL DEVELOPMENT: A PHYSIOTHERAPY PERSPECTIVE

Lecturer Dr, Nur ALP[1]

[1]Süleyman Demirel University, Isparta Vocational School of Health Services, Department of Therapy and Rehabilitation, Physiotherapy and Rehabilitation, nuralp@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6601-9164

Abstract

Background and Aim: Fetal movements begin at around seven weeks of gestation and place regular mechanical loads on the developing skeleton until birth. This review aims to summarise current knowledge on fetal movement biomechanics and prenatal musculoskeletal development, and to discuss the role of physiotherapy in developmental orthopaedic conditions that originate in utero. **Methods:** A narrative review of published clinical studies, systematic reviews, consensus reports and clinical practice guidelines was conducted. **Results:** Modelling studies show that fetal kick force rises between 20 and 30 weeks of gestation, while skeletal stress continues to increase until birth. In breech presentation and oligohydramnios, the mechanical stimulus reaching the hip is reduced. Physiotherapy is the evidence-based first-line treatment for congenital muscular torticollis, and physiotherapist-led Ponseti services for clubfoot achieve results comparable to orthopaedic-led services. Early rehabilitation is recommended in arthrogryposis and spina bifida, whereas no controlled study has tested physiotherapy interventions in developmental dysplasia of the hip. **Conclusion:** Knowledge of fetal biomechanics helps physiotherapists take an informed prenatal history, identify at-risk infants early and educate families. These implications need to be tested in prospective clinical trials.

Keywords: Fetal movement, biomechanics, musculoskeletal development, paediatric physiotherapy, early intervention

GİRİŞ

Kas-iskelet sisteminin doğum öncesi gelişimi uzun süre yalnızca genetik programın bir ürünü olarak görülmüştür. Oysa fetüsün kendi hareketleri de bu süreçte belirleyici bir rol oynar (Nowlan, 2015). Gebeliğin yaklaşık yedinci haftasında başlayan hareketler doğuma kadar kemik, kıkırdak ve eklemlere yük bindirir; eklem gelişimi ile kemik mineralizasyonu da bu yüke ihtiyaç duyar (Kahn ve ark., 2009; Panebianco ve ark., 2025).

Gelişimsel kalça displazisi, konjenital pes ekinovarus, artrogripozis ve konjenital musküler tortikolis pediatrik fizyoterapi kliniklerinde sık karşılaşılan durumlardır ve bunların bir kısmında rahim içindeki hareket kısıtlılığı rol oynar (Nowlan, 2015). Ne var ki fetal hareket biyomekaniği üzerine yapılan çalışmaların büyük bölümü biyomühendislik ve gelişim biyolojisi alanından gelmektedir. Konuyu fizyoterapi açısından ele alan Türkçe bir kaynakla karşılaşılmamıştır.

Bu çalışmada fetal hareketin biyomekaniği ve doğum öncesi kas-iskelet gelişimine ilişkin bilgilerin özetlenmesi ve bu bilgilerin anne karnında başlayan gelişimsel ortopedik problemlerde fizyoterapi pratiğine yansımalarının tartışılması amaçlanmıştır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE: FETAL HAREKETİN GELİŞİMİ, BİYOMEKANİĞİ VE MEKANOBİYOLOJİSİ

1.1. Fetal Hareketlerin Ortaya Çıkışı

Fetüs ilk hareketlerini gebeliğin yaklaşık yedinci haftasında yapar. Onuncu haftaya gelindiğinde seğirmeler, tüm vücut hareketleri, izole uzuv hareketleri, solunum hareketleri, esneme, emme, yutma ve hıçkırıktan oluşan zengin bir hareket dağarcığına sahip olur (Nowlan, 2015). Bu hareketler ultrasonla ilk kez ayrıntılı olarak tanımlanmış ve ilk görüldükleri haftalar alanın temel çalışmalarından birinde belirlenmiştir (de Vries ve ark., 1982). Fetal hareketler sinir sisteminin yaşa özgü işlevsel repertuvarını yansıtır; genel hareketler gibi bazıları doğumdan sonra da aynı biçimde sürer (Einspieler ve ark., 2012).

1.2. Tekme Kuvveti ve İskelet Yükü

Cine-MRI görüntülerinin sonlu eleman modelleriyle birleştirildiği bir çalışmada, 20–22 haftalık fetüslerde tekmenin rahim duvarına ortalama 0,52 N kuvvet uyguladığı, diz çevresindeki kaslarda ise en yüksek kuvvetin yaklaşık 21 N olduğu hesaplanmıştır (Verbruggen ve ark., 2016). Tekme kuvveti 20. ile 30. haftalar arasında belirgin biçimde artar ve term yaklaştıkça azalır. Buna karşın iskeletteki gerilme gebeliğin ikinci yarısı boyunca artmayı sürdürür (Verbruggen ve ark., 2018a). Makat gelişte ve oligohidramniyosta ise kalça eklemine ulaşan mekanik uyarı anlamlı ölçüde düşüktür (Verbruggen ve ark., 2018b).

1.3. Mekanobiyoloji

Kası olmayan ya da kasılamayan fare modellerinde eklem öncül hücreleri kimliklerini sürdürememiş ve bazı eklemler hiç ayrışamamıştır (Kahn ve ark., 2009). Fetal akinezi modelindeki farelerde eklem ve kemik gelişimi bozulmuş, gebe anneye günde bir saat tekerlek koşusu yaptırıldığında bu bozulmanın büyük kısmı düzelmiştir (Panebianco ve ark., 2025). Bu bulgular insanlara doğrudan aktarılamaz. Yine de eklemin biçiminin mekanik yüke yanıt verdiğini ve hareket kısıtlılığı ne kadar erken fark edilirse müdahale için o kadar geniş bir gelişim penceresi bulunacağını düşündürmektedir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma anlatısal bir derleme olarak planlanmıştır. Literatür taraması PubMed, Google Akademik ve DergiPark veri tabanlarında, 1982–2025 yılları arasında yayımlanmış Türkçe ve İngilizce yayınları kapsayacak şekilde yapılmıştır. Taramada “fetal movement”, “fetal biomechanics”, “mechanobiology”, “joint development”, “developmental dysplasia of the hip”, “clubfoot”, “arthrogryposis”, “congenital muscular torticollis”,

"myelomeningocele", "congenital knee dislocation" ve "physiotherapy" anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Fetal hareketin biyomekaniğini ve mekanobiyolojisini inceleyen deneysel ve modelleme çalışmaları, prenatal tanıya ilişkin sistematik derlemeler ile konjenital kas-iskelet problemlerinde fizyoterapi ve rehabilitasyonu ele alan klinik çalışmalar, uzlaşı raporları ve klinik uygulama kılavuzları derlemeye alınmıştır. Tezler ve hakem değerlendirmesinden geçmemiş yayınlar kapsam dışında tutulmuştur.

3. BULGULAR: ANNE KARNINDA BAŞLAYAN GELİŞİMSEL ORTOPEDİK PROBLEMLER VE FİZYOTERAPİ

Anne karnında başlayan ortopedik problemlerin çoğunda fizyoterapi tedavinin önemli bir parçasıdır, ancak kanıt düzeyi durumdan duruma belirgin farklılık gösterir. Bu durumların rahim içi kökeni, fizyoterapinin rolü ve mevcut fizyoterapi kanıtı Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Anne karnında başlayan gelişimsel ortopedik problemlerde fizyoterapinin rolü

Durum	Rahim içi köken	Fizyoterapinin rolü	Fizyoterapi kanıtı
Konjenital musküler tortikolis	Biyomekanik olarak ölçülmemiş	Birinci basamak tedavi	Klinik uygulama kılavuzu (Kaplan ve ark., 2018)
Konjenital pes ekinovarus	Ağırlıkla genetik (Dobbs ve Gurnett, 2009)	Ponseti uygulaması, germe, ortez uyumu	Fizyoterapistin yürüttüğü Ponseti hizmeti (Dunkley ve ark., 2015); kontrollü çalışma (Bek ve ark., 2011)
Gelişimsel kalça displazisi	Makat geliş, oligohidramniyos (Verbruggen ve ark., 2018b)	Risk taraması, kundaklama eğitimi, motor gelişim izlemi	Müdahale çalışması bulunamadı
Artrogripozis	Azalmış fetal hareket (Hall ve ark., 2019)	Erken germe, pozisyonlama, ortez	Sistematik derleme (García Aguilar ve ark., 2023); uzlaşı önerileri (Dahan-Oliel ve ark., 2025)
Spina bifida	Nöral tüp defekti; fetal cerrahi seçeneği (Adzick ve ark., 2011)	Gövde kontrolü, motor gelişim, ortez	Bakım kılavuzu (Spina Bifida Association, 2018)
Konjenital diz dislokasyonu	Makat geliş, oligohidramniyos (Qasim ve ark., 2024)	Seri alçılama sürecine katılım, germe	Sistematik derleme (Cavoretto ve ark., 2023)

3.1. Konjenital Musküler Tortikolis

Amerikan Fizyoterapi Derneği Pediatri Akademisi kılavuzu, boyun pasif hareket açıklığı çalışmalarını, boyun ve gövdenin aktif hareketlerini, simetrik hareket gelişiminin desteklenmesini, ebeveyn eğitimini ve çevresel düzenlemeleri birinci tercih olarak önermektedir (Kaplan ve ark., 2018). Tortikolis, gelişimsel kalça displazisi için de bir risk etkenidir (Köse ve ark., 2013).

3.2. Konjenital Pes Ekinovarus

Prenatal ultrasonla konan tanı doğum sonrasında ortalama %80,9 oranında doğrulanmaktadır; bu nedenle aileye doğum öncesinde bilgi verilirken temkinli olunmalıdır (Ruzzini ve ark., 2021). Fizyoterapistlerin yürüttüğü bir Ponseti hizmetinde idiyopatik ayakların tamamında ilk düzelme sağlanmıştır (Dunkley ve ark., 2015). Ülkemizde yapılan bir çalışmada Ponseti yöntemine eklenen yoğun fizyoterapi, dorsifleksiyon hareket açıklığında ve arka ayak varus açısında ev egzersizine göre daha belirgin kısa dönem iyileşme sağlamıştır (Bek ve ark., 2011).

3.3. Gelişimsel Kalça Displazisi

Ulusal erken tanı programı makat duruşu, oligohidramniyosu, çoğul gebeliği ve kundaklamayı risk etkeni olarak tanımlar ve risk taşıyan bebeklerin en geç 4–6. haftada ultrasonla incelenmesini önerir (Köse ve ark., 2013). Fizyoterapistin bu süreçteki temel katkısı, risk taramasının yapılıp yapılmadığını sorgulamak ve aileye kalçayı serbest bırakan kundaklamayı öğretmektir (Köse ve ark., 2013; Shaw ve Segal, 2016).

3.4. Artrogripozis

Artrogripozis, rahim içinde azalmış fetal hareketin en açık klinik karşılığıdır ve hareketsizlik ne kadar erken başlarsa kontraktürler o kadar ağır olur (Hall ve ark., 2019). Bir sistematik derleme, erken ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyonun klinik tabloyu iyileştirdiğini bildirmekle birlikte kanıtın büyük ölçüde olgu sunumlarına dayandığını vurgulamaktadır (García Aguilar ve ark., 2023). On ülkeden araştırmacıların katıldığı uzlaşı çalışması da kontraktürleri en aza indirmek için rehabilitasyona erken başlanmasını önermektedir (Dahan-Oliel ve ark., 2025).

3.5. Spina Bifida

Prenatal onarım, postnatal onarıma göre şant ihtiyacını azaltmış ve bağımsız yürüme olasılığını artırmış, ancak erken doğum riskini de yükseltmiştir (Adzick ve ark., 2011). Fetal cerrahi rehabilitasyon ihtiyacını ortadan kaldırmaz. Bakım kılavuzu bebeklik döneminde gövde kontrolünü hedefleyen erken fizyoterapiyi önermektedir (Spina Bifida Association, 2018).

3.6. Konjenital Diz Dislokasyonu

Doğumdan önce tanı konan olguların incelendiği sistematik derlemede tedavi çoğunlukla manipülasyon, seri alçılama ve fizyoterapiyle yürütülmüş, izole olgularda cerrahiye gerek kalmamıştır (Cavoretto ve ark., 2023).

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Fetal hareket biyomekaniği literatürü güçlü bir temel bilim birikimine sahiptir, ancak bu birikim fizyoterapi pratiğine henüz taşınmamıştır. Bu derlemede ele alınan bilgilerin klinikte en az üç karşılığı vardır. Gebelikte makat geliş, oligohidramniyos ya da azalmış fetal hareket öyküsü bulunan bebeğin kalça, diz, ayak ve boyun açısından daha dikkatli değerlendirilmesi gerekir. Fetal dönemde başlayan spontan hareketlerin doğumdan sonra da sürmesi, genel hareketlerin değerlendirilmesine kavramsal bir zemin hazırlar; bu değerlendirme serebral palsi riskini düzeltilmiş beşinci aydan önce yüksek duyarlılıkla belirleyebilmektedir (Novak ve ark., 2017). Kalçayı serbest bırakan kundaklama, yüzüstü oyun ve ev programı konusunda aileye verilen eğitim de doğum sonrası mekanik ortamı iyileştirmenin en doğrudan yoludur (Köse ve ark., 2013; Kaplan ve ark., 2018).

Kanıtın sınırlılıkları da göz ardı edilmemelidir. Mekanobiyolojiye ilişkin bulguların büyük kısmı hayvan modellerinden gelmektedir (Kahn ve ark., 2009; Panebianco ve ark., 2025). İnsan verisi ise küçük örneklemli modelleme çalışmalarına dayanmaktadır (Verbruggen ve ark., 2016). Artrogripozis rehabilitasyonuna ilişkin kanıt büyük ölçüde olgu sunumlarından oluşmaktadır (García Aguilar ve ark., 2023). Gelişimsel kalça displazisinde ise fizyoterapi müdahalesini sınayan kontrollü bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Sonuç olarak fetal hareket, doğum öncesi kas-iskelet gelişiminin vazgeçilmez bir parçasıdır ve rahim içinde mekanik yükü azaltan durumlar pediatrik fizyoterapinin sık karşılaştığı tablolarla yakından ilişkilidir. Doğum öncesi risk etkenlerinin doğum sonrası motor gelişimle ilişkisini inceleyen ve erken fizyoterapinin etkinliğini sınayan prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Adzick, N. S., Thom, E. A., Spong, C. Y., Brock, J. W., Burrows, P. K., Johnson, M. P., Howell, L. J., Farrell, J. A., Dabrowiak, M. E., Sutton, L. N., Gupta, N., Tulipan, N. B., D'Alton, M. E., Farmer, D. L., & MOMS Investigators. (2011). A randomized trial of prenatal versus postnatal repair of myelomeningocele. *New England Journal of Medicine, 364*(11), 993–1004. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1014379

Bek, N., Erel, S., Şimşek, E. İ., Uygur, F., & Yakut, Y. (2011). Short-term results of intensive physiotherapy in clubfoot deformity treated with the Ponseti method. *Pediatrics International, 53*(3), 381–385. https://doi.org/10.1111/j.1442-200X.2010.03243.x

Cavoretto, P. I., Castoldi, M., Corbella, G., Forte, A., Moharamzadeh, D., Emedoli, D., Candiani, M., & De Pellegrin, M. (2023). Prenatal diagnosis and postnatal outcome of fetal congenital knee dislocation: Systematic review of literature. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, 62*(6), 778–787. https://doi.org/10.1002/uog.26283

Dahan-Oliel, N., Cachecho, S., Araujo, C., Fąfara, A., Lacombe, F., Samargian, A., Costa, C., Donohoe, M., Flanagan, A., Kowalczyk, B., Krakie, C., Wagner, L., Navalón, C., Pacey, V., Steen, U., Walker, M., Wong, T., & Bussières, A. (2025). Consensus-based recommendations for the rehabilitation of children with arthrogryposis multiplex congenita: An integrated knowledge translation approach. *Orphanet Journal of Rare Diseases, 20*, Article 168. https://doi.org/10.1186/s13023-025-03671-x

de Vries, J. I. P., Visser, G. H. A., & Prechtl, H. F. R. (1982). The emergence of fetal behaviour. I. Qualitative aspects. *Early Human Development, 7*(4), 301–322. https://doi.org/10.1016/0378-3782(82)90033-0

Dobbs, M. B., & Gurnett, C. A. (2009). Update on clubfoot: Etiology and treatment. *Clinical Orthopaedics and Related Research, 467*(5), 1146–1153. https://doi.org/10.1007/s11999-009-0734-9

Dunkley, M., Gelfer, Y., Jackson, D., Parnell, E., Armstong, J., Rafter, C., & Eastwood, D. M. (2015). Mid-term results of a physiotherapist-led Ponseti service for the management of non-idiopathic and idiopathic clubfoot. *Journal of Children's Orthopaedics, 9*(3), 183–189. https://doi.org/10.1007/s11832-015-0658-8

Einspieler, C., Prayer, D., & Prechtl, H. F. R. (2012). *Fetal behaviour: A neurodevelopmental approach* (Clinics in Developmental Medicine No. 189). Mac Keith Press.

García Aguilar, C. E., García-Muñoz, C., Carmona-Barrientos, I., Vinolo-Gil, M. J., Martin-Vega, F. J., & Gonzalez-Medina, G. (2023). Rehabilitation in patients diagnosed with arthrogryposis multiplex congenita: A systematic review. *Children, 10*(5), Article 768. https://doi.org/10.3390/children10050768

Hall, J. G., Kimber, E., & Dieterich, K. (2019). Classification of arthrogryposis. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics, 181*(3), 300–303. https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31716

Kahn, J., Shwartz, Y., Blitz, E., Krief, S., Sharir, A., Breitel, D. A., Rattenbach, R., Relaix, F., Maire, P., Rountree, R. B., Kingsley, D. M., & Zelzer, E. (2009). Muscle contraction is necessary to maintain joint progenitor cell fate. *Developmental Cell, 16*(5), 734–743. https://doi.org/10.1016/j.devcel.2009.04.013

Kaplan, S. L., Coulter, C., & Sargent, B. (2018). Physical therapy management of congenital muscular torticollis: A 2018 evidence-based clinical practice guideline from the APTA Academy of Pediatric Physical Therapy. *Pediatric Physical Therapy, 30*(4), 240–290. https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000544

Köse, N., Ömeroğlu, H., & Dağlar, B. (2013). *Gelişimsel kalça displazisi ulusal erken tanı ve tedavi programı*. T.C. Sağlık Bakanlığı. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/cocuk-ergen-sagligi-db/Programlar/GKD_Rehberi.pdf

Novak, I., Morgan, C., Adde, L., Blackman, J., Boyd, R. N., Brunstrom-Hernandez, J., Cioni, G., Damiano, D., Darrah, J., Eliasson, A.-C., de Vries, L. S., Einspieler, C., Fahey, M., Fehlings, D., Ferriero, D. M., Fetters, L., Fiori, S., Forssberg, H., Gordon, A. M., . . . Badawi, N. (2017). Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: Advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatrics, 171*(9), 897–907. https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1689

Nowlan, N. C. (2015). Biomechanics of foetal movement. *European Cells & Materials, 29*, 1–21. https://doi.org/10.22203/eCM.v029a01

Panebianco, C. J., Huang, Y., Khatib, N., Gottlieb, D. C., Essaidi, M., Ahmed, S., Dyment, N. A., Simmons, R. A., Boerckel, J. D., & Nowlan, N. C. (2025). Maternal exercise rescues fetal akinesia-impaired joint and bone development. *The FASEB Journal, 39*(24), Article e71341. https://doi.org/10.1096/fj.202503192R

Qasim, O. M., Abdulaziz, A. A., Aljabri, N. K., Albaqami, K. S., & Suqaty, R. M. (2024). Neglected congenital bilateral knee dislocation treated by quadricepsplasty with semitendinosus and sartorius transfer: A case report. *World Journal of Orthopedics, 15*(8), 807–812. https://doi.org/10.5312/wjo.v15.i8.807

Ruzzini, L., De Salvatore, S., Longo, U. G., Marino, M., Greco, A., Piergentili, I., Costici, P. F., & Denaro, V. (2021). Prenatal diagnosis of clubfoot: Where are we now? Systematic review and meta-analysis. *Diagnostics, 11*(12), Article 2235. https://doi.org/10.3390/diagnostics11122235

Shaw, B. A., & Segal, L. S. (2016). Evaluation and referral for developmental dysplasia of the hip in infants. *Pediatrics, 138*(6), Article e20163107. https://doi.org/10.1542/peds.2016-3107

Spina Bifida Association. (2018). *Guidelines for the care of people with spina bifida: Mobility*. https://www.spinabifidaassociation.org/wp-content/uploads/Mobility-Guidelines.pdf

Verbruggen, S. W., Loo, J. H. W., Hayat, T. T. A., Hajnal, J. V., Rutherford, M. A., Phillips, A. T. M., & Nowlan, N. C. (2016). Modeling the biomechanics of fetal movements. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology, 15*(4), 995–1004. https://doi.org/10.1007/s10237-015-0738-1

Verbruggen, S. W., Kainz, B., Shelmerdine, S. C., Hajnal, J. V., Rutherford, M. A., Arthurs, O. J., Phillips, A. T. M., & Nowlan, N. C. (2018a). Stresses and strains on the human fetal skeleton during development. *Journal of the Royal Society Interface, 15*(138), Article 20170593. https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0593

Verbruggen, S. W., Kainz, B., Shelmerdine, S. C., Arthurs, O. J., Hajnal, J. V., Rutherford, M. A., Phillips, A. T. M., & Nowlan, N. C. (2018b). Altered biomechanical stimulation of the developing hip joint in presence of hip dysplasia risk factors. *Journal of Biomechanics, 78*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.07.016

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE İŞTAH DURUMUNA GÖRE ULTRA İŞLENMİŞ BESİN TÜKETİMİ VE BEDEN KÜTLE İNDEKSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. **Öğr. Gör. Cemaliye SÜT KURT [1], Dr. Öğr. Üyesi, Nursena NAHYA SERVİ[2]**

[1]Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,

E-mail : dyt.cemaliyesut@gmail.com,

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9016-2959

[2]Lokman Hekim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,

E-mail: nursena.nahya@lokmanhekim.edu.tr,

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1435-2088

Özet

Amaç: Üniversite öğrencilerinde iştah durumuna göre ultra işlenmiş besin tüketimini değerlendiren tarama puanlarının ve beden kütle indeksinin (BKİ) karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu kesitsel çalışma, 210 üniversite öğrencisinin verilerinin analiziyle gerçekleştirilmiştir. İştah durumu tek soruyla, besin tüketimi Çok İşlenmiş Besin Tüketimi Kısa Tarama Anketi (sQ-HPF) ile değerlendirilmiştir. Anketin 11 maddesinde evet yanıtları 1, hayır yanıtları 0 puanlanarak toplam 0–11 puan hesaplanmıştır. BKİ, bildirilen boy uzunluğu ve vücut ağırlığından hesaplanmıştır. İştah grupları Kruskal–Wallis testiyle karşılaştırılmış; genel testler ve anlamlı sonuçlar için uygulanan Dunn ikili karşılaştırmaları belirtilen analiz ailelerinde Benjamini–Hochberg yöntemiyle düzeltilmiştir.

Bulgular: Katılımcıların yaş ortalaması 22,04±4,18 yıl olup %93,8'i kadındır. Ortalama tarama puanı 6,20±2,80, BKİ 22,49±3,92 kg/m²'dir. İştahını çok iyi, iyi, normal ve kötü olarak bildirenlerin sayıları sırasıyla 17, 87, 95 ve 11'dir. Bu gruplarda tarama puanı ortancaları sırasıyla 8, 7, 6 ve 8; BKİ ortancaları 24,61, 23,05, 20,94 ve 18,49 kg/m² bulunmuştur. İştah grupları arasında tarama puanı ($H=10,297$; $p=0,016$) ve BKİ ($H=37,583$; $p<0,001$) dağılımları farklılaşmış; genel karşılaştırmalar düzeltme sonrasında da anlamlı kalmıştır. Tarama puanı için düzeltilmiş ikili karşılaştırmalarda anlamlı fark saptanmamıştır. BKİ için çok iyi–normal, çok iyi–kötü, iyi–normal, iyi–kötü ve normal–kötü karşılaştırmaları anlamlıdır (düzeltilmiş $p<0,05$).

Sonuç: İştah durumuna göre hem ultra işlenmiş besin tüketimi tarama puanları hem BKİ dağılımları farklılaşmıştır. Bununla birlikte tarama puanındaki genel farklılık, düzeltme sonrasında belirli bir grup çiftine atfedilememiştir. Bulgular, iştahın tek soruyla değerlendirilmesi, bildirime dayalı antropometrik veriler ve örneklemin büyük ölçüde kadınlardan oluşması dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

Anahtar kelimeler: Üniversite öğrencileri, iştah, ultra işlenmiş besinler, beden kütle indeksi.

COMPARISON OF ULTRA-PROCESSED FOOD CONSUMPTION AND BODY MASS INDEX BY APPETITE STATUS AMONG UNIVERSITY STUDENTS

Cemaliye SÜT KURT[1], PhD, Lecturer , Nursena NAHYA SERVİ[2], PhD, Assistant Professor

[1]Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Cyprus International University
Email: dyt.cemaliyesut@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9016-2959

[2]Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Lokman Hekim University
Email: nursena.nahya@lokmanhekim.edu.tr
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1435-2088

Abstract

Objective: To compare screening scores assessing ultra-processed food consumption and body mass index (BMI) across appetite categories among university students.

Methods: This cross-sectional study involved analysis of data from 210 university students. Appetite status was assessed using a single question, and food consumption was assessed using the Screening Questionnaire of Ultra Processed Food Consumption (sQ-UPF). Each of the questionnaire's 11 items was scored as 1 for "Yes" and 0 for "No," yielding a total score ranging from 0 to 11. BMI was calculated from self-reported height and body weight. Appetite groups were compared using the Kruskal–Wallis test. The overall tests and Dunn pairwise comparisons following significant overall results were adjusted using the Benjamini–Hochberg procedure within their respective families of comparisons.

Results: The participants' mean age was 22.04±4.18 years, and 93.8% were women. The mean screening score was 6.20±2.80, and the mean BMI was 22.49±3.92 kg/m². The numbers of participants reporting very good, good, normal, and poor appetite were 17, 87, 95, and 11, respectively. Median screening scores across these groups were 8, 7, 6, and 8, while median BMI values were 24.61, 23.05, 20.94, and 18.49 kg/m², respectively. Screening score distributions ($H=10.297$; $p=0.016$) and BMI distributions ($H=37.583$; $p<0.001$) differed across appetite groups, and the overall comparisons remained significant after adjustment. No significant pairwise differences in screening scores were identified after adjustment. For BMI, the very good–normal, very good–poor, good–normal, good–poor, and normal–poor comparisons were significant (adjusted $p<0.05$).

Conclusion: Both ultra process food consumption screening scores and BMI distributions differed by appetite status. However, the overall difference in screening scores could not be attributed to a specific pair of groups after adjustment. These findings should be interpreted considering the single-item assessment of appetite, self-reported anthropometric data, and the predominantly female sample.

Keywords: University students, appetite, ultra-processed foods, body mass index.

LİPÖDEMLİ BİREYLERDE EGZERSİZ ÖNERİLERİNE İLİŞKİN CHATGPT YANITLARININ GÜVENİLİRLİK VE KALİTESİ

Dr. Öğr. Üyesi Zeliha ÇELİK[1]

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Amasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Amasya, Türkiye, zeliha.celik@amasya.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-2550-7791

Özet

Giriş: Lipödem, ağrı, hassasiyet ve hareket kısıtlılığı ile günlük yaşamı etkileyebilen kronik bir hastalıktır. Egzersiz ve öz yönetim konusunda güvenilir bilgiye erişim, hasta eğitiminin önemli bileşenlerinden biridir. Yapay zeka tabanlı uygulamalar, sağlıkla ilgili önerilere hızlı erişim sağlamaktadır. Ancak ürettikleri içeriklerin güvenilirliği ve kalitesi değerlendirilmelidir. Bu çalışmanın amacı, lipödemi olan 18-45 yaş aralığındaki bireylere yönelik ChatGPT tarafından oluşturulan egzersiz ve korunma önerilerinin güvenilirliğini ve genel bilgi kalitesini değerlendirmektir.

Yöntem: Bu çalışmada, ChatGPT 6.1 tarafından üretilen önerilerin içeriği değerlendirildi. Standartlaştırılmış İngilizce bir komut kullanılarak, toplam 30 ayrıntılı egzersiz ve korunma önerisi oluşturuldu. Önerilerin güvenilirliği modifiye DISCERN (mDISCERN), genel bilgi kalitesi ise Global Quality Scale (GQS) kullanılarak değerlendirildi. Puanlar ortalama, standart sapma, medyan ve çeyrekler arası aralık ile özetlendi.

Bulgular: Otuz önerinin değerlendirilmesi sonucunda, mDISCERN puan ortalaması 3,40 ± 0,67, medyanı 3 ve çeyrekler arası aralığı 3-4 olarak bulundu. GQS puan ortalaması 4,23 ± 0,68, medyanı 4 ve çeyrekler arası aralığı 4-5 idi. mDISCERN değerlendirmesinde puan kaybının başlıca nedeni, önerilerde bireylerin bir sağlık profesyoneline danışmasına veya uzman değerlendirmesine başvurmasına yönelik yönlendirmelerin yetersiz olmasıydı.

Sonuç: ChatGPT, lipödemli bireylerin egzersiz ve öz yönetim eğitiminde kullanılabilecek, genel kalite açısından olumlu değerlendirilen içerikler oluşturmuştur. Bununla birlikte, güvenilirlik puanları, içeriklerin uzman kontrolü ve kaynak doğrulaması gerektiğini göstermektedir. mDISCERN ve GQS sonuçları, önerilerin klinik etkinliğini veya güvenliğini doğrudan göstermemektedir. Yapay zeka tarafından oluşturulan öneriler, bireysel değerlendirme ve fizyoterapist rehberliğiyle birlikte tamamlayıcı eğitim materyali olarak ele alınmalıdır. Gelecek araştırmalarda farklı modellerin karşılaştırılması, değerlendiriciler arası uyumun incelenmesi ve içeriklerin hastalar tarafından anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Ayrıca, önerilerin uygulamadaki kullanılabilirliği ve hasta sonuçlarına etkisi, ileriye dönük klinik çalışmalarla araştırılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Lipödem, ChatGPT, yapay zeka, egzersiz

RELIABILITY AND QUALITY OF CHATGPT RESPONSES REGARDING EXERCISE RECOMMENDATIONS FOR INDIVIDUALS WITH LIPEDEMA

Asst. Prof. Zeliha ÇELİK[1]

1Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Faculty of Health Sciences, Amasya University, Amasya, Turkiye, zeliha.celik@amasya.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-2550-7791

Abstract

Introduction: Lipedema is a chronic disease that can affect daily life through pain, tenderness, and limited mobility. Access to reliable information on exercise and self-management is an important component of patient education. Artificial intelligence–based applications provide rapid access to health-related recommendations. However, the reliability and quality of the content they generate should be evaluated. This study aimed to evaluate the reliability and information quality of exercise and preventive recommendations generated by ChatGPT for individuals aged 18-45 with lipedema.

Method: In this study, the content of recommendations generated by ChatGPT 6.1 was evaluated. A standardized English prompt was used to generate a total of 30 detailed exercise and preventive recommendations. The reliability of the recommendations was assessed using the modified DISCERN (mDISCERN), while overall information quality was assessed using the Global Quality Scale (GQS). Scores were reported as means, standard deviations, medians, and interquartile ranges**.**

Result: Evaluation of the 30 recommendations yielded a mean mDISCERN score of 3.40 ± 0.67, a median of 3, and an interquartile range of 3-4. The mean GQS score was 4.23 ± 0.68, with a median of 4 and an interquartile range of 4-5. The main reason for the loss of points in the mDISCERN assessment was insufficient guidance within the recommendations encouraging individuals to consult a healthcare professional or seek specialist assessment.

Conclusion: ChatGPT generated content that was rated favorably in terms of overall quality and could be used in exercise and self-management education for individuals with lipedema. However, the reliability scores indicate that the content requires expert review and source verification. The mDISCERN and GQS results do not directly demonstrate the clinical effectiveness or safety of the recommendations. Artificial intelligence–generated recommendations should be considered supplementary educational materials alongside individualized assessment and physiotherapist guidance. Future research would benefit from comparing different models, examining interrater agreement, and evaluating patients' understanding of the content. Furthermore, the practical usability of the recommendations and their effects on patient outcomes should be investigated in prospective clinical studies.

Keywords: Lipedema, ChatGPT, artificial intelligence, exercise

MANDIBULA İÇ YÜZÜNÜN TOPOGRAFİK ANATOMİSİ: FORAMEN MANDIBULAE VE LINGULA MANDIBULAE'NİN DETAYLI ANATOMİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Onur Seçgin NİŞANCI

ORCID: 0000-0003-3682-5795

onurnisanci2024@gmail.com

T.C. Kafkas Üniversitesi, Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Kars, Türkiye

Özet

Mandibulanın iç yüzü, gerek anatomistler gerekse de diş hekimleri açısından kemik açıklıkları, ligament tutunmaları ve nörovasküler geçişlerin olduğu önemli topografik bir bölgedir. Bu derlemenin amacı, foramen mandibulae ve lingula mandibulae'nin anatomisini detaylı bir şekilde ele alarak bu yapıların ramus mandibulae üzerindeki konumsal ilişkilerini bir bütün halinde değerlendirmektir. Derlemede, son beş yıllık yayın dönemi esas alınarak PubMed üzerinden erişilen araştırmaların bilgileri kullanılmıştır. Foramen mandibulae, nervus alveolaris inferior ve eşlik eden damarların canalis mandibulae'ye girişini sağlayan önemli bir deliktir. Foramenin ön kenarıyla ilişkili kemik çıkıntısı olan lingula mandibulae, ligamentum sphenomandibulare için tutunma alanıdır. Foramen mandibulae'ye girmeden nervus mylohyoideus'un ayrılması bölgenin nörovasküler topografyası açısından önemlidir. Güncel çalışmalar, lingulanın üçgen, kesik, nodüler ve asimile biçimlerde görülebildiğini; baskın biçimin araştırılan örnekleme göre değiştiğini göstermektedir. Kuru kemik ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi çalışmalarında kullanılan ölçüm noktalarının farklılığı, bildirilen uzaklıkların doğrudan karşılaştırılmasını sınırlandırmaktadır. Mandibular prognatizm, ramus boyutları ve bireysel morfoloji de anatomik ilişkilerin yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Aksesuar foraminaların yalnızca yüzey görünümüne dayanılarak tanımlanması, bunların kanal bağlantılarının ve içeriklerinin kesin olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaz. Sonuç olarak, foramen mandibulae ve lingula mandibulae sabit koordinatlarla tanımlanabilecek yapılar değildir. Bölgenin değerlendirilmesinde kemik morfolojisi, nörovasküler devamlılık ve kullanılan referans düzlemleri birlikte ele alınmalıdır. Bu anatomik özelliklerin ve varyasyonların bilinmesi, bölgenin doğru değerlendirilmesine katkı sağlayarak anestezi ve cerrahi girişimlerde hatalı uygulamaların ve nörovasküler yaralanmaların önlenmesine yardımcı olabilir.

Anahtar kelimeler: Mandibula; foramen mandibulae; lingula mandibulae; topografik anatomi; anatomik varyasyon.

TOPOGRAPHIC ANATOMY OF THE MEDIAL SURFACE OF THE MANDIBULA: DETAILED ANATOMY OF THE FORAMEN MANDIBULAE AND LINGULA MANDIBULAE

Abstract

The medial surface of the mandible is an important topographic region for both anatomists and dentists, containing bony openings, ligament attachments, and neurovascular passageways. This review aims to examine the anatomy of the mandibular foramen and mandibular lingula in detail and comprehensively evaluate their spatial relationships within the mandibular ramus. Information was obtained from studies published within the last five years and retrieved through PubMed. The mandibular foramen is an important opening through which the inferior alveolar nerve and accompanying vessels enter the mandibular canal. The mandibular lingula, a bony projection associated with the anterior margin of the foramen, provides attachment for the sphenomandibular ligament. The branching of the mylohyoid nerve before the inferior alveolar nerve enters the mandibular foramen is important for understanding the region's neurovascular topography. Recent studies indicate that the lingula may exhibit triangular, truncated, nodular, and assimilated forms, with the predominant form varying among samples. Differences in measurement landmarks used in dry bone and cone-beam computed tomography studies limit direct comparisons of reported distances. Mandibular prognathism, ramus dimensions, and individual morphology should also be considered when interpreting anatomical relationships. Identifying accessory foramina solely by their surface appearance does not allow definitive assessment of their canal connections or contents. In conclusion, the mandibular foramen and mandibular lingula cannot be defined by fixed coordinates. Assessment of this region should integrate bone morphology, neurovascular continuity, and the reference planes used. Knowledge of these anatomical features and variations may support accurate regional assessment and help prevent procedural errors and neurovascular injuries during anesthesia and surgical interventions.

Keywords: Mandible; mandibular foramen; mandibular lingula; topographic anatomy; anatomical variation.

1. GİRİŞ

Mandibula visserocranium'a ait kafasındaki tek hareketli kemiktir. Hem mastikasyon hem de fonasyonda görev alan multifonksiyonel bir yapıdır. Mandibula'nın medial yüzü, ramus mandibulae üzerindeki açıklıklar ve bu açıklıklardan geçen nörovaskuler yapılar nedeniyle önemli topografik bir bölgedir. Ramus mandibula'nın medial yüzündeki foraman mandibulae, nervus alveolaris inferior ve eşlik eden damarların canalis mandibulae'ye girişini sağlayan önemli bir deliktir. Bu deliğin ön kenarıyla ilişkili lingula mandibulae ise bölgenin tanınmasında kullanılan belirgin anatomik landmarktır. Bölgeye yapılacak girişimsel işlemlerde bu yapıların tanınmasında ramus mandibula çevresindeki anatomik noktalar referans olarak kullanılır (Asha et al., 2023; Singh et al., 2025).

Aktüel çalışmalara bakıldığında lingula mandibulae'nin şekli ve foramen mandibulae'nin ramus sınırlarına göre yerleşiminin bireyler arasında değişkenlik göstermektedir. Mandibular prognatizm gibi iskeletsel özellikler bazı uzaklıkları etkileyebilirken, farklı araştırmalarda kullanılan ölçüm tanımları da sonuçların karşılaştırılmasını güçleştirmektedir (Sinanoglu et al., 2023). Bu derlemenin amacı, foramen mandibulae ve lingula mandibulae'nin temel anatomisini, konumsal ilişkilerini ve varyasyonlarını son beş yıldaki PubMed kayıtlı makaleler doğrultusunda değerlendirmektir.

1.1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1.1. Literatürün Seçimi ve Değerlendirme Yaklaşımı

Bu çalışmada kaynak seçimi için PubMed kayıtlarında mandibular foramen, mandibular lingula, antilingula ve mylohyoid nerve terimleriyle ilişkili yayınlar incelenmiş; 29 Ekim 2021–29 Ekim 2026 yayın dönemi esas alınmıştır. Konuyla doğrudan ilişkili kuru kemik, kadavra ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) araştırmaları değerlendirilmiştir.

1.1.2. Mandibula İç Yüzünün Topografik Düzeni

Foramen mandibulae ile lingula mandibulae, ramus mandibulae'nin medial yüzünde birbiriyle ilişkili farklı referans noktalarıdır. Foramen mandibulae, canalis mandibularis'in girişini oluşturur ve lingula mandibulae ise bu girişteki komşu kemik çıkıntısını temsil eder. Bu nedenle lingula tepesine göre yapılan bir ölçüm ile foramen kenarına göre yapılan ölçümün aynı konumu gösterdiği varsayılamaz. Vorakulpipat ve arkadaşları (2024), medial yüzün değerlendirilmesinde lingula ile foramenin anterior ve posterior kenarlarını ayrı noktalar olarak ele almıştır (Vorakulpipat et al., 2024).

Foramen mandibulae'ya ulaşan nervus alveolaris inferior'un canalis mandibularis öncesi seyri, kemik ve yumuşak doku ilişkileriyle birlikte incelenmesini gerektirir. Nervus mylohyoideus genellikle nervus alveolaris inferior'dan foramen mandibulae'ye girmeden ayrılır. Ancak bu dallanma düzeni her bireyde aynı değildir. Chandrasekaran ve arkadaşları (2025), 20 insan başının iki taraflı diseksiyonunda toplam 40 taraftan üçünde nervus mylohyoideus ile ilişkili dallanma farklılığı saptamıştır. İki tarafta dalın doğrudan nervus mandibularis'ten çıkması, kemik açıklığının tanınmasının tek başına tüm sinir ilişkilerini açıklamadığını göstermektedir (Chandrasekaran et al., 2025).

1.1.3. Foramen Mandibulae

1.1.3.1. Temel Anatomi ve Ramus Sınırlarıyla İlişkiler

Foramen mandibulae, ramus mandibulae'nin medial yüzünde bulunan ve canalis mandibulae'nin başlangıcındaki açıklıktır. Nervus alveolaris inferior ile ona eşlik eden arteria ve vena alveolaris inferior bu açıklıktan geçerek mandibula içerisine girer. Foramenin anterior kenarında, ligamentum sphenomandibulare'nin tutunduğu lingula mandibulae yer alır. Foramenin inferiorundan başlayarak anteroinferior yönde uzanan sulcus

mylohyoideus ise nervus mylohyoideus ve eşlik eden damarların seyrettiği oluğu oluşturur. Foramen mandibulae'nin ramus üzerindeki konumu; anterior ve posterior kenarlar, incisura mandibulae, angulus mandibulae ve oklüzal düzlemle olan ilişkileri üzerinden değerlendirilir. Özellikle foramenin merkezi yerine en yakın kenarının kullanılması, bildirilen uzaklığın anlamını değiştirir. Bu konumsal ilişkilerin bilinmesi, inferior alveolar sinir bloğu ve ramus mandibulae'ye yönelik cerrahi girişimler açısından önem taşır (Sinanoglu et al., 2023; Singh et al., 2025).

Singh ve arkadaşlarının (2025) 30 kuru mandibula üzerinde yürüttüğü çalışmada, foramenin ramusun anterior kenarındaki en yakın noktaya uzaklığı sağda 17,14 ± 1,64 mm, solda 17,06 ± 2,18 mm bulunmuştur. Posterior kenardaki en yakın noktaya uzaklıklar sırasıyla 10,80 ± 1,77 mm ve 10,83 ± 2,15 mm'dir. Çalışmada bu ölçümler bakımından anlamlı taraf farklılığı bildirilmemiştir. Bu açıdan girişimlerde bireysel farklılıkların değerlendirilmesi gerekmektedir.

1.1.3.2. Üç Boyutlu Konum ve Bireysel Değişkenlik

Wongsirichat ve arkadaşları (2026), 288 hemimandibulayı içeren KIBT araştırmasında foramenin mediolateral boyutunu 2,85 ± 0,47 mm, anteroposterior boyutunu 4,60 ± 0,92 mm olarak bildirmiştir. Aynı araştırmada lingula ile foramen arasındaki ölçülen uzaklık 9,75 ± 2,03 mm'dir. Bu araştırmada birden fazla doğrusal ölçüm erkeklerde daha büyük bulunurken, erişkin yaş grupları arasındaki farklılıklar daha sınırlıdır (Wongsirichat et al., 2026). Bu bulgular, ramusun genel boyutlarının lokal konum yorumuna katılması gerektiğini düşündürmektedir.

1.1.4. Lingula Mandibulae

1.1.4.1. Temel Anatomi ve Morfolojik Tipler

ramus mandibulae'nin medial yüzünde bulunan lingula mandibulae foramen mandibulae'nin anterior kenarından yükselen adı üzerinde dil biçimindeki kemik çıkıntıdır. Serbest bölümü foramenin ön sınırının belirginleşmesine katkı sağlarken tabanı ramusun kemik dokusuyla devamlılık gösterir. Bu yapının temel anatomik özelliklerinden biri gigamentum sphenomandibulare'nin mandibuladaki bu çıkıntıya tutunmasıdır. Lingula mandibulae, canalis mandibulae'ye giren nervus alveolaris inferior ve eşlik eden damarlarla yakın komşuluğu nedeniyle nörovasküler giriş bölgesinin tanınmasında önemli bir referans noktasıdır (Singh et al., 2025).

Lingulanın yüksekliği, tepesinin belirginliği ve ramus üzerindeki konumu bireyler arasında değişebilir. Konumu; ramusun anterior ve posterior kenarları, incisura mandibulae ve oklüzal düzlemle olan ilişkileri üzerinden değerlendirilir. Lingula tepesi ile foramen mandibulae aynı anatomik noktayı temsil etmediğinden, bu yapılara ait ölçümler ayrı ele alınmalıdır (Sinanoglu et al., 2023). Lingula morfolojik değerlendirmelerde üçgen, kesik, nodüler ve asimile tipler olmak üzere 4 tipte değerlendirilir. Üçgen tip, geniş bir tabandan daralan belirgin bir tepeye sahiptir. Kesik tipte üst kontur daha düz veya dörtgen görünümündedir. Nodüler tipte yuvarlak bir kemik kabarıklığı görülürken, asimile tipte çıkıntı ramusun medial yüzeyiyle bütünleşir ve belirgin bir serbest tepe seçilemeyebilir. Bu farklılıklar, lingulanın anatomik referans olarak tanınmasında oldukça önemlidir (Elhassan, 2025).

1.1.4.2. Morfolojik Dağılım ve Bilateral Simetri

90 hastanın 180 tarafını değerlendirdiği Chen ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan KIBT çalışmasında nodüler tipi %37,8, kesik tipi %32,8, üçgen tipi %24,4 ve asimile tipi %5 oranında bildirmiştir. Lingula şeklinin iki tarafta aynı olduğu hasta sayısı 47'dir (%52,2). Bu bulgu, bir tarafın morfolojisinin karşı tarafın kesin olarak tespit edilemeyeceğini göstermektedir (Chen et al., 2023).

1.1.5. İskeletsel Morfoloji ve Yardımcı Referans Noktaları

1.1.5.1. Mandibular Prognatizm

Mandibulanın kraniyofasiyal iskelete göre normalden daha önde konumlanmasıyla karakterize iskeletsel duruma mandibular prognatizm denir. Alt çenenin öne doğru belirginleşmesiyle yüz profilinde konkav bir görünüm oluşabilir. Maksilla ile mandibula arasındaki ilişkinin bozulmasına bağlı olarak iskeletsel Sınıf III ilişki görülebilir. Bununla birlikte her iskeletsel Sınıf III olgu mandibular prognatizmden kaynaklanmaz; maksillanın geride konumlanması veya her iki çeneye ait farklılıkların birlikte bulunması da bu ilişkiye neden olabilir.

Mandibular prognatizmde ramus mandibulae'nin boyut ve biçimdeki farklılık nedeniyle foramen mandibulae ve lingula mandibulae'nin çevredeki yapılarla ilişkileri değişebilir. Sinanoglu ve arkadaşları (2023), 57 prognatik ve 57 prognatik olmayan hastaya ait 228 üç boyutlu KIBT görüntüsünü değerlendirmiştir. Prognatik grupta foramen mandibulae'nin ramusun anterior kenarına ve lingula mandibulae'nin ramusun posterior kenarına uzaklıkları daha küçük; lingulanın oklüzal düzleme uzaklığı ise daha büyük bulunmuştur. Lingula ile foramen arasındaki yatay uzaklık da prognatik grupta artmıştır. Buna karşılık diğer ramusa ait referans ölçümlerinin tümünde anlamlı farklılık saptanmamıştır (Sinanoglu et al., 2023). Bu nedenle prognatizmin etkisi, bütün anatomik yapıların aynı yönde yer değiştirmesi şeklinde düşünülmemeli ve bireylere özgü değerlendirmeler yapılmalıdır.

1.1.5.2. Antilingulanın Medial Yapılarla İlişkisi

Medialdeki lingula veya foramen mandibulae ile sık karıştırılan antilingula ramusun lateral yüzünde bulunur. Vorakulpipat ve arkadaşlarının (2024) 113 kuru mandibula üzerindeki çalışmasında antilingulanın lingula ile tam çakışması yalnızca %2,5 oranındadır. Sonuçlar, dış yüzeydeki bir çıkıntının iç yüzeydeki kanal girişinin doğrudan izdüşümü sayılamayacağını göstermektedir. Balaban ve arkadaşları (2025), 120 hastanın 240 hemimandibulasında antilingula tipi ile lingulanın konumu arasındaki ilişkileri incelemiştir. Ramusların %26,25'inde antilingula saptanmamış; lingulanın göreli konumu antilingula tipleri arasında değişmiştir. Yazarlar bu işaretin tek başına kullanılmasının sinir yaralanması riskini artırabileceğini belirtmiştir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, yardımcı referans noktalarının tekli sonuçlar üzerinden değil çoklu anatomik ilişkiler içinde yorumlanması gerektiği anlaşılmaktadır.

1.1.6. Aksesuar Açıklıklar ve Nörovasküler İlişkiler

Aksesuar mandibular foraminalar, ana foramen mandibulae, foramen mentale ve lingual foraminalardan ayrı olarak bulunan ek kemik açıklıklarıdır. Singh ve arkadaşları (2025), inceledikleri kuru mandibulaların %36,66'sında bu açıklıkları bildirmiştir. Nervus mylohyoideus'un başlangıç ve dallanma örüntülerinde gösterilen farklılıklar da bölgenin nörovasküler anatomisindeki değişkenliği ortaya koymaktadır (Chandrasekaran et al., 2025). Ancak bu bulgular birbirinden ayrı değerlendirilmelidir; aksesuar bir açıklığın varlığı, içerisinden mutlaka sinir geçtiğini veya klinik girişimleri olumsuz etkileyeceğini tek başına göstermez.

1.1.7. Klinik Anatomi Açısından Değerlendirme

Alt çeneye yönelik yapılacak tüm girişimlerde tüm mesele inferior alveolar sinir bloğunun foramen mandibulae'ye girişinden önceki konumunun doğru değerlendirilmesidir. Kemik referansların değişkenliği ve kanal öncesi dallanma farklılıkları bloğun anestezisine yönelik birey bazlı işlem yapılması gerektiği göstermektedir. Ortognatik cerrahide lingula, foramen ve ramus kortikal sınırlarının birlikte değerlendirilmesi gerekir. Üç boyutlu çalışmalar, bireysel yerleşimin ve kemik boyutlarının gösterilmesine katkı sağlamaktadır (Wongsirichat et al., 2026). Antilingulanın tek başına yeterli olmaması da cerrahi planlamada çoklu referans kullanımını desteklemektedir (Balaban et al., 2025).

Tablo 1. Foramen mandibulae ve lingula mandibulae'nin temel anatomik özellikleri ve komşulukları

Anatomik yapı	Yerleşimi ve temel özellikleri	Anatomik ilişkileri	Kaynak
Foramen mandibulae	Ramus mandibulae'nin medial yüzünde bulunur ve canalis mandibulae'nin girişini oluşturur.	Nervus alveolaris inferior ve eşlik eden damarların geçiş yeridir. Anterior kenarı lingula mandibulae ile ilişkilidir.	Singh et al., 2025
Lingula mandibulae	Foramen mandibulae'nin anterior kenarında yükselen kemik çıkıntısıdır. Üçgen, kesik, nodüler veya asimile biçimde olabilir.	Ligamentum sphenomandibulare'nin tutunma alanıdır; inferior alveolar nörovasküler yapıların kanal girişine komşudur.	Singh et al., 2025; Elhassan, 2025
Canalis mandibulae	Foramen mandibulae'den başlayarak mandibula içerisinde uzanan kemik kanaldır.	Nervus alveolaris inferior ve eşlik eden damarları içerir.	Singh et al., 2025
Nervus mylohyoideus	Genellikle nervus alveolaris inferior'dan, foramen mandibulae'ye girişinden önce ayrılır.	Mandibulanın medial yüzündeki sulcus mylohyoideus boyunca seyreder; başlangıç ve dallanma varyasyonları gösterebilir.	Chandrasekaran et al., 2025
Antilingula	Ramus mandibulae'nin lateral yüzünde görülebilen kemik kabarıklığıdır.	Medial yüzeydeki lingula mandibulae ve foramen mandibulae ile konumsal ilişkisi değişkendir; bu yapıların kesin izdüşümünü oluşturmaz.	Vorakulpipat et al., 2024; Balaban et al., 2025
Aksesuar mandibular foraminalar	Ana mandibular açıklıklardan ayrı bulunan ek kemik açıklıklarıdır.	Kanal bağlantıları ve nörovasküler içerikleri yalnızca yüzey görünümlerinden belirlenemez.	Singh et al., 2025

2. SONUÇ

Foramen mandibulae ve lingula mandibulae, ramus mandibulae'nin medial yüzünde birlikte değerlendirilmesi gereken, ancak farklı anatomik referansları temsil eden yapılardır. Güncel araştırmalar, morfoloji ve konumun tek bir sabit koordinatla açıklanamayacağını göstermektedir. Lingula biçimindeki bilateral farklılıklar, iskeletsel morfolojiye bağlı konum değişiklikleri ve antilingulanın sınırlı temsil gücü, çoklu referanslarla değerlendirmeyi desteklemektedir.

Kuru kemik, kadavra ve KIBT çalışmaları bölgenin farklı yönlerini açıklamaktadır. Ölçüm noktalarının açık tanımlanması, açıklık ile kanal içeriğinin birbirinden ayrılması ve örneklem ortalamalarının bireysel anatomi yerine kullanılmaması temel gerekliliklerdir. Bu yaklaşım, bölgenin anatomik öğretimine ve anestezi ile cerrahi planlamanın anatomik temelinin anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

Referanslar

Asha, K. R., Thejeshwari, H. G., Jagadish, A. B., Alghamdi, M. A., Vidya, H. K., & Muguregowda, H. T. (2023). An Anatomical Study of Dry Mandibles to Determine the Important Surgical Reference Points in Ramus Osteotomy - An Evaluative Study. Annals of maxillofacial surgery, 13(1), 9–12. https://doi.org/10.4103/ams.ams_19_23

Balaban, E., Köse, T. E., Günaçar, D. N., Naralan, M. E., & Gonca, M. (2025). Comparison of methods for detecting mandibular lingula and can antilingula be used in lingula mandibula detection? BMC Oral Health, 25(1), 430. https://doi.org/10.1186/s12903-025-05788-8 PMID: 40140966.

Chandrasekaran, B., John, R. R., & Murugadoss, P. (2025). Anatomical Variations of Mylohyoid Nerve and Its Clinical Significance: A Cadaveric Study with Review of Literature. Journal of Maxillofacial and Oral Surgery, 24(1), 274–278. https://doi.org/10.1007/s12663-022-01787-2 PMID: 39902408.

Chen, C.-M., Lee, H.-N., Liang, S.-W., & Hsu, K.-J. (2023). Morphological Study of the Mandibular Lingula and Antilingula by Cone-Beam Computed Tomography. Bioengineering, 10(2), 170. https://doi.org/10.3390/bioengineering10020170 PMID: 36829665.

Elhassan, Y. H. (2025). Morphological Variations of the Mandibular Lingula: Clinical Implications for Surgical and Anesthetic Strategies in Adult Patients. Cureus, 17(2), e79632. https://doi.org/10.7759/cureus.79632 PMID: 40151715.

Sinanoglu, A., Seki, U., & Tokuc, B. (2023). A detailed radiomorphometric analysis of the mandibular foramen, lingula and anti-lingula with a special emphasis on mandibular prognathism. Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery, 124(1), 101260. https://doi.org/10.1016/j.jormas.2022.08.003 PMID: 35948234.

Singh, Y., Shakya, P., Saba, N. U., Singh, H., & Kumar, N. (2025). A Morphometric Study of the Mandibular Foramen, Lingula, and the Incidence of Accessory Mandibular Foramina in Dry Mandibles. Cureus, 17(3), e81087. https://doi.org/10.7759/cureus.81087 PMID: 40271342.

Vorakulpipat, C., Arayapisit, T., Topothai, P., Bhunyanaphakul, V., Tiptimaphan, K., Apilakkitakul, N., & Chantadul, V. (2024). Determining the position of the lingula and the mandibular foramen using the antilingula in orthognathic surgery. BMC Oral Health, 24(1), 499. https://doi.org/10.1186/s12903-024-04286-7 PMID: 38678231.

Wongsirichat, N., Yongvikul, A., Khanijou, M., Kumchai, T., & Wongsirichat, N. (2026). Three-dimensional cone-beam computed tomography analysis of the mandibular lingula and mandibular foramen with clinical implications for ramus osteotomy. Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery, 127(5), 102799. https://doi.org/10.1016/j.jormas.2026.102799 PMID: 41921612.

PALATUM DURUM'UN ANATOMİK YAPISI VE TOPOGRAFİSİ: FORAMEN PALATINUM MAJUS VE CANALIS INCISIVUS

Dr. Öğr. Üyesi Onur Seçgin NİŞANCI

ORCID: 0000-0003-3682-5795

onurnisanci2024@gmail.com

T.C. Kafkas Üniversitesi, Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Kars, Türkiye

Özet

Palatum durum, ağız ve burun boşluklarını birbirinden ayıran, nörovasküler geçişleri ve kemik komşuluklarıyla önemli bir yapıdır. Bu derlemenin amacı, foramen palatinum majus ve canalis incisivus'un ayrıntılı anatomisini ele almak ve bu yapıların sert damak üzerindeki konumsal ilişkilerini bir bütün halinde değerlendirmektir. Palatum durum'un oluşumunda ön üç bölü dörtlük kısmını maxilla'nın processus palatinus'u kalan bir bölü dörtlük kısmını ise ve os palatinum'un lamina horizontalis'i oluşturur. Foramen palatinum majus palatum durum'un posterolateralinde yer alır; arteria palatinus major, vena palatinus major ve nervus palatinus major bu delikten geçerek palatum durum'un mukozasını ve bezlerini besler. Açıklığın üst molar dişlerle, sutura palatina mediana ve sert damağın arka kenarıyla ilişkisi, bölgenin anatomik değerlendirilmesinde kullanılan başlıca referanslardır. Canalis incisivus ise ön orta hatta, üst santral kesici dişlerin posteriorunda yer alır ve burun boşluğu ile ağız boşluğu arasında nörovasküler bir geçiş oluşturur. Kanalın önemli içeriği olan nervus nasopalatinus, ön damak bölgesinin duyusal innervasyonuna katılır. Güncel çalışmalar, foramen palatinum majus'un konumu ve canalis incisivus'un uzunluğu, çapı, yönelimi ve dallanma biçiminde bireysel farklılıklar bulunduğunu göstermektedir. Bu bireysel farklılıklar nedeniyle kuru kemik ve görüntüleme çalışmalarında kullanılan referans noktalarının değişkenlik gösterebilir. Sonuç olarak palatum durum'un topografik anatomisinin detaylı olarak bilinmesi bölgenin doğru değerlendirilmesine katkıda bulunarak anestezi ve cerrahi girişimlerde hatalı uygulamaların ve nörovasküler yaralanmaların önlenmesine yardımcı olabilir.

Anahtar kelimeler: Palatum durum; foramen palatinum majus; canalis incisivus; topografik anatomi; anatomik varyasyon.

ANATOMICAL STRUCTURE AND TOPOGRAPHY OF THE HARD PALATE: THE GREATER PALATINE FORAMEN AND INCISIVE CANAL

Abstract

The hard palate separates the oral and nasal cavities and is an important anatomical structure because of its neurovascular passages and bony relationships. This review aims to describe the detailed anatomy of the greater palatine foramen and incisive canal and to comprehensively evaluate their spatial relationships within the hard palate. The anterior three-quarters of the hard palate are formed by the palatine processes of the maxillae, whereas the posterior quarter is formed by the horizontal plates of the palatine bones. The greater palatine foramen is located in the posterolateral region of the hard palate. The greater palatine artery, vein, and nerve pass through this foramen, providing vascular supply and sensory innervation to the palatal mucosa and glands. Its relationships with the maxillary molars, median palatine suture, and posterior border of the hard palate serve as key anatomical landmarks for evaluating this region. The incisive canal is located in the anterior midline, posterior to the maxillary central incisors, and provides a neurovascular passage between the nasal and oral cavities. The nasopalatine nerve, a major component of the canal's contents, contributes to the sensory innervation of the anterior palatal region. Current studies demonstrate individual variations in the position of the greater palatine foramen and in the length, diameter, orientation, and branching pattern of the incisive canal. These individual differences may affect the consistency of anatomical reference points used in dry bone and imaging studies. In conclusion, a detailed understanding of the topographic anatomy of the hard palate may facilitate accurate regional assessment and help prevent procedural errors and neurovascular injuries during anesthesia and surgical interventions.

Keywords: Hard palate; greater palatine foramen; incisive canal; topographic anatomy; anatomical variation.

1. GİRİŞ

Palatum ağız ile burun boşluklarını birbirinden ayıran ve aynı zamanda ağız boşluğunun tavanını oluşturan anatomik yapıdır. Önde sert damak diye ifade ettiğimiz kemik destekli palatum durum, arkada ise yumuşak damak diye ifade edilen palatum molle'den oluşur. Palatum durum, dile çiğneme ve yutma sırasında sabit bir yüzey sağlar ve besinlerin ağız içerisinde işlenmesine ve konuşma seslerinin oluşturulmasına katkıda bulunur.

Palatum durum'un oluşumuna baktığımızda üç bölü dörtünün önde maxilla'ların processus palatinus'u, bir bölü dördünü ise arkada os palatinum'ların lamina horizontalis'leri meydana getirir. Bu kemik bileşenler orta hatta sutura palatina mediana, enine doğrultuda ise sutura palatina transversa aracılığıyla birleşir. Alt yüz ağız boşluğuna bakar. Üst yüz ise burun boşluğunun tabanına katılır. Arkada palatum molle ile devam eden bu yapı yanlarda üst alveolar arklar (arcus alveolaris maxillae) ile çevrilidir. Oral yüzünü örten çiğneme mukozası, alttaki kemik ve bağ dokusuyla yakın ilişki içerisindedir; mukozanın kalınlığı ve submukozal dokuların dağılımı bölgelere göre farklılık gösterir (García-Caballero et al., 2023; Suzuki et al., 2026). Palatum durum üzerindeki açıklıklar damar ve nörovasküler yapıların ağız içine geçişinde önemli rol oynar. Posterolateralde bulunan foramen palatinum majus, canalis palatinus major'un ağız boşluğuna açıldığı bölümü oluşturur ve palatinal damar-sinir demetinin geçişine olanak sağlar. Ön orta hatta, üst santral kesici dişlerin posteriorunda yer alan canalis incisivus ise burun tabanı ile palatum durumun ön kısmı arasında uzanır. Bu yapıların dişler, sütürler ve örtü dokularıyla ilişkileri palatum durum'un topografik anatomisinin açısından oldukça önemlidir (Sarna et al., 2023; Lafci Fahrioglu et al., 2024).

Bu derlemenin amacı, palatum durum'un kemik yapısını, yüzey özelliklerini ve komşuluklarını açıklamak; foramen palatinum majus ile canalis incisivus'un yerleşimini, seyrini ve nörovasküler içeriklerini bir bütün hâlinde değerlendirmektir. Bu amaçla 29 Ekim 2021–29 Ekim 2026 döneminde yayımlanmış PubMed kayıtlı araştırmalarından yararlanılmıştır.

1.1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1.1. Kemik Yapı ve Topografik Sınırlar

Palatum durum'un sağ ve sol maxilla'nın processus palatinus'ları ile os palatinum'ların lamina horizontalis'lerinden oluşur. Yüzde 75 ini maxilla kalan yüzde 25'ini ise os palatinum oluşturur. Maxilla'nın processus palatinus'u, gövdesinin medialinden yatay olarak uzanan kalın bir kemik çıkıntıdır. Lateralde processus alveolaris ile devamlılık gösterirken medialde karşı tarafın processus palatinus'u ile birleşir. Posterior kenarı ise os palatinum'un lamina horizontalis'inin anterior kenarıyla eklemleşir. Bu şekilde dört oluşumun birleşmesi ile ağız ve burun boşlukları arasında kesintisiz bir kemik bölme oluşur (Kumar et al., 2023).

İki taraf kemik bileşenlerin medial kenarları arasında sutura palatina mediana bulunur. Bu sütürün anterior bölümü iki maxilla'nın processus palatinus'ları, posterior bölümü ise iki os palatinum'un lamina horizontalis'leri arasındadır. Maxiller ve palatinal bölümlerin birleşme çizgisi sutura palatina transversa olarak adlandırılır. Bu iki sütür, kemik damağın inferior yüzünde çaprazlaşan bir düzen meydana getirir. Bu sütürler sağ ve sol damak yarılarının ayrımında ve palatinal açıklıkların konumlandırılmasında kullanılan temel kemik referanslardan biridir (Radošević et al., 2023). Palatum durumun inferior yüzü konkavdır. Bu yüzün lateral bölümleri alveolar çıkıntılara doğru yükselerek damak kubbesini oluşturur. Kemik yüzeyde palatinal damar ve sinirlerin seyrine eşlik eden oluklar ile küçük nörovasküler açıklıklar bulunur. Ön orta hatta foramen incisivum, posterolateralde ise foramen palatinum majus yer alır (Iwanaga et al., 2025). Superior yüz, cavitas nasi'nin tabanına katılır. . Sağ ve sol kemik bileşenlerin medial kenarları bu yüzde yükselerek crista nasalis'i oluşturur. ve bu yapı vomer'in inferior kenarıyla eklemleşerek septum nasi'ye destek sağlar. Palatum durum'un posterior kenarı serbesttir ve palatum molle'nin bu bölgeye tutunur. İki lamina horizontalis'in posterior kenarlarının medial uçları birleşerek spina nasalis posterior'u meydana getirir. Üst alveolar ark (arcus alveolaris maxillae) damağın ön ve yan sınırlarını

oluşturur. Dolayısıyla damağın genişliği, uzunluğu ve kubbe derinliği; alveolar çıkıntılar ve diş arkıyla birlikte değerlendirilmelidir. Kemik ve mukozal bileşenlerin ayrı fakat ilişkili yapılar olarak incelenmesi, sert damağın üç boyutlu düzeninin anlaşılmasını sağlar (Suzuki et al., 2026).

Damak embriyolojik olarak primer ve sekonder damak bölümlerinden gelişir. Primer damak, medial nazal çıkıntıların birleşmesiyle oluşan intermaksiller segmentle ilişkilidir ve foramen incisivum'un anteriorundaki küçük damak bölümünü meydana getirir. Sekonder damak ise maxiller çıkıntılardan gelişen sağ ve sol palatinal çıkıntılardan oluşur. Dilin iki yanında daha dik konumlanan bu çıkıntılar, gelişim sırasında yükselerek yatay konuma geçer ve orta hatta birbirleriyle birleşir. Anteriorda primer damakla, superiorda nazal septumla bütünleşmeleri, ağız ve burun boşluklarının ayrılmasını sağlar. Bu gelişimsel düzen, erişkin damaktaki orta hat ilişkileri ile foramen incisivum'un topografik öneminin anlaşılması ve oluşacak patolojilerin gelişimi açısından temel oluşturmaktadır (Nohara et al., 2022)

1.1.2. Oral Yüz ve Örtü Dokuları

Oral yüzde orta hatta raphe palati uzanır ve iki yanında plicae palatinae transversae, posteriorunda ise papilla incisiva bulunur. Foramen incisivum bu papillanın derinindedir. Posterolateralde foramen palatinum majus ve daha posteriorunda foramina palatina minora yer alır (Alhumaidi et al., 2024; Lafci Fahrioglu et al., 2024). Palatum durum'un çiğneme mukozası, çoğunlukla keratinize çok katlı yassı epitel ve yoğun bağ dokulu lamina propria'dan oluşur. Submukozanın kalınlığı ve içeriği bölgesel olarak değişir; yağ dokusu, palatinal bezler, damarlar ve sinir demetleri içerir. Müköz bezler posteriora doğru belirginleşir. Orta hatta mukozanın periostla sıkı ilişkisi içerisinde olup lateral bölgelerde ise değişken submukozal yapı dikkati çeker (García-Caballero et al., 2023; Karadag & Yilmaz, 2021).

1.1.3. Canalis Palatinus Major ve Foramen Palatinum Majus

Fossa pterygopalatina'dan sert damağın posterolateraline uzanan kanala canalis palatinus major denir. Maxilla ve os palatinum'un komşu yüzlerindeki olukların kapanması kanalın oluşumuna katılır. Medialinde cavitas nasii, anterior komşuluğunda sinus maxillaris'in, posteriorunda regio pterigoidea bulunur. Kanalın inferior açıklığı foramen palatinum majus'tur. Kanal içerisinde nervus palatinus major'un arteria palatina descendens'in medialinde seyrettiği gösterilmiştir (Taniguchi et al., 2024).

Foramen palatinum majus, sert damağın arka kenarında bulunan bir çift açıklıktır. Arteria ve vena palatina major, nervus palatinus major bu açıklıktan damağa ulaşır. Konumu üst molarlar, sutura palatina mediana ve damağın arka kenarıyla ilişkileri üzerinden tanımlanır (Lafci Fahrioglu et al., 2024). Kuru kafatası araştırmasında orta hat sütürüne ortalama uzaklığı 15,94 mm, arka kemik kenara uzaklığı 2,05 mm bulunmuştur (Radošević et al., 2023).

1.1.4. Palatinal Damar ve Sinirlerin Seyri

Arteria palatina major, arteria maxillaris'ten orjin alan arteria palatina descendens'in büyük dalıdır. Foramen palatinum majus'tan çıktıktan sonra alveolar kenara yakın olarak öne ilerler ve palatinal dokulara dallar verir (Herman et al., 2022). Damak ve dişlerin beslenmesni sağlar. Nervus palatinus major, sert damak mukozasının büyük bölümü ve palatinal gingivayla ilişkili duyusal dağılım gösterir; ön damakta nervus nasopalatinus'un dağılım alanıyla komşudur. Palatinal oluklar çevresindeki küçük kemik açıklıklarınında desteği ile palatinal damar ve sinir dallarının alveolar kemik ve periodontal dokularla da ilişki içerisindedir (Iwanaga et al., 2025).

1.1.5. Canalis Incisivus

Ön maxilla'nın orta hattında olan ve üst santral kesici dişlerin posteriorunda yer alan canalis incisivus burun tabanı ile ön damak arasında uzanır. Ağız içerisindeki açıklığı foramen incisivum'dur; üstte bir veya birden

fazla nazal açıklık bulunabilir. Kanalın anterior duvarı ile kesici diş kökleri arasında maxiller kemik yer alır (Sarna et al., 2023). Kanalın temel sinir içeriği nervus nasopalatinus'tur. Nervus maxillaris ile ilişkili bu sinir, nazal septum boyunca anteroinferiora ilerleyerek ön damağa ulaşır ve ön palatinal mukoza ile gingivanın duyusal innervasyonunu alır (Alhumaidi et al., 2024).

1.1.6. Varyasyonlar ve Kısa Klinik İlişki

Foramen palatinum majus'un molar dişlere göre konumu ve oval, yuvarlak ya da yarık benzeri biçimi değişebilir. Canalis palatinus major'un medial duvarında nazal mukozaya damar ve sinir dallarının geçtiği dehisanslar bulunabilir (Lafci Fahrioglu et al., 2024; Taniguchi et al., 2024). Canalis incisivus ise tek, çift veya Y biçimli düzen; sagittal kesitte silindirik, huni ya da kum saati görünümü gösterebilir (Sarna et al., 2023; Alhumaidi et al., 2024). Bu farklılıklar, nörovasküler yapıların konumunu etkileyerek bölgesel anestezi ve cerrahi girişimlerle anatomik ilişki kurar.

2. SONUÇ

Palatum durum'un anatomisi; kemik bileşenleri ve sütürleri, oral ve nazal yüzleri, örtü dokuları ve nörovasküler geçişleri birlikte değerlendirilerek anlaşılır. Canalis incisivus ise anterior nazopalatin bağlantıyı oluştururken foramen palatinum majus posterior palatinal bağlantıyı sağlar. Yapıların ve bölgenin detaylı anatomisi ve varyasyomlarının bilinmesi bölgesel anestezi ve cerrahi girişimleri daha başarılı ve güvenli hale getirebilir.

Referanslar

Alhumaidi, A. M., Aseri, A. A., Alahmari, M. M. M., Adawi, H. A., Aldhorae, K., Gadah, T. S., Sayed, M. E., Al Ahmari, N. M., Daghriri, A. A., Alzahrani, A. H., & Al Moaleem, M. M. (2024). Morphological and dimensional analysis of the nasopalatine canal: Insights from cone-beam computed tomography imaging in a large cohort. *Medical Science Monitor, 30*, e944424. https://doi.org/10.12659/MSM.944424. PMID: 38870101.

García-Caballero, L., Gándara, M., Cepeda-Emiliani, A., Gallego, R., Gude, F., Suárez-Quintanilla, J., Ramos-Barbosa, I., & Blanco-Carrión, J. (2023). Histological and histomorphometric study of human palatal mucosa: Implications for connective tissue graft harvesting. *Journal of Clinical Periodontology, 50*(6), 784–795. https://doi.org/10.1111/jcpe.13800. PMID: 36872046.

Herman, L., Font, K., Soldatos, N., Chandrasekaran, S., & Powell, C. (2022). The surgical anatomy of the greater palatine artery: A human cadaver study. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 42*(2), 233–241. https://doi.org/10.11607/prd.4945. PMID: 35353093.

Iwanaga, J., Takeshita, Y., Anbalagan, M., Zou, B., Toriumi, T., Kunisada, Y., Ibaragi, S., & Tubbs, R. S. (2025). The greater palatine nerve and artery both supply the maxillary teeth: An anatomic and radiologic study. *Journal of the American Dental Association, 156*(2), 151–159.e1. https://doi.org/10.1016/j.adaj.2024.11.012. PMID: 39808103.

Karadag, I., & Yilmaz, H. G. (2021). Palatal mucosa thickness and palatal neurovascular bundle position evaluation by cone-beam computed tomography-retrospective study on relationships with palatal vault anatomy. *PeerJ, 9*, e12699. https://doi.org/10.7717/peerj.12699. PMID: 35036169.

Kumar, N., Bv, M., Bhaskar, R., Aithal, A. P., Rao, M. K., & Bhat, K. M. (2023). Morphometric analysis of the palatine triangle in adult human skulls: a potential aid for anthropologists and intraoral bone grafts. Forensic Science, Medicine, and Pathology, 19(4), 499–506. https://doi.org/10.1007/s12024-023-00577-7

Lafci Fahrioglu, S., Firincioglulari, M., & Orhan, K. (2024). Gender-specific variations in greater palatine foramen anatomy: Insights from CBCT scans in the North Cyprus population. *Medical Science Monitor, 30*, e945466. https://doi.org/10.12659/MSM.945466. PMID: 39210564.

Nohara, A., Owaki, N., Matsubayashi, J., Katsube, M., Imai, H., Yoneyama, A., Yamada, S., Kanahashi, T., & Takakuwa, T. (2022). Morphometric analysis of secondary palate development in human embryos. Journal of Anatomy, 241(6), 1287–1302. https://doi.org/10.1111/joa.13745

Radošević, D., Erić, M., Marić, D., Vučinić, N., Knezi, N., Pupovac, N., & Ilić, A. (2023). Morphology of the greater palatine foramen: A clinical point of view. *Surgical and Radiologic Anatomy, 45*(8), 1001–1007. https://doi.org/10.1007/s00276-023-03188-7. PMID: 37392229.

Sarna, K., Estreed, M. A., Sonigra, K. J., Amuti, T., Opondo, F., Kamau, M., & Ngeow, W. C. (2023). Anatomical patterns of the nasopalatine canal and incisive foramen in an African setting: A cross-sectional study. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction, 16*(3), 222–233. https://doi.org/10.1177/19433875221100943. PMID: 37975024.

Suzuki, Y., Kondo, S., Kuroe, S., & Negishi, S. (2026). CT-based three-dimensional morphometric analysis of the bony palate and hard palatal mucosa in female orthognathic surgery candidates. *Frontiers in Oral Health, 7*, 1763657. https://doi.org/10.3389/froh.2026.1763657. PMID: 42205173.

Taniguchi, S., Yamamoto, M., Tanaka, T., Yang, T., Watanabe, G., Sugiyama, Y., Takagi, T., Murakami, G., Hayashi, S., & Abe, S. (2024). Anatomical study of pterygoid implants: Artery and nerve passage through bone dehiscence of the greater palatine canal. *International Journal of Implant Dentistry, 10*(1), 51. https://doi.org/10.1186/s40729-024-00560-z. PMID: 39508991.

İNMEYI TAKLIT EDEN DONMUŞ OMUZ SENDROMU: GENÇ BIR ERIŞKINDE TANISAL BIR ZORLUK

FROZEN SHOULDER MİMİCKİNG ACUTE STROKE: A DİAGNOSTİC CHALLENGE İN A YOUNG ADULT

Uzman Doktor, Neslihan ŞAHİN

ORCID: 0000-0002-7371-1167

neslihansahin585@gmail.com

Um Slal health Center, PHCC, Doha, Qatar

ÖZET

Giriş: Akut tek taraflı üst ekstremite hareket kısıtlılığı, acil serviste inme şüphesi oluşturabilir. Bununla birlikte kas-iskelet sistemi hastalıkları nörolojik güç kaybını taklit edebilir. Adeziv kapsülit veya donmuş omuz, omuz ağrısı ile aktif ve pasif hareket açıklığında kısıtlılıkla karakterizedir. Bu olguda, tek taraflı üst ekstremite fonksiyon kaybı nedeniyle başlangıçta inme açısından değerlendirilen genç bir hasta sunulmuştur.

Olgu: Otuz beş yaşında erkek hasta, sağ üst ekstremitesini hareket ettirmede belirgin güçlük şikâyetiyle acil servise başvurdu. Tek taraflı fonksiyon kaybı nedeniyle akut inme öncelikle düşünüldü. Nörolojik muayenede bilinç ve konuşma normaldi; fasiyal asimetri, duyu kusuru, alt ekstremite güç kaybı veya serebellar bulgu saptanmadı. El kavrama ve distal kas gücü korunmuştu. Kontrastsız kraniyal bilgisayarlı tomografide akut intrakraniyal patoloji izlenmedi. Ayrıntılı kas-iskelet sistemi muayenesinde sağ omuzda, özellikle dış rotasyon ve abdüksiyonda, hem aktif hem pasif hareketlerde ağrılı ve belirgin kısıtlılık saptandı. Omuz grafisinde akut kemik patolojisi görülmedi. Korunmuş distal kas gücü, fokal nörolojik defisit bulunmaması ve pasif omuz hareketlerinin kısıtlı olması kas-iskelet sistemi kaynaklı bir nedeni destekledi. Hastaya adeziv kapsülit tanısı konularak analjezik/antiinflamatuvar tedavi, eklem hareket açıklığı egzersizleri ve fizik tedavi önerildi.

Tartışma: İnme zaman açısından kritik bir tanıdır; ancak gerçek parezi ile ağrıya veya mekanik kısıtlılığa bağlı hareket kaybının ayrılması önemlidir. Distal kas gücünün korunması ve aktif hareketlerle birlikte pasif hareketlerin de kısıtlanması adeziv kapsülit lehine önemli ipuçlarıdır.

Sonuç: Adeziv kapsülit, belirgin tek taraflı üst ekstremite fonksiyon kaybıyla akut inmeyi taklit edebilir. Ayrıntılı nörolojik ve kas-iskelet sistemi muayenesi doğru ayırıcı tanıya ulaşılmasını sağlayabilir; özellikle izole kol hareket kısıtlılığının başvuru yakınması olduğu genç erişkin hastalarda önemlidir.

Anahtar kelimeler: Adeziv kapsülit, donmuş omuz, inme taklitçisi

FROZEN SHOULDER MİMİCKİNG ACUTE STROKE: A DİAGNOSTİC CHALLENGE İN A YOUNG ADULT

ABSTRACT

Introduction: Acute unilateral upper-extremity movement limitation may raise concern for stroke in the emergency department. However, musculoskeletal disorders can mimic neurological weakness. Adhesive capsulitis, or frozen shoulder, is characterized by pain and restriction of active and passive shoulder motion. We present a young patient initially evaluated for stroke because of unilateral upper-limb dysfunction.

Case Presentation: A 35-year-old man presented with marked difficulty moving his right upper extremity. Because of unilateral functional loss, acute stroke was initially considered. Neurological examination showed normal consciousness and speech, with no facial asymmetry, sensory deficit, lower-extremity weakness, or cerebellar signs. Hand-grip and distal muscle strength were preserved. Non-contrast cranial computed tomography revealed no acute intracranial pathology. Detailed musculoskeletal examination demonstrated painful restriction of both active and passive right shoulder movements, particularly external rotation and abduction. Shoulder radiography showed no acute osseous pathology. Preserved distal strength, absence of focal neurological deficits, and restricted passive shoulder motion supported a musculoskeletal cause. Adhesive capsulitis was diagnosed, and analgesic/anti-inflammatory therapy, range-of-motion exercises, and physiotherapy were recommended.

Discussion: Stroke is a time-critical diagnosis; nevertheless, differentiating true paresis from pain-related or mechanically restricted movement is essential. Preserved distal strength and limitation of passive as well as active shoulder movements are important clues favoring adhesive capsulitis.

Conclusion: Adhesive capsulitis may mimic acute stroke through marked unilateral upper-extremity dysfunction. Careful neurological and musculoskeletal examination, including assessment of passive shoulder motion, can facilitate accurate differential diagnosis and prevent misinterpretation of mechanical limitation as neurological weakness, especially when isolated arm dysfunction is the presenting complaint.

Key words: Adhesive capsulitis; frozen shoulder; stroke mimic

GİRİŞ

Akut gelişen tek taraflı üst ekstremite güçsüzlüğü veya hareket kısıtlılığı, özellikle acil serviste öncelikle serebrovasküler olay (SVO) açısından değerlendirilmesi gereken önemli bir klinik tablodur. Bununla birlikte, bazı kas-iskelet sistemi hastalıkları nörolojik defisitleri taklit ederek tanısal güçlüğe neden olabilir. Donmuş omuz olarak da bilinen adeziv kapsülit; omuz ağrısı ile birlikte aktif ve pasif eklem hareket açıklığında progresif kısıtlanma ile karakterizedir. Bu olguda, başlangıçta akut SVO şüphesiyle değerlendirilen ve ayrıntılı değerlendirme sonucunda adeziv kapsülit tanısı alan genç bir erkek hasta sunulmuştur.

Olgu Sunumu

Otuz beş yaşında erkek hasta, sağ üst ekstremitesini hareket ettirmekte güçlük şikâyetiyle acil servise başvurdu. Hastanın özellikle sağ kolunu yukarı kaldırmakta belirgin güçlük tariflemesi üzerine akut serebrovasküler olay açısından değerlendirmeye alındı.

Yapılan nörolojik değerlendirmede hastanın bilinci açık, oryante ve koopereydi. Konuşması doğaldı ve fasiyal asimetri saptanmadı. Alt ekstremitelerde motor kayıp, duyu kusuru, görme bozukluğu veya serebellar bulgu tespit edilmedi. Etkilenen ekstremitede distal kas gücü ve el kavrama gücü korunmuştu. Pronator drift saptanmadı. Nörolojik muayenede akut serebrovasküler olayı destekleyen belirgin fokal nörolojik defisit bulunmadı.

Tek taraflı üst ekstremite hareket kısıtlılığı nedeniyle akut SVO başlangıçta önemli bir ayırıcı tanı olarak değerlendirildi. Çekilen kontrastsız kraniyal bilgisayarlı tomografide akut intrakraniyal patoloji saptanmadı. Klinik ve nörolojik değerlendirme sonucunda akut serebrovasküler olay ön planda düşünülmedi.

Hastanın kas-iskelet sistemi muayenesi ayrıntılandırıldığında sağ omuz hareketleri sırasında belirgin ağrı olduğu ve hem aktif hem de pasif glenohumeral eklem hareket açıklığının ileri derecede kısıtlandığı görüldü. Özellikle dış rotasyondaki kısıtlılık dikkat çekiciydi ve bunu abdüksiyon kısıtlılığı takip ediyordu. Hastanın kolunu hareket ettirmekteki güçlüğünün gerçek nörolojik kas güçsüzlüğünden ziyade ağrı ve mekanik eklem hareket kısıtlılığına bağlı olduğu değerlendirildi.

Hastanın özgeçmişinde belirgin omuz travması, geçirilmiş omuz cerrahisi veya uzun süreli immobilizasyon öyküsü bulunmuyordu. Sekonder nedenlerin araştırılması amacıyla değerlendirilen kan glukozu/HbA1c ve tiroid fonksiyon testleri normal sınırlardaydı. Omuz direkt grafisinde kırık, dislokasyon veya belirgin dejeneratif değişiklik saptanmadı.

Klinik bulgular ve diğer nörolojik ve kas-iskelet sistemi nedenlerinin dışlanması sonucunda hastaya **adeziv kapsülit (donmuş omuz sendromu)** tanısı konuldu.

Hastaya analjezik ve antiinflamatuvar tedavinin yanı sıra fizik tedavi ve eklem hareket açıklığını artırmaya yönelik egzersiz programı başlandı. Takiplerinde omuz ağrısında azalma ve eklem hareket açıklığında kademeli iyileşme gözlendi.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tartışma

İnme zaman açısından kritik bir tanı olup, akut gelişen tek taraflı ekstremite fonksiyon kaybında hızlı nörolojik değerlendirme gereklidir. Bununla birlikte, her ekstremite hareket kaybı gerçek nörolojik güçsüzlük anlamına gelmemektedir. Klinik bulgular santral nörolojik bir lezyonla uyumlu olmadığında “inme taklitçileri” ayırıcı tanıda değerlendirilmelidir.

Bu olguda distal kas gücünün korunmuş olması, fasiyal veya alt ekstremite tutulumunun bulunmaması, konuşma ve duyu bozukluğunun olmaması ve diğer fokal nörolojik bulguların saptanmaması akut inmeye karşı önemli klinik ipuçlarıydı. En önemli ayırt edici bulgu ise ayrıntılı omuz muayenesinde **aktif hareketlerin yanı sıra pasif**

hareketlerin de kısıtlı olduğunun gösterilmesiydi. Özellikle dış rotasyondaki belirgin kısıtlılık, nörolojik güç kaybından çok glenohumeral ekleme ait mekanik bir patolojiyi düşündürdü.

Adeziv kapsülit genellikle gerçek akut motor güç kaybından ziyade giderek artan omuz ağrısı ve sertliği ile ortaya çıkar. Ancak şiddetli ağrı ve ileri derecede hareket kısıtlılığı hasta tarafından kolunda güçsüzlük olarak ifade edilebilir ve ilk değerlendirmede nörolojik bir defisit olarak algılanabilir.

Bu olgu, izole üst ekstremite fonksiyon kaybıyla başvuran hastalarda nörolojik değerlendirmenin yanı sıra ayrıntılı kas-iskelet sistemi muayenesinin önemini göstermektedir. Özellikle gerçek parezi ile ağrıya veya mekanik kısıtlılığa bağlı hareket kaybının birbirinden ayrılması doğru tanıya ulaşmada kritik öneme sahiptir.

Sonuç

Adeziv kapsülit, tek taraflı üst ekstremite hareket kaybı ile prezente olarak nadiren akut serebrovasküler olayı taklit edebilir. İzole üst ekstremite hareket kısıtlılığı bulunan, distal kas gücü korunmuş ve diğer fokal nörolojik bulguları olmayan hastalarda kas-iskelet sistemi nedenleri de düşünülmelidir. Aktif ve pasif eklem hareket açıklığının birlikte değerlendirilmesi ve özellikle omuz dış rotasyonundaki kısıtlılığın saptanması ayırıcı tanıda önemli bir klinik ipucu olabilir.

Anahtar Kelimeler: Adeziv kapsülit, donmuş omuz, inme taklitçisi, serebrovasküler olay, üst ekstremite güçsüzlüğü, acil servis

FROZEN SHOULDER MIMICKING ACUTE STROKE: A DIAGNOSTIC CHALLENGE IN A YOUNG ADULT

Introduction

Acute unilateral upper-limb weakness or restricted movement is a common presentation that may raise immediate concern for cerebrovascular accident (CVA), particularly in the emergency setting. However, musculoskeletal disorders can occasionally mimic neurological deficits and lead to diagnostic uncertainty. Adhesive capsulitis, commonly known as frozen shoulder, is characterized by shoulder pain and progressive restriction of both active and passive range of motion. We present a case of adhesive capsulitis initially evaluated as a possible acute stroke.

Case Presentation

A 35-year-old male presented to the emergency department with difficulty moving his right upper extremity. The patient reported marked limitation in raising his right arm, which initially raised concern for an acute cerebrovascular event.

An urgent neurological assessment was performed. The patient was alert and oriented, with normal speech and no facial asymmetry. Examination revealed no lower-extremity weakness, sensory deficit, visual disturbance, or cerebellar signs. Distal motor strength, including hand grip, was preserved. There was no pronator drift. Stroke assessment revealed no significant focal neurological deficit.

Because of the unilateral upper-limb movement limitation, acute stroke remained an important initial differential diagnosis. **Non-contrast cranial computed tomography showed no evidence of acute intracranial pathology.** Further neurological evaluation did not support an acute cerebrovascular event.

A more detailed musculoskeletal examination revealed significant pain on movement of the right shoulder and marked restriction of both active and passive glenohumeral range of motion. External rotation was particularly restricted, followed by abduction. The apparent inability to move the arm was therefore related to painful mechanical restriction at the shoulder rather than true neurological weakness.

There was no history of significant shoulder trauma, previous surgery, or prolonged immobilization. Laboratory investigations for potential secondary causes, including glucose/HbA1c and thyroid function tests, were unremarkable. Shoulder radiography demonstrated no fracture, dislocation, or significant degenerative changes.

Based on the characteristic clinical findings and exclusion of neurological and other musculoskeletal causes, the patient was diagnosed with adhesive capsulitis.

Conservative management with analgesia, anti-inflammatory treatment, physiotherapy, and range-of-motion exercises was initiated. During follow-up, shoulder pain and range of motion gradually improved.

Discussion

Stroke is a time-critical diagnosis, and acute unilateral limb dysfunction should prompt rapid neurological assessment. However, not every apparent limb weakness represents a primary neurological disorder. Stroke mimics should be considered when the clinical findings are inconsistent with a central neurological lesion.

In this patient, preserved distal motor function, absence of facial or lower-extremity involvement, lack of sensory or speech abnormalities, and absence of other focal neurological signs argued against an acute stroke. Most importantly, detailed shoulder examination demonstrated restriction of **both active and passive movements**, particularly external rotation, suggesting a mechanical glenohumeral disorder rather than neurological weakness.

Adhesive capsulitis typically presents with gradually progressive shoulder pain and stiffness rather than true acute motor weakness. Nevertheless, severe pain and restricted movement may be perceived by the patient, or initially

interpreted clinically, as upper-limb weakness. Careful differentiation between true paresis and pain-related or mechanically restricted movement is therefore essential.

This case also highlights the importance of examining the affected joint in patients presenting with isolated limb dysfunction. A focused neurological examination should be complemented by musculoskeletal assessment when the pattern of weakness is atypical for stroke.

Conclusion

Adhesive capsulitis may occasionally present as apparent unilateral upper-limb weakness and mimic an acute cerebrovascular event. In patients with isolated upper-extremity movement limitation, preserved distal strength and absence of other focal neurological deficits should prompt consideration of musculoskeletal causes. Assessment of both active and passive range of motion, particularly external rotation of the shoulder, can provide an important diagnostic clue. A systematic neurological and musculoskeletal examination may help distinguish stroke from its mimics while avoiding unnecessary diagnostic delay.

Keywords: Adhesive capsulitis; frozen shoulder; stroke mimic; cerebrovascular accident; upper-limb weakness; emergency department; differential diagnosis

Kaynaklar

Challoumas, D., Biddle, M., McLean, M., & Millar, N. L. (2020). Comparison of treatments for frozen shoulder: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open, 3*(12), e2029581. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.29581 PubMed

Hand, C., Clipsham, K., Rees, J. L., & Carr, A. J. (2008). Long-term outcome of frozen shoulder. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 17*(2), 231–236. https://doi.org/10.1016/j.jse.2007.05.009 PubMed

Kelley, M. J., Shaffer, M. A., Kuhn, J. E., Michener, L. A., Seitz, A. L., Uhl, T. L., Godges, J. J., & McClure, P. W. (2013). Shoulder pain and mobility deficits: Adhesive capsulitis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 43*(5), A1–A31. https://doi.org/10.2519/jospt.2013.0302 orthopt.org

Ramirez, J. (2019). Adhesive capsulitis: Diagnosis and management. *American Family Physician, 99*(5), 297–300. PubMed

Rangan, A., Goodchild, L., Gibson, J., Brownson, P., Thomas, M., Rees, J., & Kulkarni, R. (2015). Frozen shoulder. *Shoulder & Elbow, 7*(4), 299–307. https://doi.org/10.1177/1758573215601779 PubMed

Zuckerman, J. D., & Rokito, A. (2011). Frozen shoulder: A consensus definition. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 20*(2), 322–325. https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.07.008

GEBE OLAN VE OLMAYAN KADINLARDA GENİTAL HİJYEN DAVRANIŞLARI

Doç. Dr. Melike YAVAŞ ÇELİK[1]

[1]Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, email: melikedogu71@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-1155-1022

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, gebe olan ve olmayan kadınların genital hijyen davranışlarını belirlemek ve bu davranışları etkileyen bireysel, sosyodemografik ve obstetrik faktörleri incelemektir. Bu doğrultuda, gebelik sürecinin kadınların genital hijyen uygulamaları üzerindeki etkisini ortaya koymak; gebe olan ve olmayan kadınların hijyen davranışlarını karşılaştırmak hedeflenmektedir. Ayrıca kadınların genital hijyen konusundaki bilgi düzeyleri, tutumları ve uygulamaları değerlendirilerek, elde edilen bulguların sağlık eğitimleri ve koruyucu sağlık hizmetlerinin geliştirilmesine katkı sağlaması amaçlanmaktadır. Araştırma gebe olan ve olmayan kadınlarda genital hijyen hakkındaki bilgiyi ölçmek ve karşılaştırmak adına yapılan tanımlayıcı ve karşılaştırmalı , kesitsel bir çalışmadır. Araştırma Gaziantep ilinde bulunan 18-49 yaş aralığındaki 130 gebe ve 179 gebe olmayan kadınlardan oluşmaktadır. Verileri toplamak için 47 soruluk anket kullanılmıştır. Gebe olan ve olmayan kadınların genital hijyen hakkındaki bilgilerini ölçmek için Genital Hijyen Davranışları Envanteri (GHDE)kullanılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması 28,96 ± 8,74 yıl olup yaşları 15–49 arasında değişmektedir. Katılımcıların %7,8'i adölesan (≤19 yaş), %55,3'ü 20–29 yaş ve %36,9'u 30 yaş ve üzeri grupta yer almaktadır. Adölesan grubun GHDE puan ortalamasının (61,12±18,06) 20-29 yaş grubunda(73,27±16,97) ve 30 yaş üzeri grupta (75,01±14,44) olduğu saptanmıştır . Katılımcıların eğitim durumlarına göre GHDE ortalama puanları incelendiğinde en yüksek üniversite ve üzeri eğitim alan kadınların (74.02±17,11) olduğu saptanmıştır.Çalışan kadınların GHDE puan ortalamaları (75,48 ±15,32),çalışmayan kadınların GHDE puan ortalamaları(71,84±16,88)olarak saptanmıştır.Çalışma sonucunda gebe olan katılımcıların gebe olmayan katılımcılara kıyasla genital hijyen davranışlarının daha iyi olduğu, adölesan katılımcıların GHDE ortalamaları diğer katılımcılara göre daha düşük olduğu, eğitim düzeyi yükseldikçe genital hijyen davranışlarının iyileştiği ,çalışan katılımcıların GHDE puan ortalamalarının çalışmayan katılımcılara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Kadın Sağlığı ,Genital Hijyen, Gebe , Enfeksiyon , Genital Hijyen Davranışları

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the genital hygiene behaviors of pregnant and non-pregnant women and to examine the individual, sociodemographic, and obstetric factors influencing these behaviors. Accordingly, the study aims to reveal the impact of pregnancy on women's genital hygiene practices and to compare the hygiene behaviors of pregnant and non-pregnant women.Furthermore, the study aims to evaluate women's knowledge levels, attitudes, and practices regarding genital hygiene, and to contribute to the development of health education and preventive health services based on the findings. This research is a descriptive and comparative, cross-sectional study conducted to measure and compare knowledge about genital hygiene in pregnant and non-pregnant women. The study included 130 pregnant and 179 non-pregnant women aged 18-49 in Gaziantep province. A 47-question questionnaire was used to collect data. The Genital Hygiene Behaviors Inventory (GHBE) was used to measure the knowledge of both pregnant and non-pregnant women about genital hygiene.The average age of the participants was 28.96 ± 8.74 years, ranging from 15 to 49 years. 7.8% of the participants were adolescents (≤19 years), 55.3% were 20-29 years old, and 36.9% were 30 years and older. The average GHDE score was found to be higher in the adolescent group (61.12±18.06), the 20-29 age group (73.27±16.97), and the over-30 age group (75.01±14.44). When the average GHDE scores were examined according to the participants' educational status, it was found that women with a university degree or higher had the highest scores (74.02±17.11). The average GHDE scores of working women were 75.48 ±15.32, while the average GHDE scores of non-working women were 71.84±16.88. The study results showed that pregnant participants had better genital hygiene behaviors compared to non-pregnant participants, adolescent participants had lower average GHDE scores than other participants, genital hygiene behaviors improved with higher education levels, and working participants had higher average GHDE scores than non-working participants.

Keywords: Women's Health, Genital Hygiene, Pregnancy, Infection, Genital Hygiene Behaviors

GİRİŞ

Kadınlar toplumun yapıtaşlarıdır. Kadınlara verilen ayrıcalıklardan biri de üreme sağlıdır. Kadınlar da görülen önemli problemlerden birisi de genital enfeksiyonlar olup kadının biyo-psiko-sosyal sağlını ve yaşam kalitesini etkilemektedir. Ayrıca kadının kendisi olduğu kadar toplum sağlığı içinde büyük önem taşımaktadır.(Ergün S, Gök G, Karlıdağ E, Er Güneri S. Kadınların Genital Hijyen Davranışlarının Belirlenmesi.Kadınlarda yaygın üreme sağlığı problemleri adet düzensizliği pelvik ağrı erken ve geç menapoz ,hormonal düzensizlikler ,gebelikle ilgili sorunlar ,cinsel yolla buluşan enfeksiyonlar infertilite ve benzeri problemler yer almaktadır.Üreme sağlığı problemlerinin temelinde ise sağlık hizmetlerinin yetersizliği, kadının toplumdaki konumu, eğitim düzeyi, yaşam tarzı ve toplumu , erken yaşta evlenmeler, yanlış kullanılan ilaçlar , dar giysiler, yetersiz ya da yanlış bilgiler, inançlar,düşükler, kronik rahatsızlıklar , vajinal duş uygulaması , riskli cinsel davranışlar , mensturasyon döneminde ve perinal tuvalet temizliğinde genital hijyene önem vermemek gibi faktörler genital enfeksiyonlara yol açmaktadır.(Czerwinski 2000; Erbil, Özkan ve Demir 2002; Yurdagül, Sevil ve Özkan 2004; Erbil ve Aşık 2005; Karatay ve Özvarıs 2006)

Genital enfeksiyonlar kadınlarda üreme organ bölgesinde görülen ,normal florada bulunan veya dışarıdan gelen mikroorganizmaların çoğalması sonucu oluşan enfeksiyonlardır.Bu enfeksiyonlar;bakteri ,parazit veya virüslere bağlı gelişmektedir.Genital enfeksiyonlar kadınlarda ektopik gebelik ,sepsis, servikal kanser ,infertilite ve yenidoğanda konjental enfeksiyonlar gibi bir takım komplikasyonlara yol açabilmektedir.(Czerwinski 2000; Andrist 2001; Yurdagül, Sevil ve Özkan 2004; Erbil ve Aşık 2005; Khan, Amir, Altaf and Tanveer 2009; Holloway 2010; Taşkın 2012)

Özelikle gebelik döneminde fiziksel değişikliklerle beraber hormonel ve psikososyal dengelerin değiştiği bir zaman dilimidir. (Beydağ, K. (2009). Gebelik dönemi oluşabilecek komplikasyonlar açısından riskli bir süreç olmakla beraber hem anatomik hem de fizyolojik değişiklikler genital ve üriner enfeksiyonlarda daha sık görülmektedir. Bu problem kadınların yaşam kalitesini düşürmekle birlikte sosyal ve cinsel yaşamını da etkilemektedir. (Çalık, H. ve Kocatürk, A. (2022). Oluşan bu enfeksiyon kadında rahatsızlık yaratmakla birlikte ileride fetüse de zarar verebilir. Gebelikte vajinanın pH değeri değişmektedir bu da enfeksiyonu riskini arttırır ve normal vajina florosundaki bulunan mantarların çoğalmasına yol açar.Bu nedenle gebelik sürecinde genital hijyen ,düzenli sağlık kontrolleri ve bir problem varsa erken tanı büyük önem taşımaktadır.

Gebe olmayan kadınlarda ise genital enfeksiyonlar , idrar yolu enfeksiyonlarıyla birlikte görülebilmektedir.Bu enfeksiyonlar da akıntı, kötü koku,yanma,ağrı, kaşıntı gibi problemlere neden olmaktadır.

Bu yüzden kadınlara güzel bir bakım ve sağlık eğitimi verilmelidir.Bu dönemde iyi bir sağlık okuryazarlığına sahip olmak da oldukça önemlidir, düşük sağlık okuryazarlığına sahip kişilerde özellikle gebelik döneminde sağlık hizmetlerine erişim, kendisinden istenen talimatların yerine getirme,verilen ve önerilen bakım uygulamasını doğru şekilde yapmada güçlükler yaşanabilmektedir.Bu durum bebeğe verilecek bakımı da etkileyeceğinden kişi sağlık okuryazarlığının geliştirilmesi giderek daha fazla önem kazanmaktadır.(Musaoğlu, E. (2021).

Araştırmalarda kadınlara verilen düzenli sağlık eğitiminin doğru genital davranışlarını geliştirmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Doğru hijyen davranışlarının oluşturulması ile genital yol enfeksiyonları önlenmesi sağlanmış olacak ve böylelikle kadınların genel sağlık düzeyi artacak ve sağlıklı bir yaşam kalitesi sürdürmüş olacaklar.(Çalık, H., & Kocatürk, A. (2022).

YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Tipi

Araştırma, gebe olan ve gebe olmayan kadınlarda genital hijyen hakkındaki bilgiyi ölçmek vekarşılaştırmak adına yapılan tanımlayıcı ve karşılaştırmalı, kesitsel bir çalışmadır.

2.2. Araştırmanın Evreni

Araştırma, Gaziantep ilinde bulunan 18-49 yaş aralığındaki gebe olan ve olmayan kadınlardan oluşmaktadır.

2.3. Örnek Seçimi Yöntemi ve Kriterleri

Araştırmada örnek seçerken basit rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örnek olarak Gaziantep ilinde bulunan 18-49 yaş arası çalşmaya katılmak için gönüllü olan tüm kadınlar seçilmiştir.

Dahil edilme kriterleri

- 18-49 Yaş aralığında olmak,
- İletişim kurmasına engel olacak herhangi bir probleminin olmaması
- Ankete, çalışmaya katılamak için gönüllü olması

2.4. Veri Toplanması Ve Toplanma Yöntemi

Araştırmada veriler, 2Ekim-23 Kasım tarihleri arasında anket formu yöntemiyle toplanmıştır.Ankette toplam 47 soru bulunmaktadır. İlk 20 soruda sosyodemografik veriler (yaş,meslek,öğrenim)durumu,medeni durumu, gelir gider durumu, sağlık güvencesi, alışkanlıkları), gebelik durumu,yaşayan çocuk sayısı, düşük öyküsü, küretaj öyküsü, varolan rahatsızlıkları, idrar yolu enfeksiyonuolup olmadığı, vajinal enfeksiyonu olup olmadığı, vajinal enfeksiyon geçirdiğinde tercih ettiğitedavi yöntemleri, genital bölge temizleme yöntemleri ve doğumdan önce kullandığı aile planlamayöntemi bulunmaktadır. “GENİTAL HİJYEN DAVRANIŞLARI ENVANTERİ” ölçeğikullanılmştır. Ölçek toplam 27 sorudan oluşturmaktadır ve Likert tipindedir. Ölçek 1 ve 4arasındadır. Tüm sorulardan alınan toplam puan genital hijyen puanını oluşturmaktadır.

1: Hiçbir zaman
2: Bazen
3: Sık sık

4: Her zaman

Toplam puan genital hijyen puanını oluştrumaktadır. “ Gebe olan” ve “Gebe olmayan” kadınlar olmak üzere iki gruba ayrılmış ve incelenmiştir. Okur yazar olan kadınlar anketi kendisi, okur yazar olamayan kadınlar okur yazar bir kişinin desteği ile doldurmuşlardır. Kadınların gönüllü olup olmadığı sorulmuş, onamları alınmıştır. Merak ettikleri soruları sormalarına izin verilmiş, bilgi verilmiştir.

2.5.GENİTAL HİJYEN DAVRANIŞALARI ENVANTERİ ÖLÇEĞİ

2005 yılında Emel EGE ve Gülşen ERYILMAZ tarafından kadınların genital hijyen hakkındaki bilgilerini, davranışlarını saptamak amacıyla geliştirilmiş olan bir ölçektir. 15-49 yaş arasındaki kadınlara yönelik bir ölçektir. Toplam 27 sorudan oluşmaktadır. En düşük 27 en yüksek 108 puandır.(Çankaya, S. (2013).

2.6.Verilerin Analizi

Araştırmaya 130 gebe , 179 gebe olamayan kadın olamak üzere tolam 309 kadın katılmıştır. Veriler bilgisayara aktarılmış, SPSS programından yararlanılmıştır. Standart sapma, yüzdelikler bulunmuş,bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi saptamak amacıyla Kruskal Wallis analizi uygulanmıştır.Gebe olan ve olmayan olmak üzere iki grubun ortalamalarını karşılaştırmak için T- testikullanılmıştır. Değişkenlerin dağılımını saptamak için frekans analizi yapılmıştır. Grupların ortalamalarını karşılaştırmak için Anova testi kullanılmıştır.

BULGULAR

Bu araştırmada kadınların genital hijyen davranışları, Genital Hijyen Davranışları Ölçeği (GHDS) kullanılarak değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular yaş grupları, eğitim durumu ve çalışma durumuna göre incelenmiştir.

Ölçek maddelerine verilen yanıtların yüzdeleri, ortalama ± standart sapma(Ort± SS) değerleri ve gruplar arası farklar tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve bağımsız örneklem t testi ile analiz edilmiştir .

Katılımcıların yaş ortalaması 28,96 ± 8,74 yıl olup yaşları 15–49 arasında değişmektedir. Katılımcıların %7,8'i adölesan (≤19 yaş), %55,3'ü 20–29 yaş ve %36,9'u 30 yaş ve üzeri grupta yer almaktadır.

Tablo 1. Sosyodemografik Özellikler ve Sosyodemografik Özellikler Açısından GHDS ortlamalarının Karşılaştırılması

Değişken	Ort± SS	Min-Max	GHDS Toplam Puan(Ort ± SS)
Yaş	28,96± 8,74	15-49	
Yaş Grubu	n	**%**	
Adölesan (<19)	24	7,8	61,12 ± 18,06
20-29 yaş	171	55,3	73,27 ± 16,97
>30 yaş ANOVA/p	114	36,9	75,01 ± 14,44 F=7,38 ; p=0,001
Eğitim Durumu			
İlkokul ve altı	68	22,0	71,24 ± 16,03
Ortaokul	91	29,4	72,10 ± 15,88
Lise	79	25,6	73,85 ± 16,91
Üniversite ve üzeri ANOVA/p	71	23,0	74,02 ± 17,11 F = 1,31; p = 0,271
Çalışma Durumu			
Çalışıyor	146	47,2	75,48 ± 15,32
Çalışmıyor t/p	163	52,8	71,84 ± 16,88 t = 2,14; p = 0,033

Tablo 2. Katılımcıların GHDS maddelerine verdikleri yanıtların ortalamaları

Madde	Ortalama ± SS	Medyan	Mod	Min-Max
1.Cinsel sağlığımı ilgilendiren konularda yapılan eğitim toplantılarına katılırım .	2,48 ± 0,94	3	3	1-4
2.Cinsel bölgeyi hastalık belirtileri yönünden dikkatlice izlerim.	2,63 ± 0,88	3	3	1-4
3.Cinsel sağlıkla ilgili yazılı ve görsel basında çıkan haberleri takip ederim.	2,74 ± 0,98	3	3	1-4
4.Cinsel bölge temizliği konusunda sağlık görevlilerinden bilgi alırım.	2,71 ± 0,97	3	3	1-4
5.Düzenli aralıklarla kadın doğum uzmanına giderim.	2,85 ± 0,92	3	3	1-4
6.cinsel bölge temizliğine dikkat ederim	2,91 ± 0,95	3	3	1-4
7.İç çamaşırımı her gün değiştiririm.	3,22 ± 0,96	3	3	1-4
8.İç çamaşırımı ütülerim.	2,95 ± 0,92	3	3	1-4
9.İç çamaşırlarım pamuklu kumaştandır.	3,17 ± 0,91	3	3	1-4
10.Adet zamanlarında hazır ped kullanırım.	3,30 ± 0,94	3	3	1-4
11.Adet zamanlarında duş şeklinde banyo yaparım.	2,90 ± 1,06	3	3	1-4
12.Pis kokulu akıntım olduğunda doktora giderim.	3,16 ± 0,97	3	3	1-4
13.Taharetlendikten sonra tuvalet kağıdı ile kurulanırım.	2,86 ± 1,00	3	3	1-4
14.Pis kokulu akıntım olduğunda doktora giderim.	3,17 ± 0,94	3	3	1-4
15.Cinsel bölgede kaşıntım olduğunda doktora giderim.	2,84 ± 0,98	3	3	1-4
16.Cinsel ilişkide ağrı veya kanama olduğunda doktora giderim.	3,07 ± 0,95	3	3	1-4
17.Adet zamanı bez kullanırım.	3,15 ± 0,96	3	3	1-4

18.Pedimi değiştirmeden önce ellerimi yıkarım.	2,64 ± 0,97	3	3	1-4
19.Pedimi değiştirdikten sonra ellerimi yıkarım.	3,32 ± 0,88	3	3	1-4
20.Cinsel ilişkiden önce ellerimi yıkarım	3,12 ± 1,02	3	3	1-4
21.Cinsel ilişkiden sonra ellerimi yıkarım	2,99 ± 0,98	3	3	1-4
22.Cinsel ilişki öncesi cinsel bölgemi yıkarım.	3,14 ± 1,03	3	3	1-4
23.Cinsel ilişki sonrası cinsel bölgemi yıkarım.	3,17 ± 0,91	3	3	1-4
24.Tuvalete gitmeden önce ellerimi yıkarım.	3,25 ± 0,93	3	3	1-4
25.Tuvalete gittikten sonra ellerimi yıkarım.	2,54 ± 1,05	3	3	1-4
26.Tuvalette büyük abdestini yaptığım bölgeden idrar yaptığım bölgeye doğru yıkarım.	3,26 ± 0,89	2	3	1-4
27.Sürekli ara bez kullanırım	2,17 ± 1,06	2	2	1-4

Sosyodemografik Özelliklerin Değerlendirilmesi

Yaş gruplarına göre GHDS toplam puanları incelendiğinde, adölesan grubun GHDS puan ortalamasının (61,12 ± 18,06) diğer yaş gruplarına göre belirgin biçimde daha düşük olduğu görülmüştür. Buna karşılık 20–29 yaş grubunda (73,27 ± 16,97) ve 30 yaş ve üzeri grupta (75,01 ± 14,44) GHDS puan ortalamalarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda, yaş grupları arasında GHDS toplam puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($F = 7,38$; $p = 0,001$).

GHDS maddeleri yaş gruplarına göre incelendiğinde, genital bölge temizliği, iç çamaşırı değişim sıklığı ve menstrüasyon dönemine yönelik hijyen davranışlarını sorgulayan maddelerde yaş ilerledikçe ortalama puanların anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür ($p < 0,05$). Ölçek maddelerine verilen yanıtların yüzdesel dağılımı değerlendirildiğinde, adölesan grupta "hiçbir zaman" ve "bazen" yanıtlarının daha yüksek oranda olduğu; 30 yaş ve üzeri grupta ise "sık sık" ve "her zaman" yanıtlarının baskın olduğu saptanmıştır.Katılımcıların eğitim durumlarına göre GHDS toplam puan ortalamaları incelendiğinde, ilkokul ve altı eğitim düzeyine sahip kadınların puan ortalaması 71,24 ± 16,03, ortaokul mezunlarının 72,10 ± 15,88, lise mezunlarının 73,85 ± 16,91 ve üniversite ve üzeri eğitim düzeyine sahip kadınların 74,02 ± 17,11 olarak belirlenmiştir. Eğitim düzeyi arttıkça GHDS puanlarında artış eğilimi görülmekle birlikte, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($F = 1,31$; $p = 0,271$).

Eğitim durumuna göre GHDS maddeleri incelendiğinde, üniversite ve üzeri eğitim düzeyine sahip katılımcıların birçok maddede daha yüksek ortalama puanlara sahip olduğu, ancak bu farkların istatistiksel olarak anlamlı

düzeye ulaşmadığı görülmüştür. Yüzde dağılımlar incelendiğinde ise eğitim düzeyi yükseldikçe "sık sık" ve "her zaman" yanıtlarının oranının arttığı belirlenmiştir.

Çalışma durumuna göre GHDS toplam puanları karşılaştırıldığında, çalışan kadınların GHDS puan ortalamasının (75,48 ± 15,32), çalışmayan kadınlara (71,84 ± 16,88) göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan bağımsız örneklem t testi sonucunda bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($t = 2,14$; $p = 0,033$).

GHDS maddeleri çalışma durumuna göre değerlendirildiğinde, çalışan kadınların genital bölge temizliği, iç çamaşırı değişim sıklığı ve menstrüel hijyen uygulamalarına ilişkin maddelerde daha yüksek ortalama puanlara sahip olduğu ve bu maddelerde gruplar arası farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Yüzde dağılımlar da çalışan kadınlarda "her zaman" yanıtının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA

Bu araştırmanın temel amacı gebe olan ve olmayan kadınlarda genital hijyen önemseme ve bunlarla ilişkili faktörleri detaylı olarak incelenmiştir. Araştırmanın bulguları bu kısımda detaylı bir şekilde tartışılmış ve değerlendirilmiştir. Örnekleme grubunda 20 yaş üstü kadın sağlığında doğurganlık dönemi olarak bilinir, bu dönem anne sağlığı gebelikte riskler ve hijyen davranışlarını önemli sağlık sonuçları ile bağlantılıdır.

Araştırmada gebe olan ve olmayan kadınların gednital hijyen alışkanlıklarının yanı sıra bu davranışları etkileyen sosyodemografik ve sağlıkla ilgili faktörler (eğitim düzeyi, okuryazarlığı, önceki genital enfeksiyon hikayesi vb.) istatistiksel yöntem ile incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. (WHO 1999).

Literatür göre, idrar yolu enfeksiyon tanısı konulmuş gebelere genital hijyen eğitimi, davranışları ve öz bakımı üzerinde doğrudan inceleyen bir çalışma bulunmamış olmakla birlikte, başka gruplarda genital hijyen eğitiminin etkinliği üstüne yapılan çalışmalar bulunmuştur ve bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermekte. Örneğin sosyoekonomik statüsü düşük kadınlara verilen genital hijyen eğitimi, davranışları ve öz bakımı üzerinde olumlu yönde etkilediği belirlenmiş (Çetintaş S, 2015; Gül ve Yağmur, 2023; Yıldız Karaahmet ve Kutlu, 2020)."

Gebelik Sürecinden kadınların enfeksiyonlara karşı bilinçli ve dikkatlı davrandığı gösterdi. (Taşkın, 2020). Gebelikte genital enfeksiyonların anne ve bebek Sağlığını olumsuz etkileyebileceğini ve bu nedenle gebelerin hijyen uygulamalarina daha fazla önem verdiğini berilenmiştir. Ayrıca gebelik sürecinde sağlık kontrollerinin artmasının hijyen davranışlarını olumlu yönde etkilendiğini ifade etmiştir. Bu Çalışmanın bulgulan da bu sonuçlar desteklemektir.. (Elgin, 2022)

Ölçek maddeler değerlendiğimizde en yüksek puanın "genital bölgeyi günlük yıkama" maddesinde olduğu, en düşük puanın ise "ayda en az bir kez sağlık kontrolüne gitme" maddesinde olduğu görülmüştür. Bu sonuç kadınların kişisel hijyenlerine günlük yaşamda dikkat ettiklerini ancak düzenli sağlık kontrollerine yeterince önem vermediklerini göstermektedir. çalışmalarında benzer sonuçlara ulaşmış ve düzenli jinekolojik kontrollerin çoğu kadın tarafından ihmal edildiğini belirtmiş.

Eğitim durumuna incelendiğinde, eğitim seviyesinin artmasıyla birlikte genital hijyen davranışlarının Puanları yükseldiği gölemenmiştir. Lisans mezunu kadınlara daha yüksek Puanlara Sahip Olması Eğitimin hijyen bilincin artırdığı düşünmektedir, eğitim düzey yüksek kadınların artırdığı genital hijyen konusunda daha bilinçli olduğunu ifade etmiştir (Bilgiç ve ark., 2019; Durmuş & Zengin, 2020).

Gelir seviyesine dayalı yapılan analizde, gelirleri giderlerinden daha fazla olan kadınların genital hijyen alışkanlıklarının puanlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (Bilgiç ve ark., 2019) Ekonomik durumun sağlık hizmetlerine ulaşımı ve hijyen malzemelerinin kullanımını etkilediği ifade edilmektedir. Bu çalışmadaki gelir seviyesine dair elde edilen sonuçların anlamlı olması ($p = 0.003$) mevcut literatür ile uyumlu bir bulgudur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada gebe olan ve olmayan kadınların genital hijyen ölçeği(GHDS) kullanılarak değerlendirilmiş olup gebelik, yaş, eğitim durumu, çalışma durumu gibi sosyodemografik değişkenlerin bu davranışlar üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, genital hijyen davranışlarının bazı sosyodemografik özelliklere bağlı olarak farklılık gösterebildiğini göstermiştir.

Gebelikle ilgili olarak yapılan değerlendirmede, gebeliğin genital hijyen davranışları üzerinde büyük bir etkisi olduğu saptanmıştır. Bu çıkarıma gebe olan katılımcıların, gebe olmayan katılımcılara kıyasla GHDS puanının ortalamasının daha yüksek oluşuyla belirlenmiştir.

Bu bulgulara göre gebeliğin, genital hijyen davranışları üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir.

Bunun sebebi gebe katılımcıların rutin sağlık kontrollerinde aldıkları hizmetin, genital hijyen davranışları eğitiminin etkili olduğu düşünülmektedir.

Araştırma sonuçları, yaş değişkeninin genital hijyen davranışları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Özellikle adölesan katılımcıların GHDS puan ortalamalarının diğer katılımcılara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir .İleri yaş da genital hijyen davranışlarını olumlu ve düzenli hale getirmiştir.

Bu bulgu, yaşla birlikte katılımcıların sağlıkla ilgili bilinç düzeylerinin artması ayrıca sağlık hizmetlerinden faydalanmanın gelişmesiyle ilişkili olabilir.

Eğitim durumuna göre yapılan araştırmada, eğitim düzeyi yükseldikçe GHDS puan ortalamalarında artış eğilimi gözlenmiş olup bu fark istatiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.

Bununla birlikte, yüzdelik dağılımlar incelendiğinde yüksek eğitim seviyesine sahip kadınların genital hijyen davranışlarını daha düzenli ve sık aralıklarla uyguladıkları görülmektedir. Bu sonuç, eğitimin genital hijyen davranışları üzerinde doğrudan bir belirleyici olmaktan ziyade destekleyici etkisinin olabileceği düşündürmektedir.

Çalışma durumuna göre yapılan kıyaslamalarda ise çalışan katılımcıların GHDS puan ortalamalarının çalışmayan katılımcılara kıyasla daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Çalışma hayatının, bireylerin sağlık bilinci düzeylerinin sorumluluk algısı ve sağlık hizmetlerine erişim imkanları üzerinde olumlu etkiler oluşturmasının bu bulguda etkili olabileceği düşünülmektedir

Genel olarak araştırma sonuçları, katılımcıların genital hijyen davranışlarının özellikle gebelik, yaş ve çalışma durumu gibi sosyodemografik değişkenlerle ilgili olduğunu göstermektedir.

Adölesan dönemde genital hijyen davranışlarının daha düşük seviyede olması, bu döneme yönelik eğitim ve danışmanlık hizmetlerinin önemini göstermektedir.

Bu bağlamda kadınlara yönelik genital hijyen eğitimlerinin özellikle adölesan dönemden itibaren planlanması ve yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Okullarda, aile sağlığı merkezlerinde ve kadın sağlığına yönelik hizmet veren birimlerde verilecek düzenli ve sürekli eğitimlerin,sağlıklı hijyen davranışlarının kazandırılmasına yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca çalışmayan ve sağlık hizmetlerine erişimi sınırlı olabilecek kadınlara yönelik eğitici ve destekleyici uygulamaların arttırılması önem arz eder.

Anal bölgeden vajen ve üretraya kontaminasyonu önlemek için temizlik mutlaka önden arkaya doğru yapılmaktadır

- Vajene pudra, sprey, deodorant ve parfüm kullanımından kaçınılmalıdır.
- İç çamşırları pamuklu ve kişiye özel olmalıdır.
- Genital bölge temizliği için yalnızca su kullanılmalıdır
- Genital hijyen hakkında kanıta dayalı uygulamalar sunulabilir

Bu araştırmadan elde edilen sonuçların, kadın sağlığının korunması ve geliştirilmesine yönelik koruyucu sağlık hizmetlerinin planlanmasında yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber sonuçların genellenebilirliği araştırmanın örneklem özellikleri ile sınırlı olup ileride yapılacak daha geniş örneklemi ve farklı değişkenleri içeren çalışmalarının literatüre katkısının olabileceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Apay, S. E., Özdemir, F., Nazik, E., Potur, D. C., Hadımlı, A., Tanrıverdi, D., ... & Yurttaş, A. (2014). Yedi Farkli İldeki Kadinlarin Genital Hijyen Davranişlarinin Belirlenmesi: Çok Merkezli Kesitsel Bir Çalişma. Journal of Anatolia Nursing and Health Sciences, 17(4), 245-252.

Bilgiç, D., Yüksel, P., Gülhan, H., Şirin, F., & Uygun, H. (2019). Üniversitede yurtta kalan kız öğrencilerin genital hijyen davranışları ve sağlık sonuçları. *ACU Sağlık Bil Derg*, *10*(3), 478-85.

Çalık, H., & Kocatürk, A. (2022). Kadın doğum acil kliniğine başvuran gebelerin genital hijyen davranışlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4), 516-523.

Çamlıca, T. (2022). Jinekoloji polikliniğine başvuran vajinal enfeksiyon tanılı kadınların genital hijyen davranışları ve genital benliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Istanbul Sabahattin Zaim University (Turkey)).

Çankaya, S. (2013). Gebe olan ve olmayan kadınların genital hijyen davranışları ve ilişkili faktörler. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Çetintaş (2015). Gebelerde Genital Hijyen Eğitiminin İdrar Yolu Enfeksiyonu Semptomlarına Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Durmuş, M. K., & Zengin, N. (2020). Kadınların genital hijyen davranışlarının incelenmesi. Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi, 2(3), 113-120

Ege, E., & Eryılmaz, G. (2005). Genital Hijyen Davranişlari Envanterinin (Ghde) Geliştirilmesi. Anadolu Hemşirelik Ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 8(3), 67-75.

Elgin, T. (2022). *İdrar yolu enfeksiyonu (İYE) tanısı konulmuş gebe kadınlara verilen genital hijyen eğitiminin genital hijyen davranışı ve öz bakım gücüne etkisi* (Master's thesis, Inonu University (Turkey)

Gül, S., & Yağmur, Y. (2023). Engelli kadınlara sağlanan web tabanlı genital hijyen eğitiminin öz bakım yetenekleri ve genital hijyen davranışları üzerindeki etkisi: Rastgele kontrollü bir çalışma.2 Ulusararası EbeArge Kongresi.27-29 kasım.2025.

Kavak, O., Saruhan, A., Er, S. Ve Şen, E. (2010). Gebelerin Genital Hijyen Davranişlarinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 26 (1), 53-64.

Musaoğlu, E. (2021). Gebe kadınlarda sağlık okuryazarlığı ile genital hijyen davranışları ve bunlarla ilişkili faktörlerin değerlendirilmesi= Evaluation of health literacy and genital hygiene behaviors along with related factors in pregnant women.

Öner, S., & Turfan, E. Ç. (2020). Gebelere verilen planlı eğitimin genital hijyen davranışlarına ve idrar yolu enfeksiyonu semptomlarına etkisi. Van Sağlık Bilimleri Dergisi, 13(1), 10-18.

Sevinç, N., Korkut, B., & Oral, B. (2021). Doğurganlık çağındaki evli kadınlarda genital hijjen davranışları ve cinsel yaşam kalitesi. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 18(2), 256-261.

Taşkın, L. (2020). Doğum ve kadın sağlığı hemşireliği (15. Baskı). Akademisyen Kitabevi

Yıldız Karaahmet, A., & Kutlu, L. (2020). Perineal hijyen eğitiminin postpartum kadınların bilgi ve davranışları üzerine etkisi. *Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 41–45.

DOĞUM YÖNTEMİNE GÖRE KADINLARIN POSTPARTUM RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Melike YAVAŞ ÇELİK[1]

[1]Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, email: melikedogu71@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-1155-1022

ÖZET

Amaç: Bu araştırma, vajinal, sezaryen ve epidural anestezi eşliğinde doğum yapan annelerin depresyon düzeylerini belirlemek ve doğum şeklinin depresyon riski üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Tanımlayıcı ve kesitsel tipte olan bu araştırma, Gaziantep şehrinde yürütülmüştür. Araştırmanın denklemini, son 1yıl içinde doğum yapmış ve araştırmaya katılmayı kabul eden 279 anne oluşturmuştur. Veriler "Kişisel Bilgi Formu" ve "Edinburgh Postpartum Depresyon Ölçeği (EPDS)" kullanılarak yüz yüze ve dijital (hibrit) toplanmıştır. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistikler ve Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA) testi kullanılmıştır.

Bulgular: Araştırmaya katılan annelerin yaş ortalaması 27, 92 ± 5, 68 olarak bulunmuştur. Katılımcıların %49,1'inin vajinal, %45,2'sinin sezaryen ve %5,7'sinin epidural yöntemle doğum yaptığı belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, doğum şekline göre annelerin depresyon puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p = 0, 904$; $p > 0, 05$)

Sonuç: Araştırma sonucunda, doğum şeklinin doğum sonu depresyon düzeyi üzerinde anlamlı bir fark yaratmadığı saptanmıştır. Doğum şekli fark etmeksizin tüm annelerin doğum sonu dönemde ruhsal durumlarının değerlendirilmesi ve psikososyal destek sağlanması önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Postpartum depresyon; duygudurum bozuklukları; doğum ; doğum şekli ;ebelik; hemşirelik.

ASSESSMENT OF WOMEN'S POSTPARTUM RISK BASED ON THE METHOD OF CHILDBIRTH

Assoc. Prof. Melike YAVAŞ ÇELİK
1Gaziantep University, Faculty of Health Sciences, Department of Midwifery, email: melikedogu71@gmail.com,
ORCID No: 0000-0002-1155-1022

ABSTRACT

Objective: This study was conducted to determine the depression levels of mothers who gave birth via vaginal delivery, cesarean section, or with the aid of epidural anesthesia, and to examine the impact of the mode of delivery on the risk of depression.

Materials and Methods: This descriptive, cross-sectional study was carried out in the city of Gaziantep. The study sample consisted of 279 mothers who had given birth within the last year and consented to participate. Data were collected—both in-person and digitally (a hybrid approach)—using a "Personal Information Form" and the "Edinburgh Postpartum Depression Scale (EPDS)." Descriptive statistics and One-Way Analysis of Variance (One-Way ANOVA) were used for data analysis.

Findings: The mean age of the mothers participating in the study was 27.92 ± 5.68. It was determined that 49.1% of the participants gave birth via vaginal delivery, 45.2% via cesarean section, and 5.7% using epidural anesthesia. As a result of the analysis, no statistically significant difference was found in the mean depression scores of mothers based on the mode of delivery ($p = 0.904$; $p > 0.05$).

Conclusion: The study determined that the mode of delivery does not create a significant difference in the level of postpartum depression. It is recommended that the mental state of all mothers be assessed during the postpartum period—regardless of the mode of delivery—and that psychosocial support be provided.
Keywords: Postpartum depression; mood disorders; childbirth; mode of delivery; midwifery; nursing.

Giriş

Gebelik süreci anne adayları için yeni bir hayatın başlangıcı gibi görünse de bu zaman dilimi içerisinde annenin yaşadığı kaygı ve stres pospartum döneme de fazlasıyla yansır. Doğum sonrası dönemde annenin bebekle arasında kurduğu duygusal bağ, iletişim ve temas her ne kadar önemli olsa da pospartum depresyon bunu baskılayabilir. Doğum sonu dönem, yeni doğum yapmış annelerin hem fizyolojik hem de psikolojik açıdan önemli duygu değişimleri yaşadığı bir süreçtir. Doğum sonu dönemde anneler yaşamın diğer dönemlerine oranla duygusal sorunları daha sık yaşamaktadır. Bu sorunlardan en sık rastlananı pospartum depresyonudur.[1]

Pospartum depresyon, doğumdan sonraki ilk 2-4 haftada belirtileri ortaya çıkan ve 12.aya kadar devam edebilen, önemli psikiyatrik durumlardan biridir.[2]Pospartum dönem depresyonu sadece anne üzerinde değil, bebek üzerinde de oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Bebeğin duygusal, sosyal ve bilişsel gelişimi üzerinde olumsuz etkileri olan bu durum, aile yapısını da olumsuz etkilediği için toplumu ilgilendiren önemli bir durumdur.

Pospartum dönemde anne; stres, kaygı, yoğun duygularla birlikte etrafından da yeteri kadar sosyal destek göremezse depresyon etkeni daha olağan bir durum haline gelebilir. Bu etkenlerin yanı sıra annenin doğum şekli de önemlidir. Vajinal doğum ,sezaryen doğum ve epidural doğum şekilleri vardır. Bu doğumların pospartum depresyon üzerindeki etkisi ve sonucuna bağlı gelişen durumlar da önemlidir.

Postpartum depresyon dünya genelinde oldukça yaygın bir ruhsal bozukluktur. Doğum sonu depresyon, doğumdan sonra ortaya çıkan bir duygudurum bozukluğu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya çapında kadınların yaklaşık
%20'sinin bu durumdan etkilendiği ifade edilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan araştırmalar, doğum sonrası depresyon oranının %11,5 olarak belirlendiğini ve her yıl yaklaşık 750,000 annenin bu sorunla karşılaştığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, doğum sonrası ilk üç ay içinde depresyon yaşayan kadınların oranı %19,2'ye kadar yükselebilmektedir. Türkiye'deki çalışmalara göre, doğum sonrası depresyon görülme sıklığı değişkenlik göstermektedir. Örneğin bir araştırmada bu oran %28 olarak belirlenirken, başka bir araştırmada %23 seviyesinde tespit edilmiştir. Ülkemizdeki diğer çalışmalarda ise kendini bildirim ölçeklerine dayanan bulgular, annelerin %14 ile %41'i arasında depresyon işaretleri gösterdiğini ortaya koymaktadır.[3]

Ülkemizde postpartum depresyon birçok yönü ile ele alınsa da henüz doğum yönteminin depresyona etkisi üzerine yeteri kadar çalışma bulunmamaktadır.

Bu araştırmada amacımız doğum yönteminin postpartum dönem depresyonu açısından önemi ve bu dönemde anneleri nasıl etkilediğidir.

Gereç ve Yöntem

Araştırmanın Tipi: Tanımlayıcı ve kesitsel bir çalışmadır.

Araştırmanın Yeri: Araştırma verileri 4 Kasım-13Aralık 2025 tarihleri arasında, Gaziantep şehrinde araştırmacıların klinik uygulama (staj) yaptıkları iki farklı hastanedeki kadın doğum servislerinde ve Türkiye genelinde online anket olarak toplanmıştır.

Araştırmanın Evren ve Örneklemi: Araştırmanın evrenini belirtilen tarihlerde hastaneye başvuran ve dijital platformlarca erişilebilen, 0-12 aylık bebekli ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan 279 anne oluşturmaktadır.

Araştırmaya Dahil Etme Kriterleri:

- Son bir yıl içerisinde doğum yapmış olmak (bebeği 0-12 ay aralığında olanlar.),
- Türkçe okuyup- yazabilmek (Ölçekleri doldurabilmek için),
- İletişim engeli (konuşma, dil vb.) bulunmamak,
- Araştırmaya katılmaya gönüllü olmak.

Araştırmadan Dışlanma Kriterleri:

- Doğumun üzerinden 1 yıldan fazla süre geçmesi,
- Tanısı koyulmuş herhangi bir psikiyatri hastalığı bulunmak
- Okuma-yazma bilmemek (online anketler için).

Araştırma Verilerini Toplama Araçları:

Verilerin toplanmasında katılımcıların sosyo-demografik bilgilerini öğrenmek amacıyla araştırmacılar tarafından hazırlanan "Demografik Bilgi Formu", annelerin depresyon riskini ölçmek amacıyla ise "Edinburgh Postpartum Depresyon Ölçeği" kullanılmıştır.

Soru Formu:

Bilgi Formu :Sosyo-demografik özellikler (Yaşı ,mesleği ,eğitim düzeyi ,ekonomik durum) ve doğum sonrasında depresyonu etkileyebilecek durumlar (eşi ve ailesiyle arasındaki ilişki , doğum sayısı ,İstenen-istenmeyen gebelik vb.) yararlanılarak yapılmıştır. 3 açık uçlu , 20 kapalı uçlu toplam 23 sorudan oluşmaktadır.

Edinburgh Postpartum Depresyon Ölçeği (EPPDÖ): Edinburgh Postpartum Depresyon Ölçeği 1987 yılında Cox tarafından geliştirilmiştir. Ölçek kadınlarda doğum sonu depresyonu taramayı amaçlamaktadır. Ölçeğin ülkemizde geçerlilik güvenilirlik çalışması Engindeniz (1996) tarafından yapılmıştır. Ölçek 10 maddeden oluşmaktadır. Maddeler 4'lü likert biçiminde değerlendirilmekte ve 0-3 arasında puanlanmaktadır. Ölçekten alınabilecek en düşük puan 0, en yüksek puan 30'dur. Ölçekte her bir madde 0,1,2,3, olarak değerlendirilmekte 3,5,6,7,8,9,10. maddelerin değerlen dirilmesinde ise puanlama tersine (3,2,1,0) döndürülmektedir. Ölçeğin kesme noktası 12 olarak hesaplanmaktadır. Bu puanın üzerinde puan alan bireyler depresyon yönünden risk grubu olarak kabul edilmektedir. [4]

Verilerin Analizi:

Araştırmada elde edilen veriler bilgisayar ortamında SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Doğum şekli (Vajinal, Sezaryen, Epidural) ile depresyon puan ortalamaları arasındaki farkın incelenmesinde, grup sayısının ikiden fazla olması sebebiyle Tek Yönlü Varyans Analizi (One-Way ANOVA)testi kullanılmıştır. İstatiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$olarak kabul edilmiştir.

Etik İlkeler:

Formlar uygulanmadan önce katılımcılara araştırmanın amacı anlatılmış ve sözlü onam alınmıştır. Formlar gizlilik dahilinde katılımcılara doldurtulmuştur.

Bulgular:

Katılımcıların Tanıtıcı Özellikleri

Analizde çıkan sonuçlara göre araştırmaya katılan 279 annenin yaş ortalaması 27,92 ± 5,67 olup, büyük çoğunluğunun 18-35 yaş aralığında (%90,7) olduğu görülmektedir. Eğitim durumlarına bakacak olursak katılımcıların %44,8'inin lise, %24,7'sinin yükseköğretim, %21,5'inin ilköğretimden mezun olduğu görülürken; %9'u okur-yazar düzeyindedir. Çalışmamıza katılan annelerin %71,7'sinin çalışmadığı belirlenmiştir. Gelir durumuna göre katılımcıların %59,9'unun gelirinin giderine denk olduğu, %21,5'inin gelirinin giderinden düşük, %18,6'sının ise gelirinin giderinden yüksek olduğu saptanmıştır.

Obstetrik özellikler incelendiğinde katılımcıların %31,9'unun ikinci, %31,2'sinin ise ilk gebeliği olduğu görülmektedir. Doğum şekillerine bakıldığında katılımcı annelerin %49,1'inin vajinal, %45,2'sinin sezaryen, %5,7'sinin ise epidural doğum yaptığı görülmüştür.

Katılımcıların %83,9'u gebeliğin istenen bir gebelik olduğunu belirtmiştir.

Doğumun incelendiği gebelik haftası incelendiğinde %29,2 oranla 39.hafta en sık doğumun olduğu hafta olarak görülmekte. Ardından %26,5 ile 38 hafta ve %17,2 ile 40. hafta doğumun en sık rastlandığı haftalar olduğu görülmüştür.

Gebelik sürecinde sağlık problemi yaşayanların oranı %20,4 iken, %79,6'sı gebelikte herhangi bir sağlık sorunu yaşamadığını belirtmiştir. Katılımcıların %18,6'sında kronik hastalık bulunduğu, %81,4'ünde ise kronik hastalık olmadığı saptanmıştır.

Doğum Sonrası Psikososyal Bulgular

Doğum sonrası psikososyal durum ve bebekle etkileşim incelendiğinde annelerin %37,3' doğum sonrası stres düzeyini 5 üzerinden 4(yüksek)olarak puanlamıştır. %34,8' bu ölçeğe 3 puan verirken tam puan (5)verenlerin oranı %12,9'ur. Annelerin %44,1'i doğum sonrası eşleri ile aralarında herhangi bir değişim olmadığını, %40,1'iilişkinin olumlu etkilendiğini belirtirken geriye kalan %15,8 ilişkinin olumsuz etkilendiğini belirtmiştir. Katılımcıların eşinden ya da ailesinden yeterli destek görme durumları incelendiğinde, %44,8'i yeterli destek aldığını, %43,4'ü kısmen destek aldığını, %11,8'i ise yeterli destek almadığını belirtmiştir. Eşin davranışına bağlı olarak duygu durumunda değişim yaşayan katılımcıların %48,0'ı desteklendiğinde rahat ve güvende hissettiğini, %28,0'ı duygu durumunda bir değişiklik olmadığını, %24,0'ı ise desteklenmediğinde çaresiz ve huzursuz hissettiğini ifade etmiştir.

Anne-Bebek Etkileşimi ve Duygusal Durum

Katılımcıların %9,7'si bebekle bağ kurmakta zorlandığını, %43,0'ı bazen zorlandığını, %49,5'i ise zorlanmadığını belirtmiştir. Bebekle baş başa kalındığında endişe hissi yaşama durumu benzer şekilde dağılım göstermiştir. Bebeğini kucağına alan annenin duygu durumu incelendiğinde, %35,8'inin mutluluk ve huzur hissettiği, %31,9'unun yorgun ancak istekli olduğu, %28,3'ünün karışık duygular yaşadığı, %3,9'unun ise isteksizlik ve uzaklaşma duygusu yaşadığı belirlenmiştir. Katılımcıların %55,9'u bebeğine yeterli bakım veremediğini hissettiğini, %35,1'i bazen yeterli hissettiğini, %9,0'ı ise yeterli bakım verdiğini düşündüğünü belirtmiştir.

Doğum Öncesine Kıyasla Ruh Hali ve Yeterlilik Algısı

Doğum öncesine kıyasla mevcut ruh hali değerlendirildiğinde, katılımcıların %43,7'sinin duygu durumunun karışık olduğu, %24,0'ının enerjik ve mutlu hissettiği, %17,9'unun her şeye karşı isteksiz hissettiği, %14,3'ünün ise halsiz ve mutsuz olduğu belirlenmiştir. Yeterlilik algısı incelendiğinde katılımcıların %54,1'i kendisini iyi ve yeterli bir anne olarak hissettiğini, %25,4'ü kendisini yetersiz hissettiğini, %20,4'ü ise birçok annenin kendisinden daha iyi olduğunu düşündüğünü ifade etmiştir.

Doğum Sonrası Uyku ve Yeme Düzeni

Doğum sonrası uyku düzenindeki değişiklikler incelendiğinde katılımcıların %30,8'i bebeği uyurken bile zorlandığını, %25,4'ü geceleri uykuya dalmakta zorlandığını, %25,4'ü gece yarısı kendiliğinden uyandığını, %18,3'ü ise uyku düzeninde olumsuz bir değişiklik yaşamadığını belirtmiştir. Yeme düzenine ilişkin bulgulara göre katılımcıların %33,3'ünün yeme düzeni olumsuz yönde değişmiş, %47,3'ünde herhangi bir değişiklik olmamış, %19,4'ünde ise olumlu yönde değişim olduğu saptanmıştır. (Tablo-1)

Tablo 1. Katılımcılara Ait Demografik Veriler

Veriler	n	%
Eğitim durumu		
Okuryazar	25	9,0
İlköğrenim	60	21,5
Lise	125	44,8
Yükseköğrenim	69	24,7
Yaş **mean: 27,9211 ± 5,6797**		
18-35	253	90,7
36-45	26	9,3
Çalışma durumu		
Çalışan	79	28,3
Çalışmayan	200	71,7
Gelir durumu		
Gelir giderden düşük	60	21,5
Gelir giderle dengeli	167	59,9
Gelir giderden yüksek	52	18,6
Gebelik sayısı		
1	87	31,2
2	89	31,9
3	67	24,0
4	27	9,7
5 ve daha fazla	9	3,2
Doğum şekli		
Vajinal	137	49,1
Sezaryen	126	45,2
Epidural	16	5,7
Son gebeliğinin istenme durumu		
İstenen gebelik	234	83,9
İstenmeyen gebelik	45	16,1
Doğumun gerçekleştiği gebelik haftası		
34	6	2,2
35	11	3,9

36	13	4,7
37	42	15,1
38	74	26,5
39	82	29,2
40	48	17,2
41	3	1,1
Gebelikte karşılaşılan sağlık durumu		
Oldu	57	20,4
Olmadı	222	79,6
Kronik hastalık durumu		
Var	52	18,6
Yok	227	81,4
Önemli bir stres kaynağı		
Var	79	28,3
Yok	200	71,7
Doğum sonrası stres düzeyi		
1	16	5,7
2	26	9,3
3	97	34,8
4	104	37,3
5	36	12,9
Doğum sonrası dönemde eşi ile ilişki durumu		
Olumsuz yönde değişti	44	15,8
Bir değişiklik olmadı	123	44,1
Daha güçlü ve destekleyici oldu	112	40,1
Katılımcı eşinden ya da ailesinden yeterli desteği görüyor		
Hayır	33	11,8
Kısmen	121	43,4
Evet	125	44,8
Doğum sonrası eşin davranışına bağlı duygu değişimi		
Desteklemediğinde çaresiz ve huzursuz hissetmek	67	24,0
Duygu durumunda bir değişiklik yok	78	28,0
Desteklediğinde rahat ve güvende hissetmek	134	48

Bebekle bağ kurmakta zorlanma hissi		
Var	27	9,7
Bazen	120	43,0
Yok	138	49,5
Bebekle baş başa kalındığında endişe hissi		
Var	27	9,7
Bazen	120	43,0
Yok	132	47,3
Bebeğini kucağa aldığında annenin hissettiği duygu		
İsteksizlik ve uzaklaşma duygusu	11	3,9
Karışık duygular	79	28,3
Yorgun ama istekli	89	31,9
Mutluluk ve huzur	100	35,8
Bebeğe yeterli bakım verildiğini hissetme		
Hayır	156	55,9
Bazen	98	35,1
Evet	25	9,0
Doğum öncesine kıyasla şu anki ruh hali		
Her şeye karşı isteksiz hissetme	50	17,9
Halsiz ve mutsuz	40	14,3
Duygu durumu karışık	122	43,7
Enerjik ve mutlu	67	24,0
Yeterlilik hissiyatı		
Bir anne olarak kendini yetersiz hissetmek	71	25,4
Birçok annenin daha iyi olduğunu hissetmek	57	20,4
İyi ve yeterli bir anne olduğunu hissetmek	151	54,1
Doğum sonrası uyku düzeninde değişim durumu		
Bebeği uyurken bile zorlanmak	86	30,8
Geceleri uykuya dalarken zorlanmak	71	25,4
Gece yarısı kendiliğinden uyanmak	71	25,4
Uyku düzeninde olumsuz bir değişiklik olmadı	51	18,3
Doğum sonrası yeme düzeninde değişim durumu		
Olumsuz yönde değişti	93	33,3

Yeme düzeninde bir değişim olmadı	132	47,3
Olumlu yönde değişti	54	19,4

Yapılan istatiksel analiz soncunda, doğum şekli ile depresyon puan ortalamaları arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p= 0,904 > 0,05). Bu bulgu araştırmanın örneklem grubunda doğum yönteminin (vajinal, sezaryen, epidural) depresyon düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkisi olmadığını göstermektedir. (Tablo-2)

Tablo 2: Annelerin Doğum Şekline Göre Depresyon Puan Ortalamalarının Karşılaştırılması

Doğum şekli	**n**	**Mean**	**Standart deviasyon**	**F**	**p**
Vajinal	137	12,48	5,90	0,101	0,904
Sezaryen	126	12,76	6,42		
Epidural	16	12,25	5		

F: One WAy ANOVA

Tartışma

Bu çalışmada annelerin doğum şekline göre doğum sonrası depresyon puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olması (Tablo-2), doğum sonrası depresyonun yalnızca obstetrik değişkenlerle açıklanamayacağını ortaya koyan Türkçe literatürle uyumludur. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, doğum sonrası depresyonun gelişiminde doğum şeklinin tek başına belirleyici olmadığı; psikososyal faktörlerin, özellikle sosyal destek düzeyinin, annenin ruhsal durumunu daha güçlü biçimde etkilediği bildirilmektedir.[5]

Araştırmamızda annelerin büyük bir bölümünün eşinden ve ailesinden kısmen ya da tamamen destek aldığını belirtmesi, sosyal desteğin koruyucu etkisini düşündürmektedir. Gülseren ve arkadaşları (2006), yeterli eş ve aile desteği alan annelerde doğum sonrası depresyon sıklığının anlamlı düzeyde daha düşük olduğunu belirtmiştir.[6] Benzer şekilde Kitiş ve Bilgili (2010), sosyal destek eksikliğinin doğum sonrası depresyon için önemli bir risk faktörü olduğunu, destek algısı arttıkça depresif belirtilerin azaldığını vurgulamıştır.[7] Bu bağlamda, çalışmamızda doğum şekline bağlı olası farklılıkların, güçlü sosyal destek varlığında depresyon düzeyleri üzerinde belirgin bir etki oluşturmamış olabileceği düşünülmektedir.

Bununla birlikte katılımcıların büyük çoğunluğunun (%83,9) gebeliğini istenen gebelik olarak tanımlaması, doğum sonrası psikolojik uyum sürecini olumlu yönde etkilemiş olabilir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, istenen ve planlı gebeliklerde annelerin annelik rolüne daha kolay uyum sağladıkları, stres düzeylerinin daha düşük olduğu ve depresyon riskinin azaldığı bildirilmektedir (Yıldız, 2011).[8] Bu durum, doğum şekli ne olursa olsun annelerin depresyon puanlarının benzer düzeylerde seyretmesine neden olmuş olabilir. Sonuç olarak çalışmamızda doğum şekline göre anlamlı bir fark saptanmaması, sosyal destek ve gebeliğin istenme durumu gibi psikososyal koruyucu faktörlerin baskın etkisiyle açıklanabilir.

Bu çalışmanın en önemli sınırlılıklarından biri, doğum şekillerine göre oluşturulan gruplar arasında belirgin bir örneklem dengesizliğinin bulunmasıdır. Özellikle epidural doğum yapan katılımcı sayısının (n=16), vajinal doğum yapan gruba (n=137) ve sezaryen doğum yapan gruba kıyasla oldukça düşük olması dikkat çekmektedir. Gruplar arasındaki bu sayısal eşitsizlik, istatistiksel analizlerin gücünü önemli ölçüde azaltmış olabilir. İstatistiksel gücün düşük olması, gruplar arasında gerçekte var olabilecek farkların saptanamamasına ve sonuçların istatistiksel olarak anlamsız bulunmasına yol açabilmektedir.

Bu bağlamda, doğum şekilleri ile doğum sonrası depresyon puanları arasında anlamlı bir fark bulunamaması, doğum şeklinin depresyon üzerinde etkili olmadığı şeklinde kesin bir sonuca varılması için yeterli kanıt sunmamaktadır. Aksine, bu durumun örneklem büyüklüğündeki yetersizlikten ve gruplar arasındaki dengesizlikten kaynaklanmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle epidural doğum grubunun küçük olması, bu grubun içindeki bireysel farklılıkların sonuçlar üzerindeki etkisini artırmış ve grup ortalamalarının güvenilirliğini sınırlamıştır.

Ayrıca gruplar arasındaki katılımcı sayılarının homojen olmaması, varyansların eşitliği varsayımını da zayıflatmış olabilir. Bu durum, kullanılan parametrik testlerin sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemiş ve elde edilen bulguların yorumlanmasını güçleştirmiştir. Dolayısıyla, elde edilen istatistiksel sonuçların dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve doğrudan genellemelere gidilmemesi gerekmektedir. Bu sınırlılık, gelecekte yapılacak çalışmalarda örneklem seçiminde daha dengeli grup dağılımlarının sağlanmasının önemini ortaya koymaktadır. Özellikle epidural doğum yapan annelerin daha fazla sayıda çalışmaya dahil edilmesi, doğum şekilleri arasındaki olası farkların daha sağlıklı bir biçimde ortaya konulmasına katkı sağlayacaktır. Böylelikle doğum şeklinin doğum sonrası depresyon üzerindeki etkisine ilişkin daha güçlü ve güvenilir sonuçlara ulaşılması mümkün olabilecektir.

Sonuç ve Öneriler

Doğum sonu dönem anneleri fiziksel ve duygusal açıdan zorlar. Bu dönemde ortaya çıkan postpartum depresyon hem annenin yaşam kalitesini hem de bebek ile ilişkisini doğrudan olarak etkiler. Bu çalışmada postpartum depresyon ve annenin doğum sonrası psikolojik durumu incelenmiştir.

İncelemelere göre doğum şeklinin postpartum depresyon için tek başına yeterli bir risk faktörü olmadığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlar ışığında aktarabileceğimiz öneriler ise şu şekildedir;

1. Sağlık personellerinin (ebe/hemşire), doğum şekli ne olursa olsun tüm anneleri potansiyel postpartum depresyon riski olarak görüp bu duruma uygun taramalar yapması.
2. Yeni anne adayları için stres riski oluşturabilecek bilgi eksiklikleri giderilmeli, gebe okullarında eğitim verilmelidir.
3. Doğum öncesi kadar doğum eylemi de önemlidir. Doğum eylemi sırasında atılacak adımlarda gebeyi bilgilendirmeli, annede travmaya sebep olacak stres faktörlerinden ve bilinmezliklerden kaçınılmalı.
4. Doğum sonu kontrollerinde yalnızca fiziksel iyileşmeye değil, annenin psikososyal durumuna da bakılmalı ve sosyal destek konusunda değerlendirilmeli ve desteklenmelidir.

İlerde yapılacak çalışmalarda, örneklem grubundaki sayısal dengesizliği gidermek adına her doğum şekli grubundan eşit sayıda katılımcı sağlanarak daha kapsamı araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

1.(Tezel, A., & Gözüm, S. (2005).Postpartum dönemde kadınlarda görülebilen depresif belirtiler ve hemşirelik bakımı. Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi, 12(2), 62-68.)

2.(Ay, F., Tektaş, E., Mak, A., & Aktay, N. (2018). Postpartum depresyon ve etkileyen faktörler: 2000–2017 araştırma sonuçları.)

3.(KORTAK, L., & KARAAZİZ, M. (2025). Postpartum Depresyonu Üzerine Bir Derleme. *IKSAD JOURNAL*, *9*(37), 381–395.)

4.(Bingöl, Tülay Yılmaz, and Havva Tel. "Postpartum Dönemdeki Kadınlarda Algılanan Sosyal Destek Ve Depresyon Düzeyleri İle Etkileyen Faktörler." Journal of Anatolia Nursing and Health Sciences 10.3 (2007): 1-6.)

5.Aktaş, S., & Terzioğlu, F. (2015). Doğum sonrası depresyon ve etkileyen faktörler. Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi, 18(1), 45–52.

6.Gülseren, L., Çam, B., Karakoç, B., Yiğit, T., Danacı, A. E., & Şahin, E. M. (2006). Doğum sonrası depresyon: Yaygınlık ve risk etmenleri. Türk Psikiyatri Dergisi, 17(4), 241–251.

7.Kitiş, Y., & Bilgili, N. (2010). Doğum sonrası depresyonu etkileyen faktörler. TAF Preventive Medicine Bulletin, 9(6), 493–500.

8. Yıldız, H. (2011). Doğum sonrası depresyonun psikososyal belirleyicileri. Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi, 4(1), 10–18.

KONJENİTAL MUSKÜLER TORTİKOLLİS TANILI BİR BEBEĞİN ICF ÇERÇEVESİNDE FONKSİYONEL DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMI: OLGU SUNUMU

Arş. Gör. Buse BİRBİR[1] / Dr. Öğr. Üyesi Duygu KORKEM YORULMAZ[1] / Dr. Öğr. Üyesi Özge ÇANKAYA[1] / Doç. Dr. Duygu TÜRKER[1]

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Pediatrik Rehabilitasyon ABD; buse.korkmaz@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-1769-6166

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Pediatrik Rehabilitasyon ABD; duygu.korkem@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-1264-5415

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Pediatrik Rehabilitasyon ABD; ozge.cankaya@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0002-2116-8924

[1]Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Fakültesi, Pediatrik Rehabilitasyon ABD; duygu.turker@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2470-5737

Özet

Amaç: Bu olgu sunumunda, konjenital musküler tortikollis (KMT) tanılı bir bebeğin fonksiyonel durumunun İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması (ICF) çerçevesinde değerlendirilmesi ve bu değerlendirmeye dayalı bireyselleştirilmiş fizyoterapi yaklaşımının sunulması amaçlanmıştır.

Olgu: Altı aylık erkek bebek, 39. gestasyon haftasında vajinal yolla doğmuştur. Doğum öyküsünde vakum ve forseps uygulamasını içeren, yaklaşık 45 dakika süren güç doğum bulunmaktadır. Baş pozisyonundaki asimetri aile tarafından postnatal ikinci ayda fark edilmiş, olguya üçüncü ayda KMT tanısı konulmuştur.

Bulgular: Klinik gözlemde sol taraflı tortikollis saptanmış, başın sol lateral fleksiyon ve sağ rotasyon pozisyonunda tutulduğu belirlenmiştir. Tabloya yüz asimetrisi, kulak hizalanmasında farklılık ve oksipital düzleşme ile karakterize plagiosefali bulguları eşlik etmektedir. Servikal eklem hareket açıklığı değerlendirmesinde sol rotasyon ve sağ lateral fleksiyonda kısıtlılık tespit edilmiştir. Sol sternokleidomastoid kasın palpasyonunda gerginlik, kalınlık artışı ve kitle benzeri yapı saptanmıştır. Üst ekstremite hareketlerinin alt ekstremitelere kıyasla daha sınırlı olduğu ve sağ elde kavrama becerisinin yetersiz kaldığı gözlenmiştir. Motor performans Infant Motor Profile (IMP) ile değerlendirilmiş; alt alan skorları varyasyon 75, adaptasyon 60, simetri 53, akıcılık 75 ve performans 46, toplam skor ise 62 olarak elde edilmiştir. Bu bulgular, olgunun motor gelişim açısından risk taşıyan bir profil sergilediğine işaret etmektedir.

Sonuç: ICF çerçevesinde gerçekleştirilen değerlendirme, KMT'nin etkilerinin servikal kas kısalığıyla sınırlı kalmayıp postüral kontrol, motor simetri ve üst ekstremite fonksiyonlarını da kapsayabileceğini ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda planlanan bireyselleştirilmiş fizyoterapi programı; servikal germe egzersizleri, aktif rotasyon çalışmaları, postüral kontrol egzersizleri ve oyun temelli motor aktiviteleri içermektedir. Programa ek olarak aileye pozisyonlama, günlük yaşamda simetrinin desteklenmesi ve ev egzersiz programı konusunda eğitim verilmiştir. Olgu, KMT'li bebeklerde değerlendirme ve tedavi planlamasının ICF temelli, bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Konjenital musküler tortikollis, ICF, bebek, fizyoterapi, motor gelişim

FUNCTIONAL ASSESSMENT AND PHYSIOTHERAPY APPROACH FOR AN INFANT DIAGNOSED WITH CONGENITAL MUSCULAR TORTICOLLIS WITHIN THE ICF FRAMEWORK: A CASE REPORT

Res. Asst. Buse BİRBİR[1] / Asst. Prof. Dr. Duygu KORKEM YORULMAZ[1] / Asst. Prof. Dr. Özge ÇANKAYA[1] / Assoc. Prof. Dr. Duygu TÜRKER[1]

[1]University of Health Sciences, Gülhane Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Department of Pediatric Rehabilitation; buse.korkmaz@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-1769-6166

[1]University of Health Sciences, Gülhane Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Department of Pediatric Rehabilitation; duygu.korkem@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-1264-5415

[1]University of Health Sciences, Gülhane Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Department of Pediatric Rehabilitation; ozge.cankaya@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0002-2116-8924

[1]University of Health Sciences, Gülhane Faculty of Physiotherapy and Rehabilitation, Department of Pediatric Rehabilitation; duygu.turker@sbu.edu.tr; ORCID: 0000-0003-2470-5737

Abstract

Aim: This case report aims to evaluate the functional status of an infant diagnosed with congenital muscular torticollis (CMT) within the framework of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) and to present an individualized physiotherapy approach based on this evaluation.

Case: A six-month-old male infant was born vaginally at 39 weeks of gestation. His birth history included a difficult delivery lasting approximately 45 minutes, assisted by vacuum and forceps. The family noticed asymmetry in head position at two months of age, and the infant was diagnosed with CMT at three months.

Findings: Clinical observation revealed left-sided torticollis, with the head held in left lateral flexion and right rotation. This presentation was accompanied by plagiocephaly characterized by facial asymmetry, ear misalignment and occipital flattening. Assessment of cervical range of motion showed limitations in left rotation and right lateral flexion. Palpation of the left sternocleidomastoid muscle revealed tightness, increased thickness and a mass-like structure. Upper extremity movements were more limited than lower extremity movements, and grasping ability in the right hand was insufficient. Motor performance was assessed with the Infant Motor Profile (IMP). Domain scores were 75 for variation, 60 for adaptability, 53 for symmetry, 75 for fluency and 46 for performance, with a total score of 62. These findings indicate that the infant presents a motor developmental profile at risk.

Conclusion: The ICF-based evaluation demonstrates that the effects of CMT are not limited to cervical muscle shortening but may also involve postural control, motor symmetry and upper extremity function. Accordingly, the individualized physiotherapy program included cervical stretching exercises, active rotation training, postural control exercises and play-based motor activities. In addition, the family received education on positioning, promoting symmetry in daily life and a home exercise program. This case highlights the importance of an ICF-based, holistic approach to assessment and treatment planning in infants with CMT.

Keywords: Congenital muscular torticollis, ICF, infant, physiotherapy, motor development

GİRİŞ

Konjenital musküler tortikollis, sternokleidomastoid kasının kısalığı veya fibrotik değişiklikleri sonucu ortaya çıkan ve bebeklerde başın lateral fleksiyon ile karşı tarafa rotasyon pozisyonunda tutulmasıyla karakterize bir kas-iskelet sistemi bozukluğudur. Bu durum sıklıkla doğum travması, intrauterin pozisyon, zor doğum veya vakum-forseps kullanımı gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir (Nilesh ve Mukherji, 2013).

Erken dönemde tanı konulmadığında tortikollis; kraniyofasiyal asimetri, plagiosefali, postüral bozukluklar ve motor gelişimde gecikmelere yol açabilmektedir. Bu nedenle erken değerlendirme ve uygun fizyoterapi müdahaleleri büyük önem taşımaktadır (Phillips vd., 2025).

İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması (ICF), bireyin sağlık durumunu yalnızca hastalık üzerinden değil, aynı zamanda fonksiyonel kapasite, aktivite düzeyi ve çevresel faktörler açısından değerlendiren bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çerçeve özellikle pediatrik rehabilitasyon alanında bireyin gelişimsel süreçlerinin çok boyutlu olarak analiz edilmesine olanak sağlamaktadır (Pomeranz ve Shaw, 2007). Bu olgu sunumunda konjenital musküler tortikollis tanılı bir bebeğin klinik özellikleri ICF modeli doğrultusunda değerlendirilmiş ve fizyoterapi yaklaşımı sunulmuştur.

1. OLGU TANITIMI

Olgu 6 aylık erkek bebek olup 39 haftalık gebelik süresinin sonunda vajinal doğumla dünyaya gelmiştir. Doğum sırasında vakum-forseps kullanıldığı ve yaklaşık 45 dakika süren zor doğum öyküsü olduğu bildirilmiştir. Bebeğin doğum ağırlığı normal sınırlarda olup mevcut değerlendirme sırasında kilosu 11 kg olarak ölçülmüştür.

Aile, bebeğin baş pozisyonundaki asimetriyi ikinci ayda fark etmiş ve üçüncü ayda yapılan tıbbi değerlendirme sonucunda konjenital musküler tortikollis tanısı konulmuştur. Aile ayrıca bebeğin zaman zaman emme reddi gösterdiğini bildirmiştir. Olgunun demografik ve klinik özellikleri Tablo 1'de, değerlendirme sırasındaki pozisyonu Şekil 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Olgunun demografik ve klinik özellikleri

Değişken	**Bulgular**
Cinsiyet	Erkek
Yaş	6 ay
Doğum haftası	39 hafta
Doğum şekli	Vajinal doğum
Doğum öyküsü	Zor doğum (≈45 dk), vakum-forseps kullanımı
Kilo	11 kg
Tanı zamanı	3. ay
Ailenin fark etmesi	2. ay



Şekil 1. Olgunun pozisyonu

2. ICF ÇERÇEVESİNE GÖRE DEĞERLENDİRME

2.1. Vücut Yapı ve Fonksiyonları

Klinik gözlemde tortikollisin sol tarafta olduğu, başın sol lateral fleksiyon ve sağ rotasyon pozisyonunda tutulduğu belirlenmiştir. Yüzde asimetri, kulak hizasında farklılık ve oksipital bölgede düzleşme ile uyumlu kraniyal asimetri gözlenmiştir.

Servikal eklem hareket açıklığı değerlendirmesinde sol rotasyon ve sağ lateral fleksiyon hareketlerinde kısıtlılık saptanmıştır. Sağ lateral fleksiyon ve sol rotasyon sırasında huzursuzluk gözlenmiştir. Sternokleidomastoid kas palpasyonunda sol tarafta belirgin gerginlik, kalınlık artışı ve kitle benzeri yapı tespit edilmiştir.

Postüral değerlendirmede gövde asimetrisi dikkat çekmiş, başın sürekli sol tarafa eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Üst ekstremite hareketlerinin alt ekstremitelere göre daha sınırlı olduğu, sağ elde kavrama becerisinin yetersiz olduğu ve orta hat organizasyonunun tam olarak gelişmediği belirlenmiştir. Ayrıca koruyucu reaksiyon değerlendirmesinde sol tarafta reaksiyonun henüz ortaya çıkmadığı gözlenmiştir. Klinik değerlendirme bulguları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Klinik değerlendirme bulguları

Değerlendirme	Bulgular
Tortikollis tarafı	Sol
Baş pozisyonu	Sol lateral fleksiyon + sağ rotasyon
Servikal rotasyon	Sol rotasyon kısıtlı
Servikal lateral fleksiyon	Sağ lateral fleksiyon kısıtlı
SKM değerlendirmesi	Solda gerginlik, kalınlık artışı ve kitle
Yüz asimetrisi	Mevcut
Kulak hizası	Asimetrik
Plagiosefali	Oksipital düzleşme
Gövde postürü	Asimetrik
Üst ekstremite hareketleri	Kısıtlı
Sağ el kavrama	Yetersiz
Koruyucu reaksiyon	Sol tarafta ortaya çıkmamış
Kas Fonksiyon Ölçeği	3

2.2. Aktivite

Motor gelişim değerlendirmesinde bebeğin yaşına uygun baş kontrolüne sahip olduğu ve ellerini orta hatta getirebildiği gözlenmiştir. Bununla birlikte simetrik hareket paternlerinde kısıtlılık bulunmakta olup özellikle üst ekstremite kullanımında asimetri dikkat çekmektedir. Sağ el kullanımının sınırlı olması ve kavrama becerisinin yetersizliği aktivite performansını etkileyen önemli faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Servikal kas fonksiyonu Kas Fonksiyon Ölçeği (KFÖ) kullanılarak değerlendirilmiştir (Öhman vd., 2009). KFÖ, bebeğin düzeltme cevabını görsel gözlem yoluyla değerlendiren ve 0 ile 5 arasında puanlanan 6 basamaklı bir ölçektir. Değerlendirme sırasında bebek önce vertikal pozisyonda tutulmuş, ardından ayna önünde yavaşça horizontal pozisyona getirilmiştir. Bu sırada başın horizontal hatta göre pozisyonu gözlenmiş ve değerlendirme her iki taraf için ayrı ayrı yapılmıştır. Puanlama aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

1. Baş pozisyonu horizontal hattın altındadır.
2. Baş pozisyonu horizontal hatta getirilebilir.
3. Baş pozisyonu horizontal hattın hafif üzerindedir.
4. Baş horizontal hattın belirgin üzerindedir ancak 45°'yi geçmez.
5. Baş horizontal hattın 45° ve üzeri açıyla tutulabilmektedir.

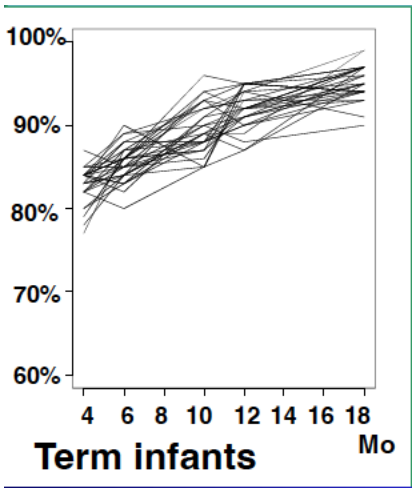
Olgu bu ölçekten 3 puan almıştır.

Infant Motor Profile (IMP), bebeklerde motor davranışın niteliksel ve niceliksel özelliklerini incelemek amacıyla kullanılan, video temelli, gözlemsel bir değerlendirme aracıdır. IMP, spontan hareketlerin çeşitliliği, akıcılığı ve simetrisi gibi nöromotor organizasyonun erken belirteçlerini analiz ederek motor performansı beş alt boyutta değerlendirir: varyasyon, adaptabilite, simetri, akıcılık ve performans. Değerlendirme, bebeğin yaşına uygun pozisyonlarda (sırtüstü, yüzüstü, oturma, ayakta durma vb.) serbest hareketlerinin video kaydı alınarak gerçekleştirilir ve kayıtlar standart skorlamaya göre eğitimli bir değerlendirici tarafından analiz edilir. Her alt boyut için elde edilen puanlar yüzde skora dönüştürülür ve toplam skor hesaplanır; yüksek skor daha iyi motor repertuarı ve nöromotor organizasyonu gösterir. IMP'nin özellikle 3–18 ay arası bebeklerde nörogelişimsel riskin erken belirlenmesinde geçerli ve güvenilir bir araç olduğu bildirilmiştir (Heineman vd., 2008).

Olgunun motor performansı IMP testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda varyasyon skoru 75, adaptasyon 60, simetri 53, akıcılık 75 ve performans 46 olarak belirlenmiş; toplam skor 62 olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Bu değerler bebeğin motor repertuarının referans değerlerin altında olduğunu ve gelişimsel açıdan riskli bir profil sergilediğini göstermektedir (Şekil 2).

Tablo 3. Infant Motor Profile (IMP) sonuçları

IMP alt boyutları	**Skor**
Varyasyon	75
Adaptasyon	60
Simetri	53
Akıcılık	75
Performans	46
Toplam skor	**62**



Şekil 2. IMP sonuçları

2.3. Katılım

Bebek çevresel uyaranlara yanıt vermekte ve oyun aktivitelerine katılım göstermektedir. Bununla birlikte baş ve gövde asimetrisine bağlı olarak oyuncaklara uzanma ve iki elin birlikte kullanılması gerektiren aktivitelerde sınırlılıklar gözlenmektedir.

2.4. Çevresel Faktörler

Ailenin bebeğin gelişimi konusunda duyarlı olduğu ve erken dönemde profesyonel destek aradığı görülmektedir. Aile, fizyoterapi programına uyumlu olup ev programını uygulama konusunda isteklidir. Günlük bakım ve oyun sırasında uygun pozisyonlama ve uyaran düzenlemelerinin yapılması bebeğin fonksiyonel gelişimini destekleyen önemli çevresel faktörler olarak değerlendirilmiştir.

2.5. Kişisel Faktörler

Olgu 6 aylık erkek bebek olup zor doğum ve vakum-forseps kullanımı öyküsü bulunmaktadır. Erken tanı almış olması rehabilitasyon süreci açısından olumlu bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Olgunun ICF çerçevesindeki fonksiyonel değerlendirmesi Tablo 4'te özetlenmiştir.

Tablo 4. ICF çerçevesinde olgunun fonksiyonel değerlendirilmesi

ICF alanı	ICF kodu	Klinik bulgular
Vücut Fonksiyonları	b710	Servikal eklem hareket açıklığında kısıtlılık
	b735	Kas tonusu değişikliği (SKM gerginliği)
	b760	Motor kontrol ve koordinasyon bozukluğu
	b770	Postüral kontrol bozukluğu
Vücut Yapıları	s710	Servikal bölge yapıları
	s720	Omuz kuşağı yapıları
Aktivite	d415	Baş ve gövde pozisyonunu sürdürme
	d440	Kavrama ve nesneleri tutma
	d445	Üst ekstremite kullanımı
Katılım	d880	Oyun aktivitelerine katılım
Çevresel Faktörler	e310	Aile desteği
	e355	Sağlık profesyonelleri desteği
	e115	Oyun materyalleri ve uyaranlar

3. FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMI

Fizyoterapi programı servikal hareket açıklığının artırılması, postüral simetrinin sağlanması ve motor gelişimin desteklenmesi hedefleri doğrultusunda planlanmıştır.

Tedavi programında servikal rotasyon ve lateral fleksiyon hareketlerini artırmaya yönelik nazik germe egzersizleri uygulanmış, sternokleidomastoid kasının esnekliğini artırmaya yönelik mobilizasyon teknikleri kullanılmıştır (Şekil 3). Aktif rotasyonun desteklenmesi amacıyla kısıtlı tarafa doğru görsel ve işitsel uyaranlar verilmiş ve oyun temelli aktiviteler uygulanmıştır.



Şekil 3. Sol SKM kas germe

Üst ekstremite fonksiyonlarının geliştirilmesi amacıyla kavrama ve bilateral el kullanımını destekleyen oyun aktiviteleri uygulanmıştır. Ayrıca koruyucu reaksiyonların ortaya çıkarılmasına yönelik postüral kontrol egzersizleri programa dahil edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Koruyucu reaksiyon açığa çıkarma

4. AİLE EĞİTİMİ VE EV PROGRAMI

Sol tortikollisli olguda aile eğitimine yönelik tedavi programı, kas esnekliğini iyileştirmeyi, baş pozisyonlamasını düzenlemeyi ve proprioseptif farkındalığı artırmayı hedefleyen kanıta dayalı yaklaşımları kapsamalıdır. Erken dönemde başlanan konservatif tedavinin başarı oranının yüksek olduğu ve etkin sonuç verdiği gösterilmiştir (Antares vd., 2025).

4.1. Duyu ve Motor Eğitim Önerileri

- **Proprioseptif uyarım ve farkındalığın artırılması (Carenzio vd., 2015):**
  - Bu olguda proprioseptif duyu eksikliği belirlendiği için; dokunsal oyuncaklar ve değişik dokularla (ör. sert-yumuşak yüzey farklılıkları) oyunlar kullanmak, duyumotor farkındalığı destekleyecektir.
  - Baş ve boyun hareketlerine sesli/ışıklı uyarılar eşlik ederek dikkat ve yönelme yanıtlarının uyarılması önerildi.
- **Sürekli pozisyon değişikliği ve uyanık pozisyonlama (Keklicek ve Uygur, 2017):**
  - Uyanıkken tummy time uygulanması gerektiği; önerilen toplam sürenin günde ≥60 dakika olduğu anlatıldı (aralıklı kısa sürelerle) (Şekil 5).



Şekil 5. Tummy time aktivitesi

  - Yatakta veya beşik içinde başın sürekli sağ tarafa dönmesini engellemek için uyaranların sol tarafa yerleştirilmesi gerektiği anlatıldı (ör. oyuncak, ışık, ses) (Şekil 6).



Şekil 6. Aktif sol rotasyonu teşvik etme

- **Üst ekstremite kullanımını destekleyici oyunlar (Keklicek ve Uygur, 2017):**
  - Olguya her iki kolu da kullanmaya teşvik eden oyuncakların verilmesi gerektiği, bunun motor gelişimi ve simetriyi desteklediği anlatıldı.

4.2. Günlük Yaşamda Entegrasyon

Günlük yaşama yönelik öneriler Carenzio ve arkadaşlarının (2015) önerileri doğrultusunda planlanmıştır.

- **Beslenme sırasında pozisyonlama:**
  - Emzirme veya biberon beslenmesi sırasında bebeğin sağ tarafı altta kalacak şekilde tutulması ve bu pozisyonda emzirerek başın aktif olarak sola doğru çevrilmesi önerildi. Bu uygulama, pasif döndürme yerine aktif kas katılımını teşvik eder, boyun kaslarının güçlenmesine ve motor gelişime katkı sağlar. İşlem, nazikçe ve gün içinde tekrarlanacak şekilde uygulanmalıdır.
- **Taşıma ve tutma pozisyonları:**
  - *Kucakta taşıma:* Bebeğin sol tarafı altta kalacak şekilde, sağ taraf yukarıda olacak pozisyon tercih edilmelidir. Bu pozisyonda baş, nazikçe sağ tarafa doğru aktif lateral fleksiyona teşvik edilir.
  - *Omuzda taşıma:* Bebeği omuz üzerinde taşırken sol taraf önde olacak şekilde yerleştirmek, boyun kaslarının eşit kullanımını ve başın mobilizasyonunu destekler.
  - *Alt değiştirme ve bakım aktiviteleri:* Alt değiştirme sırasında başın aktif rotasyonu sağlanmalı, oyuncak veya sesli uyaranlar sol tarafa yerleştirilerek bebeğin başını o yöne çevirmesi desteklenmelidir.
- **Yatış pozisyonu:**
  - **Sırt üstü pozisyon (supin):**
    - Bebek uyurken genellikle sırt üstü yatırılmalıdır.
    - Baş, sol tarafa hafifçe çevrilmiş veya oyuncak/uyaran sol tarafa yerleştirilerek başın aktif olarak sol tarafa dönmesi teşvik edilebilir.
    - Başın sürekli aynı pozisyonda kalması önlenmelidir (örn. yastıkla hafif yönlendirme, uyaran yerleştirme).
  - **Yan yatış pozisyonu (lateral):**
    - Özellikle uyanık sürelerde ve gözetim altında lateral pozisyon kullanılabilir.

- Bu olguda sol taraf aşağıda kalacak şekilde boynunun altına yastık konularak aktif germe ile orta hat pozisyonu sağlanabilir veya yastıksız, baş sağ tarafta aşağıda kalacak şekilde yatırılabilir. Bu şekilde kasların eşit kullanılmasına ve başın mobilizasyonuna katkı sağlanır.

- **Pozisyon değişimi ve uyaran kullanımı:**

- Uyku sırasında başın ve gövdenin sürekli aynı tarafa dönmesini engellemek için uyaranlar (oyuncak, ses, ışık) kısıtlı tarafa yerleştirilebilir.

- Günlük yaşamda uyanıkken tummy time ve yan yatış ile kaslar güçlendirilmelidir.

4.3. Ev Programı (Nazik Germe ve Aktiviteler)

Ev programı Celayir'in (2000) önerileri doğrultusunda düzenlenmiştir.

- **Pasif germe egzersizleri:**

- SKM için nazik, kısa ve ağrısız pasif germe uygulanmalıdır.

- Egzersiz sıklığı günde 3–5 kez olabilir; her seans kısa tutulmalıdır.

- Aileye uygulamalı gösterim yapıldı ve yazılı/görsel materyallerle destek sağlandı.

- Yoğun ev programı ile yapılan tedavide boyun hareket açıklığında düzelme gözlenmektedir.

- **Pelvis ve alt abdominallerin aktivasyonu:**

- Beslenmeden yaklaşık 1 saat sonra, bebeğin pelvisini hafifçe kaldırarak alt abdominallerin aktivasyonu ve ayakların ağıza götürülmesi gibi oyun temelli aktivitelerin yapılması önerildi (Şekil 7).



Şekil 7. Alt abdominallerin aktivasyonu

- **Yataktan kalkış ve motor beceri öğretilmesi:**

- Baş ve gövde kontrolünü geliştirmek için yataktan uygun kalkış şekilleri öğretildi ve güvenli şekilde desteklendi (Şekil 8).



Şekil 8. Yataktan kalkma aktivitesi

4.4. Takip ve İzlem

Takip ve izlem süreci Do'nun (2006) önerileri doğrultusunda planlanmıştır.

- **Tekrar değerlendirme:**
  - İlk tedavi sonrası 2–4 hafta içinde yeniden değerlendirme planlandı.
  - Tedavi etkinliği, baş tilt açısı, boyun hareket açıklığı ve motor gelişim basamakları izlenmelidir.
- **Plagiosefali ve üçüncül etkiler:**
  - KMT'ye eşlik eden deformasyonel plagiosefali veya kalan asimetri varsa, bu durumun derecesi izlenmeli ve gerekirse kranial şekillendirme gibi ek öneriler düşünülmelidir (örn. pozisyonlama, özel yastıklar).
- **Erken tedavinin önemi:**
  - Literatür, erken başlanan konservatif tedavi ile tam düzelme oranlarının yükseldiğini ve cerrahi gereksinimini azalttığını göstermektedir.

5. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu olgu, konjenital musküler tortikollisin yalnızca servikal kas kısalığı ile sınırlı olmadığını, aynı zamanda postüral kontrol, motor simetri ve üst ekstremite fonksiyonlarını da etkileyebileceğini göstermektedir. ICF çerçevesinde yapılan bütüncül değerlendirme, bebeğin fonksiyonel durumunun çok boyutlu olarak analiz edilmesine ve bireyselleştirilmiş fizyoterapi programının planlanmasına olanak sağlamıştır.

Erken dönemde başlanan fizyoterapi müdahaleleri ve aile eğitimi, motor gelişimin desteklenmesi ve olası sekonder deformitelerin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Antares, J. B., Jones, M. A., Chak, N. T. N., Chi, Y., Li, H., Li, M., Chan, E. Y. W., Chen, T. M. K., Lee, C. M. Y., & Urquhart, D. M. (2025). Efficacy of non-surgical, non-pharmacological treatments for congenital muscular torticollis: A systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders, 26*(1), 178.

Carenzio, G., Carlisi, E., Morani, I., Tinelli, C., Barak, M., Bejor, M., & Dalla Toffola, E. (2015). Early rehabilitation treatment in newborns with congenital muscular torticollis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 51*(5), 539–545.

Celayir, A. C. (2000). Congenital muscular torticollis: Early and intensive treatment is critical. A prospective study. *Pediatrics International, 42*(5), 504–507.

Do, T. T. (2006). Congenital muscular torticollis: Current concepts and review of treatment. *Current Opinion in Pediatrics, 18*(1), 26–29.

Heineman, K. R., Bos, A. F., & Hadders-Algra, M. (2008). The Infant Motor Profile: A standardized and qualitative method to assess motor behaviour in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology, 50*(4), 275–282.

Keklicek, H., & Uygur, F. (2017). Konjenital musküler tortikollis ve birlikte gelişen deformasyonel plagiosefalinin ev fizyoterapi programına yanıtlarının incelenmesi. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 28*(3), 85–92. https://doi.org/10.21653/tfrd.360023

Nilesh, K., & Mukherji, S. (2013). Congenital muscular torticollis. *Annals of Maxillofacial Surgery, 3*(2), 198–200.

Öhman, A. M., Nilsson, S., & Beckung, E. R. E. (2009). Validity and reliability of the Muscle Function Scale, aimed to assess the lateral flexors of the neck in infants. *Physiotherapy Theory and Practice, 25*(2), 129–137.

Phillips, L., Walsh, K., & Burton, J. (2025). Congenital muscular torticollis: Diagnosis, management, and prognosis in the pediatric population. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, Article 101877.

Pomeranz, J. L., & Shaw, L. R. (2007). International Classification of Functioning, Disability and Health: A model for life care planners. *Journal of Life Care Planning, 6*(1–2). https://doi.org/10.70385/001c.151412

YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARIN BAKIMINDA KÜMÜLATİF STRES MARUZİYETİNİN PRETERM BEBEKLERDEKİ FİZYOLOJİK, DAVRANIŞSAL VE NÖROGELİŞİMSEL SONUÇLARI: KÜRESEL ÇOCUK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİNDEN KAPSAM DERLEMESİ

Arş. Gör. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU[1]

[1]Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye; hazalozdemir@selcuk.edu.tr; ORCID: 0000-0002-4418-613X

Özet

Giriş ve Amaç: 2020 yılında dünya genelinde yaklaşık 13,4 milyon bebek preterm doğmuştur; komplikasyonları beş yaş altı ölümlerin önde gelen nedenidir. Hayatta kalan yüksek riskli yenidoğanlar yoğun bakım süresince tekrarlayan ağrılı işlemlere ve bakım kaynaklı stresörlere maruz kalmaktadır. Bu kapsam derlemesinin amacı, yenidoğan yoğun bakımda kümülatif stres maruziyetini nicel olarak ölçen çalışmaları haritalamak; ölçüm araçlarını, sonuç alanlarını (fizyolojik stres yanıtı, davranışsal konfor, beyin gelişimi, nörogelişim, epigenetik belirteçler), bildirilen ilişkilerin yönünü ve kanıtların dağılımını ortaya koymaktır.

Yöntem: Derleme JBI kapsam derlemesi metodolojisiyle yürütüldü ve PRISMA-ScR'ye göre raporlandı. PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC ve TR Dizin Ocak 2016–Ekim 2026 dönemi için 24 Ekim 2026'da tarandı; referans listeleri incelendi. Gebelik yaşı 37 haftanın altında olan ve yatış süresince kümülatif stres maruziyeti NISS, NeO-stress skoru veya cilt bütünlüğünü bozan işlem sayımıyla nicel olarak ölçülen gözlemsel çalışmalar dahil edildi; tek işlemdeki akut yanıtı ölçen çalışmalar ve analjezi müdahale çalışmaları dışlandı. Çalışma seçimi ve veri haritalama iki aşamalı yürütüldü; bulgular sayısal ve tematik olarak özetlendi.

Bulgular: Toplam 1.328 kayıt belirlendi; yinelenenler çıkarıldıktan sonra 810 kayıt tarandı ve 61 yayın kapsam derlemesine dahil edildi. Bu yayınlar beş kıtadaki yaklaşık 30 kohorta aitti; bazı kohortlar birden fazla yayınla temsil edildi. Maruziyet yükü gebelik yaşı küçüldükçe arttı. Yayınlar beş kıtadaki yaklaşık 30 kohorttan elde edildi; aynı kohorttan çoklu yayınlar sıktı. Maruziyet yükü gebelik yaşı küçüldükçe arttı. Yüksek kümülatif maruziyet; talamus, serebellum ve beyaz cevher gelişiminde, yapısal ve fonksiyonel bağlantısallıkta farklılıklar ve daha olumsuz nörodavranışsal sonuçlarla ilişkilendirildi; stresle ilişkili genlerin metilasyonuna ilişkin bulgular kohortlar arasında farklılık gösterdi. Kortizolle ilişkiler gebelik yaşı ve örnekleme zamanına, konforla ilişkiler kullanılan ölçüme ve postnatal döneme göre değişti; uzun dönem bilişsel sonuçlarla ilişki kohortlar arasında farklıydı. Düşük ve orta gelirli ülkelerden kanıt sınırlıydı.

Sonuç: Kümülatif stres maruziyeti yüksek riskli yenidoğan bakımının ölçülebilir ve değiştirilebilir bir bileşenidir. Bulgular, hemşirelik bakımında işlem yükünün izlenmesi, gereksiz tekrarların azaltılması ve bebeğin toparlanmasının değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir; küresel ölçekte karşılaştırılabilir ölçüm ve düşük kaynaklı ortamlardan veri gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Preterm Bebek, Yüksek Riskli Yenidoğan Bakımı, Kümülatif Stres, Nörogelişim, Küresel Çocuk Sağlığı

CUMULATIVE STRESS EXPOSURE IN THE CARE OF HIGH-RISK NEWBORNS AND ITS PHYSIOLOGICAL, BEHAVIOURAL AND NEURODEVELOPMENTAL OUTCOMES IN PRETERM INFANTS: A SCOPING REVIEW FROM A GLOBAL CHILD HEALTH PERSPECTIVE

Res. Asst. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU[1]

[1]Selçuk University Faculty of Nursing, Department of Pediatric Nursing, Konya, Türkiye; hazalozdemir@selcuk.edu.tr; ORCID: 0000-0002-4418-613X

Abstract

Background and Aim: An estimated 13.4 million infants were born preterm worldwide in 2020; preterm birth complications remain the leading cause of under-five mortality. Surviving high-risk newborns are exposed to repeated painful procedures and care-related stressors throughout intensive care. This scoping review mapped studies quantifying cumulative stress exposure in neonatal intensive care: measurement tools, outcome domains (physiological stress responses, behavioural comfort, brain development, neurodevelopment, epigenetic markers), the direction of reported associations and the distribution of evidence.

Methods: The review followed JBI scoping review methodology and PRISMA-ScR reporting guidelines. PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC and TR Dizin were searched (January 2016–October 2026) on 24 October 2026; reference lists were screened. Observational studies of infants born before 37 weeks with cumulative stress exposure during hospitalisation quantified by NISS, NeO-stress score or skin-breaking procedure counts were eligible; single-procedure acute response studies and analgesia trials were excluded. Two-stage selection and standardised data charting were performed; findings were summarised numerically and thematically.

Results: Overall, 1,328 records were identified; after de-duplication, 810 were screened and 61 publications were included in the review. These publications reported data from approximately 30 cohorts across five continents, with some cohorts represented by more than one publication. Exposure burden increased with decreasing gestational age. Higher cumulative exposure was associated with differences in thalamic, cerebellar and white matter development and in structural and functional connectivity, and with poorer neurobehavioural outcomes; methylation findings for stress-related genes were inconsistent. Cortisol associations varied with gestational age and sampling time, comfort associations with measure and postnatal period; associations with later cognitive outcomes differed between cohorts. Evidence from low- and middle-income countries was limited.

Conclusion: Cumulative stress exposure is a measurable and modifiable component of high-risk newborn care. The mapped evidence suggests that monitoring procedural burden, reducing unnecessary repetition and assessing infant recovery are nursing priorities; globally comparable measurement and data from low-resource settings are needed.

Keywords: Preterm Infant, Care of High-Risk Newborns, Cumulative Stress, Neurodevelopment, Global Child Health

GİRİŞ

2020 yılında dünya genelinde yaklaşık 13,4 milyon bebek preterm doğmuştur ve bu doğumların büyük bölümü Güney Asya ile Sahra altı Afrika'da gerçekleşmiştir (Ohuma ve ark., 2023). Preterm doğum komplikasyonları beş yaş altı ölümlerin önde gelen nedeni olmayı sürdürmektedir (Perin ve ark., 2022); hayatta kalan bebeklerde ise fiziksel ve nörogelişimsel sorunlar uzun yıllar sürebilmektedir (Ohuma ve ark., 2023). Bu iki yönüyle preterm doğum, çocuklara yönelik küresel sağlık sorunlarının başında gelmektedir. Yenidoğan yoğun bakımındaki ilerlemelerle giderek daha küçük gebelik yaşındaki bebekler hayatta kalmaktadır; Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) 2022 önerileri de preterm ve düşük doğum ağırlıklı bebeklerin bakımında aile katılımını ve gelişimi destekleyen uygulamaları öne çıkarmaktadır (DSÖ, 2022).

Yenidoğan yoğun bakım ünitesinde (YYBÜ) yatan preterm bebek, gelişimsel olarak hazır olmadığı bir ortamda haftalar boyunca tekrarlayan ağrılı ve stresli işlemlere maruz kalır. Topuktan kan alma, damar yolu açma, aspirasyon ve sonda yerleştirme gibi işlemler ile ışık, ses ve bakım kaynaklı uyaranlar günlük bakımın parçasıdır (Weber ve Harrison, 2019). Bu maruziyet tek bir işlemin akut etkisiyle sınırlı değildir. Yatış boyunca biriken yük, olgunlaşmamış beyin ve stres düzenleme sistemleri için uzun süreli bir uyaran oluşturur (McPherson ve ark., 2020; Walker, 2019). Maruziyetin izlenmesi ve gereksiz işlem tekrarlarının azaltılması, yüksek riskli yenidoğanların hemşirelik bakımını doğrudan ilgilendirir.

Kümülatif maruziyetin nicel ölçümünde üç yaklaşım kullanılmaktadır. Neonatal Infant Stressor Scale (NISS) günlük akut ve kronik stresörleri şiddetlerine göre ağırlıklandırarak puanlar (Newnham ve ark., 2009); ölçeğin kullanımı ve geçerliği yakın zamanda bir bütünleştirici derlemede gözden geçirilmiştir (Nist ve ark., 2024). Cilt bütünlüğünü bozan (skin-breaking) işlemlerin sayımı, beyin gelişimi kohortlarında yaygın olarak kullanılan kayıt temelli bir ölçüdür (Boggini ve ark., 2021). NeO-stress skoru ise çok preterm bebekler için geliştirilen ve işlemleri uzman görüşüyle ağırlıklandıran güncel bir araçtır (Meesters ve ark., 2023).

Önceki sistematik derlemeler yenidoğan stresinin beyin gelişimi (Boggini ve ark., 2021), epigenetik ve telomer belirteçleri (Casavant ve ark., 2019) ve sağlık-gelişim sonuçlarıyla (van Dokkum ve ark., 2021) ilişkisini ayrı ayrı özetlemiştir. van Dokkum ve ark. (2021) 20 makale üzerinden stresin bilişsel, motor ve duygusal gelişim, epigenetik değişiklikler, hipotalamus–hipofiz–adrenal eksen işlevi ve yapısal beyin gelişimiyle olumsuz yönde ilişkili olduğunu bildirmiş; çalışmaların stres tanımlarının birbirinden farklı olduğuna dikkat çekmiştir. Bu derlemeler 2021 öncesindeki literatürü kapsamaktadır; oysa bağlantısallık, serebellum ve ulusal kohort düzeyinde maruziyet ölçümü üzerine yayınlar son yıllarda hızla artmıştır. Bu derlemelerin hiçbiri ölçüm aracını, sonuç alanını ve coğrafi dağılımı birlikte haritalamamıştır. Preterm doğumların çoğunluğunun gerçekleştiği düşük ve orta gelirli ülkelerden bu konuda ne kadar kanıt bulunduğu da bilinmemektedir.

Bu kapsam derlemesinin amacı, yenidoğan yoğun bakımda kümülatif stres maruziyetini nicel olarak ölçen ve bir sonuçla ilişkilendiren çalışmaları haritalamaktır. Derleme dört soruyu yanıtlamaktadır: (1) Kümülatif maruziyet hangi araçlarla ve hangi dönemde ölçülmektedir? (2) Hangi sonuç alanları (fizyolojik stres yanıtı, davranışsal konfor, beyin gelişimi, nörogelişim ve nörodavranış, epigenetik belirteçler) hangi zaman noktalarında değerlendirilmektedir? (3) Bildirilen ilişkilerin yönü nedir? (4) Kanıt coğrafi olarak nasıl dağılmaktadır? Bu sorular, yüksek riskli yenidoğan bakımında hemşirelik uygulamalarıyla değiştirilebilir bir maruziyeti küresel çocuk sağlığı perspektifinden ele almaktadır.

1. YÖNTEM

1.1. Tasarım

Kapsam derlemesi Joanna Briggs Institute (JBI) kapsam derlemesi metodolojisine göre yürütüldü (Peters ve ark., 2020) ve PRISMA-ScR bildirgesine göre raporlandı (Tricco ve ark., 2018). Kapsam derlemesi tasarımı, ölçüm araçlarının ve sonuç alanlarının çeşitliliği nedeniyle etki büyüklüklerini birleştirmek yerine kanıtı haritalamak amaçlandığı için seçildi. JBI metodolojisinde isteğe bağlı olan metodolojik kalite değerlendirmesi yapılmadı. Derleme için önceden kayıtlı bir protokol bulunmamaktadır.

1.2. Uygunluk ölçütleri

Ölçütler JBI'nin katılımcı–kavram–bağlam çerçevesiyle tanımlandı. Katılımcılar gebelik yaşı 37 haftanın altında doğan ve YYBÜ'de yatan bebeklerdi; term karşılaştırma grubu içeren çalışmalar dahil edildi. Kavram, yatış süresince kümülatif stres maruziyetinin NISS, NeO-stress skoru veya cilt bütünlüğünü bozan/invaziv işlem sayımıyla nicel olarak ölçülmesi ve en az bir sonuç alanıyla (fizyolojik stres yanıtı, davranışsal konfor, beyin gelişimi, nörogelişim ve nörodavranış, epigenetik belirteçler) ilişkilendirilmesiydi; yatış boyunca tekrarlanan ağrı değerlendirmelerinden türetilen kümülatif ağrı yükü de bu kapsamda kabul edildi. Bağlam, ülke ve ünite düzeyi sınırlaması olmaksızın yenidoğan yoğun bakımdı. Gözlemsel tasarımlar (prospektif ve retrospektif kohort, kesitsel ve olgu-kontrol çalışmaları, müdahale çalışmalarının gözlemsel ikincil analizleri) ile aynı kohorttan gelen izlem çalışmaları dahil edildi. Tek bir işleme verilen akut yanıtı ölçen çalışmalar, maruziyeti ölçmeden analjezi veya bakım müdahalesini sınayan deneysel çalışmalar, sonuç bildirmeyen yalnız maruziyet tanımlayıcı çalışmalar, derlemeler, protokoller, olgu sunumları ve hayvan çalışmaları dışlandı. Ocak 2016–Ekim 2026 arasında İngilizce veya Türkçe yayımlanan çalışmalar alındı.

1.3. Bilgi kaynakları ve arama

PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC ve TR Dizin 24 Ekim 2026 tarihinde (son tarama yapılan tarih) tarandı. Arama stratejisi üç kavram grubunu birleştirdi: (a) preterm bebek ve yenidoğan yoğun bakım (preterm, premature, very/extremely low birth weight, Infant, Premature [MeSH]); (b) kümülatif stres veya ağrı maruziyeti (Neonatal Infant Stressor Scale, NISS, NeO-stress, stress/pain exposure, cumulative stress/pain, painful, skin-breaking veya invasive procedures, procedural pain); (c) sonuç terimleri (cortisol, heart rate variability, comfort, COMFORTneo, neurobehavio*, neurodevelopment*, brain, white matter, connectivity, Bayley, methylation, epigenetic*, growth). Terimler her veri tabanının sözdizimine uyarlandı; TR Dizin'de Türkçe karşılıklar kullanıldı. Dahil edilen yayınların ve ilgili derlemelerin kaynak listeleri ile başlıca kohortların yazar adlarıyla ek aramalar yapıldı.

1.4. Çalışma seçimi ve veri haritalama

Kayıtlar tek bir havuzda toplandı ve yinelenenler çıkarıldı. Seçim ve veri haritalama tek araştırmacı tarafından iki aşamada yürütüldü: önce başlık ve özetler, ardından aday araştırmaların tam metinleri uygunluk ölçütlerine göre değerlendirildi. Uygunluğu belirsiz kayıtlar, ölçütler doğrultusunda ikinci kez incelenerek karara bağlandı. Veri haritalama için JBI şablonundan uyarlanan bir form kullanıldı: yazar ve yıl, ülke ve Dünya Bankası gelir grubu, tasarım, örneklem büyüklüğü, gebelik yaşı, maruziyet ölçümü ve ölçüm dönemi, sonuç alanı, sonuç ölçüm zamanı, bildirilen ilişkinin yönü ve kohort kimliği. Aynı bebekleri paylaşan yayınlar yazar grubu, merkez ve alım yıllarına göre kohort ailelerinde gruplandı.

1.5. Sentez

Bulgular sayısal ve tematik olarak özetlendi. Sayısal özet araştırma sayıları üzerinden yapıldı; bir yayın birden fazla ölçüm aracı veya sonuç alanı içeriyorsa her birinde ayrı sayıldı. Tematik özet beş sonuç alanı için bildirilen ilişkilerin yönünü haritaladı: yüksek maruziyetle ilişki (beyin gelişimi, nörogelişim ve davranış alanlarında

olumsuz yönde; fizyolojik ve epigenetik belirteçlerde düzey, reaktivite veya örüntü değişikliği), anlamlı ilişki saptanmaması ve gebelik yaşı, cinsiyet, genotip, analjezi veya ölçüm zamanına bağlı koşullu ilişki. Bir yayın aynı alanda birden fazla sonuç bildirmişse birincil sonuç esas alındı; dolaylı (aracı veya düzenleyici) ilişkiler ayrı gösterildi. Etki büyüklükleri birleştirilmedi.

2. BULGULAR

2.1. Arama sonuçları

Dört veri tabanından ve ek kaynaklardan toplam 1.328 kayıt belirlendi. Yinelenenler çıkarıldıktan sonra 810 kayıt tarandı; 749 kayıt başlık–özet ve tam metin aşamalarında dışlandı ve 61 yayın derlemeye dahil edildi (Şekil 1). Aynı kohortun farklı sonuçlarını veya izlem bulgularını bildiren makaleler ayrı yayınlar olarak sayıldı.

2.2. Yayınların özellikleri

Dahil edilen 61 yayının özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Yayınlar 28 kohort ailesinden (yaklaşık 30 kohort) elde edildi: 11 kohort ailesi birden fazla yayın üretmişti, 17 kohort tek yayınla temsil ediliyordu. En büyük aileler Vancouver (11), Connecticut (6), Milano (5) ve Floransa (4) kohortlarıydı. Araştırmalar Kanada (16), ABD (15), İtalya (10), Hollanda (7), Belçika (3), Brezilya (3), İsviçre (2), Çin (2) ile Avusturya, Avustralya, İsrail, Japonya ve Polonya'dan (birer yayın) elde edildi; iki ülkeli iki yayın (Duerden ve ark., 2020; Schneider ve ark., 2018) bulunmaktaydı. Kıtalara göre dağılım Kuzey Amerika 31, Avrupa 24, Asya 4, Güney Amerika 3 ve Avustralya 1 yayın şeklindeydi. Düşük gelirli ülkeden yayın yoktu; üst-orta gelirli ülkelerden (Brezilya ve Çin) beş yayın vardı. Yayınların 20'si (%33) 2024–2026 yıllarında yayımlandı.



Şekil 1. Çalışma seçim akışı

Tasarımlar ağırlıklı olarak prospektif kohortlardı; sekiz yayın retrospektif veya kesitsel analizlere dayanıyordu ve 10 yayın term doğan karşılaştırma grubu içeriyordu. Yayın düzeyinde preterm örneklem büyüklüğü 10 ile 446 arasında değişti (medyan 83); en büyük örneklem Hollanda ulusal HIPPO kohortuydu (Ten Barge ve ark., 2026). Araştırmaların çoğu 32 hafta altında doğan bebekleri kapsıyordu; yedi araştırma 29 hafta altı bebeklere odaklanmıştı.

Tablo 1. Dahil edilen yayınların kohort ailelerine göre özellikleri (61 yayın)

Kohort (ülke)	Yayınlar	n	Maruziyet ölçümü	Sonuç alanları; izlem
Vancouver, BC Women's (Kanada)	Chau ve ark., 2017, 2019; Duerden ve ark., 2016, 2018, 2022; Kozhemiako ve ark., 2019; McLean ve ark., 2021, 2022, 2023; Christensen ve ark., 2025; Rapos ve ark., 2026	57–234	İS	F, B, N; 18 ay–8 yaş
Toronto ve üç merkezli Kanada kohortu, 2015–2019 (Kanada)	Selvanathan ve ark., 2023, 2024; McLean ve ark., 2025	150–276	İS	B, N; 18 ay
Toronto–Utrecht iki merkezli kohort (Kanada, Hollanda)	Duerden ve ark., 2020	143	İS	B, N; okul öncesi
Lozan CHUV (İsviçre, Kanada)	Schneider ve ark., 2018; Mueller ve ark., 2024	42–51	İS	B, N; 18 ay–5 yaş
Utrecht WKZ (Hollanda)	Lammertink ve ark., 2022a, 2022b	145–180	İS	B, N; 30–40 hf PMY; 2–5 yaş
Groningen UMCG (Hollanda)	van Dokkum ve ark., 2023, 2026; Koning ve ark., 2026	45–82	NISS	E, K; yatış
Ulusal HIPPO kohortu (Hollanda)	Ten Barge ve ark., 2026	446	NeO-stress	F; 8. ve 28. gün
Connecticut (ABD)	Cong ve ark., 2017; D'Agata ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2022, 2026; Brown ve ark., 2023; Chen ve ark., 2023	41–197	NISS	N, Bü; 36–38 hf PMY; 1–2 yaş
Tampa (ABD)	D'Agata ve ark., 2019, 2025	82–83	NISS	F, N; 6 hf; 4 yaş
NICU-HEALTH, New York (ABD)	Pourkaviani ve ark., 2020	125	NISS	F; yatış
Ohio (ABD)	Nist ve ark., 2020	71	İS, NISS	N; 35 hf PMY
Milano IRCCS Medea (İtalya)	Montirosso ve ark., 2016; Provenzi ve ark., 2016, 2019, 2020; Fumagalli ve ark., 2018	24–48	İS	F, E, B, N; 3 ay–4,5 yaş
Floransa Careggi (İtalya)	Coviello ve ark., 2018, 2024a, 2024b, 2026	77–86	İS	B, N, Bü; TEY–2 yaş
KU Leuven (Belçika)	Lavanga ve ark., 2021; Bollen ve ark., 2025; Van den Broeck ve ark., 2026	70–97	İS	F, B, N; yatış–5 yaş
Ribeirão Preto (Brezilya)	Gaspardo ve ark., 2018; Cassiano ve ark., 2019, 2023	62–70	NISS	N; 18 ay–5 yaş
Stony Brook (ABD)	Rohan, 2016	59	İS	F; 37 hf PMY
Sheba (İsrail)	Morag ve ark., 2017	107	İS, NISS	N; 12,5 ay
Cenova Gaslini (İtalya)	Tortora ve ark., 2019	46	İS	B, N; TEY–24 ay

Kohort (ülke)	Yayınlar	n	Maruziyet ölçümü	Sonuç alanları; izlem
Viyana (Avusturya)	Giordano ve ark., 2023	196	Ağrı yükü (tekrarlanan N-PASS)	N; 12 ay
Canberra (Avustralya)	Fulkoski ve ark., 2023	25	İS (minör işlemler)	N; 12–24 ay
Krakow (Polonya)	Olszewska ve Kwinta, 2023	36	İS	F; ≥35 hf PMY
Hubei (Çin)	Xing ve ark., 2023	108	NISS	N; 3 ay
Washington DC (ABD)	Cook ve ark., 2023	148	İS	B, N; TEY–18 ay
New York (ABD)	Jolley ve ark., 2024	38	NISS	F; ilk hafta
Chicago (ABD)	Griffith ve ark., 2025	10	Modifiye NISS	E; yatış
Nanjing (Çin)	Lv ve ark., 2025	99	İşlem ağrısı sıklığı	Bü, B, N; taburculuk–3 ay
Milwaukee (ABD)	Malin ve ark., 2026	23	NISS	E; 1. hafta–3 ay
Kumamoto (Japonya)	Shiroshita ve ark., 2026	92	İS	N; 18–36 ay

Not. n: preterm örneklem büyüklüğü (kohort ailesinde araştırmalar arası aralık); İS: cilt bütünlüğünü bozan veya invaziv işlem sayımı; NISS: Neonatal Infant Stressor Scale; N-PASS: Neonatal Pain, Agitation and Sedation Scale; F: fizyolojik stres yanıtı; K: davranışsal konfor; B: beyin gelişimi; N: nörogelişim ve nörodavranış; E: epigenetik belirteçler; Bü: büyüme; PMY: postmenstrüel yaş; TEY: term eşdeğer yaş; hf: hafta. Aynı ailedeki yayınlar aynı bebekleri kısmen paylaşır; sonuç alanları ve izlem, ailedeki yayınların birleşimini gösterir.

2.3. Maruziyet ölçümü

Kümülatif maruziyet 40 yayında cilt bütünlüğünü bozan veya invaziv işlemlerin sayımıyla, 21 yayında NISS ile, bir yayında NeO-stress skoruyla ve bir yayında yatış boyunca tekrarlanan N-PASS değerlendirmelerinden türetilen ağrı yüküyle (Giordano ve ark., 2023) ölçüldü; iki yayın işlem sayımı ile NISS'i birlikte kullandı (Morag ve ark., 2017; Nist ve ark., 2020). İşlem sayımı Kanada ve Avrupa kohortlarında, NISS ise ABD, Brezilya ve Çin kohortlarında yaygındı. Ölçüm penceresi ilk 5 günden (Lavanga ve ark., 2021) tüm yatış süresine kadar değişti; en sık ilk 14 gün, ilk 28 gün ve ilk 4–6 hafta kullanıldı. Günlük yük 28–32 haftalık bebeklerde ortalama 23–25 akut işlem olarak, eşzamanlı kronik stresörlerin günlük süreleri toplamı ise 41–43 saat olarak bildirildi (Cong ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2022); uzun süreli ve kısıtlı kateter kullanımına göre yatış boyunca medyan 34'e karşı 91 cilt bütünlüğünü bozan işlem kaydedildi (Duerden ve ark., 2020). Maruziyet yükü gebelik yaşı küçüldükçe arttı: NISS puanı gebelik yaşıyla ters ilişkiliydi (Jolley ve ark., 2024) ve mekanik ventilasyon uygulanan bebekler çok daha fazla ağrıyla ilişkili strese maruz kaldı (Morag ve ark., 2017).

2.4. Sonuç alanları ve ölçüm zamanı

Nörogelişim ve nörodavranış 46, beyin gelişimi (yapı, bağlantısallık, elektrofizyoloji) 21, fizyolojik stres yanıtı (kortizol, kalp hızı değişkenliği, elektroensefalografi [EEG] olgunlaşması) 12, epigenetik belirteçler 6 ve davranışsal konfor 2 yayında değerlendirildi; büyüme üç yayında nörogelişime eşlik eden ek ölçüm olarak bildirildi. Ölçüm zamanı yatış sırasındaki değerlendirmelerden (NICU Network Neurobehavioral Scale [NNNS] 36–38 hafta postmenstrüel yaşta; manyetik rezonans görüntüleme [MRG] ve EEG term eşdeğer yaşta) 8 yaşa

kadar uzanıyordu. Dört yaş ve üzeri sonuçlar 14 yayında bildirildi; bunların 11'i Vancouver, Milano, Lozan ve Leuven kohortlarından geliyordu.

2.5. Bildirilen ilişkilerin yönü

Tablo 2 alanlara göre bildirilen ilişkilerin yönünü özetlemektedir.

Tablo 2. Sonuç alanlarına göre bildirilen ilişkilerin yönü

Sonuç alanı	Yayın (n)	Yüksek maruziyetle ilişki bildirildi	Anlamlı ilişki yok	Diğer
Fizyolojik stres yanıtı	12	8 (4'ü gebelik yaşı, örnekleme zamanı veya genotipe bağlı)	4	—
Davranışsal konfor	2	1	1	—
Beyin gelişimi	21	16 (3'ü cinsiyet veya gebelik yaşına bağlı)	2	3 (beyin ölçümü düzenleyici veya aracı değişken)
Nörogelişim ve nörodavranış	46	37 (13'ü alt grup, cinsiyet, gebelik yaşı, genotip, analjezi veya ölçüm zamanına bağlı)	5	3 (epigenetik aracı üzerinden); 1 (bağımsız NISS etkisi bildirilmedi)
Epigenetik belirteçler	6	4	1	1 (tanımlayıcı pilot)

Not. Yayınlar birden fazla alanda sayılabilir. "İlişki bildirildi": beyin gelişimi, nörogelişim ve davranış alanlarında yüksek maruziyetin daha düşük hacim, bağlantısallık veya puan ya da daha fazla sorunla ilişkilendirilmesi; fizyolojik ve epigenetik belirteçlerde düzey, reaktivite veya metilasyon örüntüsünde farklılık. "Anlamlı ilişki yok": istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmaması.

Fizyolojik stres yanıtı: Yatış sırasında ölçülen kortizolde ilişkiler gebelik yaşına ve örnekleme zamanına göre değişti. Deri kortizolü 28 hafta üstünde doğan bebeklerde stresle artarken daha küçük bebeklerde ters yönde değişti (D'Agata ve ark., 2019); ulusal HIPPO kohortunda idrar kortizolü 8. günde 27 hafta ve üstünde doğan bebeklerde maruziyetle artarken en küçük bebeklerde azaldı, 28. günde ise tüm gebelik yaşlarında artma eğilimi gösterdi (Ten Barge ve ark., 2026). Örnekten önceki 6 saatlik akut ve toplam NISS puanları tükürük kortizolüyle ilişkiliydi (Pourkaviani ve ark., 2020); ilk haftada (Jolley ve ark., 2024), 37. haftada (Rohan, 2016) ve 35. hafta sonrası sabah kortizolünde (Olszewska ve Kwinta, 2023) ilişki saptanmadı. Taburculuk sonrası yüksek maruziyet 3. ayda azalmış kortizol reaktivitesiyle (Provenzi ve ark., 2016) ve 18. ay, 4 ve 7 yaşta değişmiş kortizol düzeyi veya örüntüsüyle ilişkilendirildi (Chau ve ark., 2017; McLean ve ark., 2021, 2023); bir yayında telomer kısalması tek bağımsız öngördürücüydü (Provenzi ve ark., 2019). İlk 5 günde yüksek maruziyet EEG ve kalp hızı değişkenliğinde süreksizlik artışıyla ilişkiliydi (Lavanga ve ark., 2021).

Davranışsal konfor: İki Hollanda yayınında farklı sonuçlar bildirdi; günlük NISS puanı 4–20. günlerde hemşirelerin konfor değerlendirmesiyle orta–yüksek korelasyon gösterdi (van Dokkum ve ark., 2026); ilk haftada ise kümülatif maruziyet COMFORTneo puanlarıyla ilişkili değildi (Koning ve ark., 2026).

Beyin gelişimi: Yirmi bir yayının 16'sında yüksek maruziyet beyin yapısı, bağlantısallığı veya elektrofizyolojik olgunlaşmasında olumsuz yönde farklılıkla doğrudan ilişkilendirildi. Talamus en sık bildirilen bölgeydi: yüksek işlem sayısı yavaş talamus büyümesi ve talamokortikal mikroyapı değişiklikleriyle (Duerden ve ark., 2018;

Schneider ve ark., 2018), uzun süreli kateter kullanımıyla azalan işlem sayısı daha büyük talamus hacmiyle (Duerden ve ark., 2020), 8 yaşta yüksek maruziyet daha küçük talamus ve amigdala hacimleriyle (Chau ve ark., 2019) ilişkiliydi. Talamus–somatosensör korteks fonksiyonel bağlantısallığı (Tortora ve ark., 2019), amigdala–insula–hipokampus alt ağında yapısal büyüme (Lammertink ve ark., 2022b), küresel ve yerel ağ etkinliği (Selvanathan ve ark., 2024) ve ön temporal lob hacmi (Fumagalli ve ark., 2018) yüksek maruziyetle azaldı; 28 hafta altında doğan bebeklerde yüksek stres, belirginlik ağında daha yüksek, varsayılan mod ağında daha düşük yapısal olgunlaşma eş-değişimi ve iki ağ arasındaki eş-değişimin kaybıyla ilişkiliydi (Lammertink ve ark., 2022a). Serebellumda hiperbağlantısallık (Cook ve ark., 2023), 8 yaşta serebellum alt bölge hacimlerinde azalma (Rapos ve ark., 2026) ve 8 yaşta manyetoensefalografi bağlantısallığında yenidoğan dönemi ağrı/stresiyle ilişkili örüntüler (Kozhemiako ve ark., 2019) bildirildi. Elektrofizyolojik ölçümlerde yüksek maruziyet somatosensör uyarılmış potansiyel latansında uzama (Coviello ve ark., 2024a), EEG bağlantısallık indekslerinde değişiklik (Coviello ve ark., 2026) ve amplitüd entegre EEG (aEEG) olgunlaşma puanında azalmayla (Lv ve ark., 2025) ilişkiliydi. İki araştırmada ilişki yoktu: hipokampus hacmi işlem sayısıyla değil midazolam dozuyla ilişkiliydi (Duerden ve ark., 2016) ve görsel uyarılmış potansiyeller işlem sayısından bağımsızdı (Coviello ve ark., 2024b). Üç araştırmada beyin ölçümü düzenleyici veya aracı değişken olarak ele alındı (Christensen ve ark., 2025; Duerden ve ark., 2022; Mueller ve ark., 2024). Yavaş beyin büyümesi (Schneider ve ark., 2018) ve ağ etkinliğinde gecikmiş olgunlaşma (Selvanathan ve ark., 2024) kız bebeklerde, talamus hacmiyle ilişki ise 28 hafta altında doğan bebeklerde daha belirgindi (Duerden ve ark., 2018).

Nörogelişim ve nörodavranış: Yatış sırasında NNNS ile ölçülen nörodavranışta Connecticut kohortunun dört yayının yüksek akut ve kronik stresle daha fazla stres/çekilme belirtisi ile daha düşük öz-düzenleme, dikkat ve hareket kalitesi bildirdi (Chen ve ark., 2023; Cong ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2022, 2026); FKBP5 genotipi bu ilişkiyi değiştirdi (D'Agata ve ark., 2017). Neurobehavioral Assessment of the Preterm Infant (NAPI; Nist ve ark., 2020) ve Neonatal Behavioral Neurological Assessment (NBNA; Lv ve ark., 2025) ile ilişki saptanmadı. Düzeltilmiş 3–36 ay arasındaki gelişim değerlendirmelerinde yüksek maruziyet düşük mental ve motor puanlarla (Giordano ve ark., 2023), yalnız motor puanla (Fulkoski ve ark., 2023; Selvanathan ve ark., 2023), iletişim ve problem çözme alanlarıyla (Xing ve ark., 2023), 6. ayda bilişsel ve 12. ayda yalnız 28 hafta altı bebeklerde bilişsel puanla (Coviello ve ark., 2018), ventile edilen bebeklerde gelişim puanıyla (Morag ve ark., 2017), 18. ayda otizm riski, motor ve dil puanlarıyla (Cook ve ark., 2023) ve 18. ayda değil 36. ayda bilişsel-uyumsal gelişimle (Shiroshita ve ark., 2026) ilişkiliydi; ağrı–motor ilişkisi morfin süresine göre değişti (Selvanathan ve ark., 2023). Davranışsal sonuçlarda yüksek maruziyet 1,5–8 yaş arasında içselleştirme davranışlarıyla (McLean ve ark., 2022, 2025), dikkat sorunlarıyla (Gaspardo ve ark., 2018), dışsallaştırma sorunlarıyla (Cassiano ve ark., 2023), 4 ve 5 yaşta davranış sorunlarıyla (D'Agata ve ark., 2025; Van den Broeck ve ark., 2026), 2 yaşta düşük yürütücü işlevle (Bollen ve ark., 2025) ve 4–4,5 yaşta duyusal işlemleme sorunlarıyla (Duerden ve ark., 2022; McLean ve ark., 2021) ilişkilendirildi; bir yayında davranış sorunlarını mizaç öngördü ve bağımsız NISS etkisi bildirilmedi (Cassiano ve ark., 2019). Okul çağında ilişki cinsiyete bağlıydı: artan ağrıyla kızlarda 8 yaşta bilişsel puan düştü, erkeklerde motor bozukluk arttı (Christensen ve ark., 2025); 7 yaşta IQ ve görsel-motor bütünleştirme, BDNF genotipi taşıyıcılarında kortizol reaktivitesiyle ilişkiliydi (Chau ve ark., 2017).

Epigenetik belirteçler. Milano kohortunda yüksek maruziyet doğumdan taburculuğa SLC6A4 metilasyonunda artışla ilişkiliydi; bu artış 3. ayda mizaç güçlükleri (Montirosso ve ark., 2016), term eşdeğer yaşta küçük ön temporal lob hacmi ve 12. ayda düşük kişisel-sosyal puan (Fumagalli ve ark., 2018) ve 4,5 yaşta daha fazla öfke gösterimi (Provenzi ve ark., 2020) ile ilişkiliydi. Groningen kohortunda kümülatif NISS ile dışkı DNA'sında on genin metilasyonu arasındaki korelasyonlar çoğunlukla negatifti ve istatistiksel olarak anlamlı değildi (van Dokkum ve ark., 2023). İki ABD pilot çalışması NR3C1 ve SLC6A4 metilasyonunda NISS ile ilişkili değişiklikler bildirdi; birinde yön CpG bölgesine göre farklıydı (Malin ve ark., 2026), diğeri ilişkileri tanımlayıcı düzeyde sundu (Griffith ve ark., 2025).

Eşlik eden bakım uygulamaları ve eşitsizlikler. Leuven kohortunda kanguru bakımı daha iyi yürütücü işlev ve daha az sosyal güçlükle ilişkiliydi (Bollen ve ark., 2025; Van den Broeck ve ark., 2026); Connecticut kohortunda anne sütüyle beslenme ve ten tene temas daha iyi nörodavranışla ilişkiliydi (Cong ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2022). Aynı kohortta Siyah bebekler daha küçük gebelik yaşında doğmuş, beyaz bebeklerden iki haftadan uzun süre fazla yatmış ve daha fazla kronik işlem geçirmişti (Brown ve ark., 2023); yüksek bileşik ağrı puanı Siyah bebeklerde 1 ve 2 yaşta düşük dil ve motor puanlarıyla ilişkiliydi (Zhao ve ark., 2026).

3. TARTIŞMA

Bu kapsam derlemesi, yenidoğan yoğun bakımda kümülatif stres maruziyetini nicel olarak ölçen 61 yayını haritaladı. Üç ana bulgu vardır. Birincisi, maruziyet yükü ölçülebilir bir bakım değişkenidir ve beyin gelişimi ile nörodavranışsal sonuçlarla çoğunlukla olumsuz yönde ilişkilendirilmektedir; ilişkiler sonuç alanına, alt gruplara ve ölçüm zamanına göre farklılaşmaktadır. İkincisi, fizyolojik ve epigenetik belirteçlerle ilişkiler gebelik yaşına, ölçüm zamanına ve kohorta göre değişmektedir. Üçüncüsü, kanıt az sayıda yüksek gelirli ülke kohortunda yoğunlaşmıştır; preterm doğumların çoğunun gerçekleştiği bölgelerden kanıt yoktur.

Bulgular önceki derlemelerle uyumludur ve onları genişletmektedir. Boggini ve ark. (2021) kümülatif işlem ağrısının çok preterm bebeklerde beyin gelişimiyle ilişkisini klinik ve klinik öncesi çalışmalar üzerinden özetlemiş; van Dokkum ve ark. (2021) yenidoğan stresinin sağlık ve gelişim sonuçlarıyla ilişkisini gözden geçirmişti. Bu derlemede haritalanan yayınların üçte biri 2024–2026 tarihlidir ve yeni kanıt büyük ölçüde bağlantısallık (Cook ve ark., 2023; Selvanathan ve ark., 2024), serebellum (Rapos ve ark., 2026), elektrofizyoloji (Coviello ve ark., 2024a, 2026) ve ulusal düzeyde maruziyet ölçümü (Ten Barge ve ark., 2026) alanlarında birikmiştir. Talamus ise bulguların en tutarlı olduğu bölge olmayı sürdürmektedir. Bu tutarlılığın olası bir açıklaması, nosiseptif girdinin gelişmekte olan talamokortikal yollar üzerinden işlenmesidir; nitekim hacim farkı somatosensör talamusta yoğunlaşmaktadır (Duerden ve ark., 2018). Diğer neden kanıtın kaynağıyla ilgilidir: talamus bulgularının çoğu aynı Kanada kohort ailesinden gelmektedir (Chau ve ark., 2019; Duerden ve ark., 2018, 2020, 2022; Schneider ve ark., 2018). Boggini ve ark. (2021) da derledikleri dokuz nörogörüntüleme çalışmasının çoğunun aynı araştırma grubundan geldiğine dikkat çekmişti. Aynı bebeklerden üretilen çoklu yayınlar kanıtı olduğundan geniş gösterir; yayın ve kohort sayılarının ayrı verilmesinin nedeni budur.

Maruziyetin değiştirilebilirliği bu derlemenin bakım açısından en önemli çıkarımıdır. Duerden ve ark. (2020) farklı kateter politikası uygulayan iki merkezi karşılaştırmıştır: uzun süreli arteriyel ve santral venöz kateter kullanılan merkezde cilt bütünlüğünü bozan işlem sayısının medyanı 34, kateter kullanımının kısıtlandığı merkezde 91 bulunmuş; daha az işlem yapılan bebeklerde talamus hacmi daha büyük olmuş ve talamus büyümesi okul öncesi bilişsel ve motor puanları öngörmüştür. Bu gözlemsel karşılaştırma nedensellik kanıtı değildir; ancak maruziyet yükünün yalnız bebeğin hastalık ağırlığına değil, ünite uygulamalarına da bağlı olduğunu düşündürmektedir. Connecticut kohortunda günde ortalama 23–25 akut stresör bildirilmiştir (Cong ve ark., 2017; Zhao ve ark., 2022) ve NISS'in akut maddeleri arasında bez değişimi ve aspirasyon gibi günlük bakım işlemleri de yer almaktadır (Newnham ve ark., 2009). Weber ve Harrison (2019) yoğun bakım yatışını yenidoğan için özgül bir toksik stres biçimi olarak tanımlamış ve bu stresi tamponlayacak bakım uygulamalarını hemşireliğin sorumluluğu olarak ele almıştır. İşlem yükü, NISS gibi kayıt temelli araçlarla ek donanım gerektirmeden günlük olarak izlenebilir; Nist ve ark. (2024) ölçeğin öngörü geçerliğine ilişkin verinin sınırlı olduğunu, ancak klinik uygulamada bebeğin stres yükünü görünür kılmak için yararlı olabileceğini belirtmiştir.

Kortizol bulgularındaki değişkenlik, ölçüm zamanı ve gebelik yaşıyla birlikte değerlendirilmelidir. Deri kortizolü (D'Agata ve ark., 2019) ve idrar kortizolü (Ten Barge ve ark., 2026) ile yapılan iki bağımsız çalışma benzer bir örüntü bildirmiştir: daha büyük gebelik yaşında doğan bebeklerde (sırasıyla 28 hafta üstü ve 27 hafta ve üstü) stres arttıkça kortizol artarken en küçük bebeklerde ilişki ters yöndedir; iki çalışmanın örnekleme koşulları aynı değildir. İlk haftada yapılan ölçümlerde ilişki bulunmaması (Jolley ve ark., 2024) ve örnekten önceki altı saatlik

pencerenin kronik puandan daha güçlü ilişki vermesi (Pourkaviani ve ark., 2020), bildirilen ilişkilerin ölçüm penceresine göre farklılaştığını göstermektedir. Bu bulgular, kortizolün tek başına maruziyetin yatak başı göstergesi olarak kullanılmasını desteklememektedir. Konfor ölçümlerine ilişkin iki Hollanda yayını da benzer bir uyarı taşımaktadır: hemşirelerin klinik yargısı günlük maruziyeti ilk üç haftada yansıtırken (van Dokkum ve ark., 2026), COMFORTneo ilk haftadaki kümülatif maruziyetle ilişkili bulunmamıştır (Koning ve ark., 2026). İşlem sonrası toparlanmayı değerlendirmek için hangi aracın hangi postnatal dönemde geçerli olduğu henüz belirsizdir; bu konu hemşirelik araştırmaları için açık bir sorudur.

Epigenetik bulgular, Casavant ve ark. (2019) tarafından 21 çalışma üzerinden "olası belirteçler" düzeyinde tanımlanan kanıt tabanının hâlâ küçük örneklemlere dayandığını göstermektedir. Milano kohortunda maruziyet, SLC6A4 metilasyonu ve sonraki davranışsal ve yapısal sonuçlar arasında ilişkiler bildirilmiştir (Fumagalli ve ark., 2018; Montirosso ve ark., 2016; Provenzi ve ark., 2020); Groningen kohortunda ise aynı genler için korelasyonlar istatistiksel olarak anlamlı değildir (van Dokkum ve ark., 2023). Dokular (tükürük, yanak, dışkı), CpG bölgeleri ve maruziyet ölçümleri çalışmalar arasında farklıdır; bu koşullarda kohortlar arası tutarsızlık beklenen bir durumdur. Benzer biçimde, uzun dönem bilişsel sonuçlarla ilişki kohortlara göre farklıdır: Vancouver kohortunda ilişki cinsiyete bağlı ve beyin hacimleri üzerinden tanımlanırken (Chau ve ark., 2019; Christensen ve ark., 2025), Japonya kohortunda 18. ayda değil 36. ayda görülmüş (Shiroshita ve ark., 2026), Avustralya kohortunda ise yalnız motor alanla sınırlı kalmıştır (Fulkoski ve ark., 2023). Bazı ilişkiler analjezik ve sedatif maruziyetine göre de farklılaşmaktadır: Selvanathan ve ark. (2023) ağrı–motor ilişkisinin morfin süresine göre değiştiğini, Duerden ve ark. (2016) ise hipokampus hacminin işlem sayısıyla değil midazolam dozuyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu bulgular, maruziyet azaltma ile ağrı ve sedasyon yönetiminin birlikte planlanması gerektiğini düşündürmektedir; biri diğerinin yerine geçmemektedir.

Küresel çocuk sağlığı perspektifinden en önemli bulgu kanıtın coğrafi dağılımıdır. Preterm doğumların büyük bölümü Güney Asya ve Sahra altı Afrika'da gerçekleşirken (Ohuma ve ark., 2023), 61 yayının 56'sı yüksek gelirli ülkelerden gelmiştir; üst-orta gelirli ülkelerden yalnız Çin (Lv ve ark., 2025; Xing ve ark., 2023) ve Brezilya (Cassiano ve ark., 2019, 2023; Gaspardo ve ark., 2018) kohortları vardır ve düşük gelirli ülkeden yayın yoktur. Yüksek gelirli ünitelerde ölçülen yükün personel oranları, kateter uygulamaları ve ağrı yönetimi olanakları farklı olan düşük kaynaklı ünitelere genellenip genellenemeyeceği bilinmemektedir. Öte yandan bu derlemede daha olumlu sonuçlarla ilişkili bulunan bakım uygulamaları (kanguru bakımı, anne sütüyle beslenme, ten tene temas; Bollen ve ark., 2025; Cong ve ark., 2017; Van den Broeck ve ark., 2026) DSÖ'nün (2022) düşük kaynaklı ortamlar için de önerdiği uygulamalardır; maruziyetin ölçülmesi bu uygulamaların etkisinin yerel bağlamda değerlendirilmesine olanak verir (Brown ve ark.,2023; Zhao ve ark., 2026).

Bu derlemenin bazı sınırlılıkları vardır. Metodolojik kalite değerlendirmesi ve meta-analiz yapılmamıştır; bulgular ilişkilerin yönünü göstermekte, etkinin büyüklüğünü göstermemektedir. Aynı kohorttan gelen yayınlar ayrı sayıldığından yayın sayıları bağımsız kanıt birimlerini yansıtmamaktadır; bu nedenle kohort aileleri ayrıca bildirilmiştir. Arama Ocak 2016 sonrası İngilizce ve Türkçe yayınlarla sınırlıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek riskli yenidoğanların bakımında kümülatif stres maruziyeti kayıt temelli araçlarla ölçülebilir ve ünite uygulamalarıyla değiştirilebilir bir yüktür. Haritalanan kanıt, yüksek maruziyetin araştırmaların çoğunda talamus, serebellum ve beyin ağlarının gelişimi ile nörodavranışsal ve davranışsal sonuçlarla olumsuz yönde ilişkilendirildiğini; kortizol, konfor ve epigenetik belirteçlerle ilişkilerin ise gebelik yaşına, ölçüm zamanına ve kohorta bağlı olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda hemşirelik bakımı için öneri yapılabilir: işlem yükünün NISS gibi araçlarla günlük izlenmesi, kateter ve kan alma politikalarıyla gereksiz tekrarların azaltılması ve bebeğin toparlanmasının dönem uyumlu araçlarla değerlendirilmesi. Küresel çocuk sağlığı açısından, preterm

doğumların çoğunluğunun gerçekleştiği düşük ve orta gelirli ülkelerde karşılaştırılabilir ölçüm araçlarıyla yürütülecek kohortlara gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

Boggini, T., Pozzoli, S., Schiavolin, P., Erario, R., Mosca, F., Brambilla, P., & Fumagalli, M. (2021). Cumulative procedural pain and brain development in very preterm infants: A systematic review of clinical and preclinical studies. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 123*, 320-336. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.016

Bollen, B., Van den Brande, A., Bernagie, C., Seghers, A., Amelynck, S., Vanhole, C., … Ortibus, E. (2025). Early life stress, kangaroo care, parenting behavior and secure attachment predict executive functioning in 2 year olds born preterm. *Scientific Reports, 15*(1), 1872. https://doi.org/10.1038/s41598-024-84089-6

Brown, J., Chang, X., Matson, A., Lainwala, S., Chen, M. H., Cong, X., & Casavant, S. G. (2023). Health disparities in preterm births. *Frontiers in Public Health, 11*, 1275776. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1275776

Casavant, S. G., Cong, X., Moore, J., & Starkweather, A. (2019). Associations between preterm infant stress, epigenetic alteration, telomere length and neurodevelopmental outcomes: A systematic review. *Early Human Development, 131*, 63-74. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.03.003

Cassiano, R. G. M., Gaspardo, C. M., & Linhares, M. B. M. (2019). Temperament moderated by neonatal factors predicted behavioral problems in childhood: A prospective longitudinal study. *Early Human Development, 135*, 37-43. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.06.006

Cassiano, R. G., Gaspardo, C. M., & Linhares, M. B. (2023). Neonatal stress and behavior problems in preschool children born preterm. *Clinical Child Psychology and Psychiatry, 28*(2), 500-511. https://doi.org/10.1177/13591045221098521

Chau, C. M., Cepeda, I. L., Devlin, A. M., Weinberg, J., & Grunau, R. E. (2017). The Val66Met brain-derived neurotrophic factor gene variant interacts with early pain exposure to predict cortisol dysregulation in 7-year-old children born very preterm: Implications for cognition. *Neuroscience, 342*, 188-199. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.08.044

Chau, C. M. Y., Ranger, M., Bichin, M., Park, M. T. M., Amaral, R. S. C., Chakravarty, M., … Grunau, R. E. (2019). Hippocampus, Amygdala, and Thalamus Volumes in Very Preterm Children at 8 Years: Neonatal Pain and Genetic Variation. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 13*, 51. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2019.00051

Chen, J., Li, H., Zhao, T., Chen, K., Chen, M. H., Sun, Z., … Cong, X. S. (2023). The Impact of Early Life Experiences and Gut Microbiota on Neurobehavioral Development in Preterm Infants: A Longitudinal Cohort Study. *Microorganisms, 11*(3). https://doi.org/10.3390/microorganisms11030814

Christensen, R., Chau, V., Synnes, A., Guo, T., Ufkes, S., Grunau, R. E., & Miller, S. P. (2025). Preterm Sex Differences in Neurodevelopment and Brain Development from Early Life to 8 Years of Age. *The Journal of Pediatrics, 276*, 114271. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2024.114271

Cong, X., Wu, J., Vittner, D., Xu, W., Hussain, N., Galvin, S., … Henderson, W. A. (2017). The impact of cumulative pain/stress on neurobehavioral development of preterm infants in the NICU. *Early Human Development, 108*, 9-16. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.03.003

Cook, K. M., De Asis-Cruz, J., Kim, J. H., Basu, S. K., Andescavage, N., Murnick, J., … Limperopoulos, C. (2023). Experience of early-life pain in premature infants is associated with atypical cerebellar development

and later neurodevelopmental deficits. *BMC Medicine, 21*(1), 435. https://doi.org/10.1186/s12916-023-03141-w

Coviello, C., Frassineti, L., Fazi, C., Lori, S., Bertini, G., Montano, S., … Dani, C. (2026). Pain, Opioids, and Functional Connectivity in Preterm Infants. *Children, 13*(2). https://doi.org/10.3390/children13020210

Coviello, C., Lori, S., Bertini, G., Montano, S., Gabbanini, S., Bastianelli, M., … Dani, C. (2024a). Evaluation of the Relationship between Pain Exposure and Somatosensory Evoked Potentials in Preterm Infants: A Prospective Cohort Study. *Children, 11*(6). https://doi.org/10.3390/children11060676

Coviello, C., Lori, S., Bertini, G., Montano, S., Gabbanini, S., Bastianelli, M., … Dani, C. (2024b). Morphine exposure and prematurity affect flash visual evoked potentials in preterm infants. *Clinical Neurophysiology Practice, 9*, 85-93. https://doi.org/10.1016/j.cnp.2023.12.005

Coviello, C., Popple Martinez, M., Drovandi, L., Corsini, I., Leonardi, V., Lunardi, C., … Dani, C. (2018). Painful procedures can affect post-natal growth and neurodevelopment in preterm infants. *Acta Paediatrica, 107*(5), 784-790. https://doi.org/10.1111/apa.14222

D'Agata, A. L., Miller, J. S., Yoo, J. Y., Springer, C. M., & Groer, M. W. (2025). Relationships Between NICU Infant Stressors and Childhood Behavior and Development. *Advances in Neonatal Care, 25*(2), 113-119. https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000001253

D'Agata, A. L., Roberts, M. B., Ashmeade, T., Dutra, S. V. O., Kane, B., & Groer, M. W. (2019). Novel method of measuring chronic stress for preterm infants: Skin cortisol. *Psychoneuroendocrinology, 102*, 204-211. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2018.12.223

D'Agata, A. L., Walsh, S., Vittner, D., Cong, X., McGrath, J. M., & Young, E. E. (2017). FKBP5 genotype and early life stress exposure predict neurobehavioral outcomes for preterm infants. *Developmental Psychobiology, 59*(3), 410-418. https://doi.org/10.1002/dev.21507

Duerden, E. G., Grunau, R. E., Chau, V., Groenendaal, F., Guo, T., Chakravarty, M. M., … Miller, S. P. (2020). Association of early skin breaks and neonatal thalamic maturation: A modifiable risk?. *Neurology, 95*(24), e3420-e3427. https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000010953

Duerden, E. G., Grunau, R. E., Guo, T., Foong, J., Pearson, A., Au-Young, S., … Miller, S. P. (2018). Early Procedural Pain Is Associated with Regionally-Specific Alterations in Thalamic Development in Preterm Neonates. *The Journal of Neuroscience, 38*(4), 878-886. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0867-17.2017

Duerden, E. G., Guo, T., Dodbiba, L., Chakravarty, M. M., Chau, V., Poskitt, K. J., … Miller, S. P. (2016). Midazolam dose correlates with abnormal hippocampal growth and neurodevelopmental outcome in preterm infants. *Annals of Neurology, 79*(4), 548-59. https://doi.org/10.1002/ana.24601

Duerden, E. G., McLean, M. A., Chau, C., Guo, T., Mackay, M., Chau, V., … Grunau, R. E. (2022). Neonatal pain, thalamic development and sensory processing behaviour in children born very preterm. *Early Human Development, 170*, 105617. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2022.105617

Dünya Sağlık Örgütü. (2022). *WHO recommendations for care of the preterm or low-birth-weight infant*. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240058262

Fulkoski, N., Kecskes, Z., & Chaudhari, T. (2023). Minor painful procedures in extremely preterm infants admitted to a tertiary neonatal intensive care unit: Opportunities to improve pain mitigation. *Journal of Paediatrics and Child Health, 59*(3), 542-547. https://doi.org/10.1111/jpc.16352

Fumagalli, M., Provenzi, L., De Carli, P., Dessimone, F., Sirgiovanni, I., Giorda, R., … Montirosso, R. (2018). From early stress to 12-month development in very preterm infants: Preliminary findings on epigenetic mechanisms and brain growth. *PLoS ONE, 13*(1), e0190602. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190602

Gaspardo, C. M., Cassiano, R. G. M., Gracioli, S. M. A., Furini, G. C. B., & Linhares, M. B. M. (2018). Effects of Neonatal Pain and Temperament on Attention Problems in Toddlers Born Preterm. *Journal of Pediatric Psychology, 43*(3), 342-351. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsx140

Giordano, V., Deindl, P., Gal, E., Unterasinger, L., Fuiko, R., Steinbauer, P., … Olischar, M. (2023). Pain and neurodevelopmental outcomes of infants born very preterm. *Developmental Medicine & Child Neurology, 65*(8), 1043-1052. https://doi.org/10.1111/dmcn.15505

Griffith, T., Tell, D., Green, S. J., Ford, A., Bohan, A., Grunwaldt, J., … Janusek, L. (2025). Early Life Stress, DNA Methylation of NR3C1 and HSD11B2 , and Oral Feeding Skill Development in Preterm Infants : A Pilot Study. *Advances in Neonatal Care, 25*(1), 6-17. https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000001208

Jolley, H., Boyar, V., Fishbein, J., DeAbreu, G., Ibrahim, Z., & Weinberger, B. (2024). Environmental stress and salivary cortisol levels in preterm infants. *Journal of Neonatal-perinatal Medicine, 17*(5), 673-679. https://doi.org/10.3233/NPM-230178

Koning, E., Bos, A. F., Kooi, E. M. W., de Tempe, A. J., & van Dokkum, N. H. (2026). Association between exposure to stress and experienced discomfort in preterm infants. *Pediatric Research*. https://doi.org/10.1038/s41390-026-05114-0

Kozhemiako, N., Nunes, A., Vakorin, V. A., Chau, C. M. Y., Moiseev, A., Ribary, U., … Doesburg, S. M. (2019). Atypical resting state neuromagnetic connectivity and spectral power in very preterm children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 60*(9), 975-987. https://doi.org/10.1111/jcpp.13026

Lammertink, F., Benders, M. J. N. L., Hermans, E. J., Tataranno, M. L., Dudink, J., Vinkers, C. H., & van den Heuvel, M. P. (2022b). Vulnerability of the Neonatal Connectome following Postnatal Stress. *The Journal of Neuroscience, 42*(48), 8948-8959. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0176-22.2022

Lammertink, F., van den Heuvel, M. P., Hermans, E. J., Dudink, J., Tataranno, M. L., Benders, M. J. N. L., & Vinkers, C. H. (2022a). Early-life stress exposure and large-scale covariance brain networks in extremely preterm-born infants. *Translational Psychiatry, 12*(1), 256. https://doi.org/10.1038/s41398-022-02019-4

Lavanga, M., Bollen, B., Caicedo, A., Dereymaeker, A., Jansen, K., Ortibus, E., … Naulaers, G. (2021). The effect of early procedural pain in preterm infants on the maturation of electroencephalogram and heart rate variability. *Pain, 162*(5), 1556-1566. https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002125

Lv, S., Wang, Q., Wei, Y., Chen, L., Zhang, Q., Zhang, J., … Gao, H. (2025). Impact of procedural pain during NICU hospitalization on sleep, physical growth, brain maturation and neurobehavioral development in preterm infants: A prospective longitudinal study. *Sleep Medicine, 136*, 106816. https://doi.org/10.1016/j.sleep.2025.106816

Malin, K. J., Conley, Y., Barry, A., & White-Traut, R. (2026). DNA Methylation of SLC6A4 and NR3C1 in Term and Preterm Infants: A Pilot Study of NICU-Associated Stress. *Biological Research for Nursing, 28*(2), 187-194. https://doi.org/10.1177/10998004251387628

McLean, M. A., Nakajima, L., Chau, C. M. Y., Weinberg, J., Synnes, A. R., Miller, S. P., & Grunau, R. E. (2023). Cortisol levels are related to neonatal pain exposure in children born very preterm at age 18 months in two independent cohorts. *Paediatric & Neonatal Pain, 5*(3), 86-95. https://doi.org/10.1002/pne2.12112

McLean, M. A., Niknafs, N., Scoten, O. C., Chau, C. M. Y., MacKay, M., Weinberg, J., … Grunau, R. E. (2021). Sensory processing and cortisol at age 4 years: Procedural pain-related stress in children born very preterm. *Developmental Psychobiology, 63*(5), 915-930. https://doi.org/10.1002/dev.22079

McLean, M. A., Ranger, M., Bone, J. N., Selvanathan, T., Au-Young, S. H., Chau, C. M. Y., … Grunau, R. E. (2025). Neonatal Sucrose and Internalizing Behaviors at 18 Months in Children Born Very Preterm. *JAMA Network Open, 8*(4), e254477. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.4477

McLean, M. A., Scoten, O. C., Chau, C. M. Y., Synnes, A., Miller, S. P., & Grunau, R. E. (2022). Association of Neonatal Pain-Related Stress and Parent Interaction With Internalizing Behaviors Across 1.5, 3.0, 4.5, and 8.0 Years in Children Born Very Preterm. *JAMA Network Open, 5*(10), e2238088. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.38088

McPherson, C., Miller, S. P., El-Dib, M., Massaro, A. N., & Inder, T. E. (2020). The influence of pain, agitation, and their management on the immature brain. *Pediatric Research, 88*(2), 168-175. https://doi.org/10.1038/s41390-019-0744-6

Meesters, N. J., van den Bosch, G. E., van Het Hof, L. J., Benders, M. J. N. L., Tataranno, M. L., Reiss, I. K. M., … van Dijk, M. (2023). Quantification of stress exposure in very preterm infants: Development of the NeO-stress score. *Early Human Development, 176*, 105696. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2022.105696

Montirosso, R., Provenzi, L., Fumagalli, M., Sirgiovanni, I., Giorda, R., Pozzoli, U., … Borgatti, R. (2016). Serotonin Transporter Gene (SLC6A4) Methylation Associates With Neonatal Intensive Care Unit Stay and 3-Month-Old Temperament in Preterm Infants. *Child Development, 87*(1), 38-48. https://doi.org/10.1111/cdev.12492

Morag, I., Rotem, I., Frisch, M., Hendler, I., Simchen, M. J., Leibovitz, L., … Strauss, T. (2017). Cumulative pain-related stress and developmental outcomes among low-risk preterm infants at one year corrected age. *Early Human Development, 109*, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.03.010

Mueller, M. E., Graz, M. B., Truttmann, A. C., Schneider, J., & Duerden, E. G. (2024). Neonatal amygdala volumes, procedural pain and the association with social-emotional development in children born very preterm. *Brain Structure & Function, 229*(9), 2369-2378. https://doi.org/10.1007/s00429-024-02845-w

Newnham, C. A., Inder, T. E., & Milgrom, J. (2009). Measuring preterm cumulative stressors within the NICU: the Neonatal Infant Stressor Scale. *Early Human Development, 85*(9), 549-55. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2009.05.002

Nist, M. D., Ford, A., Packer, C., & Griffith, T. (2024). Validity and use of the Neonatal Infant Stressor Scale: An integrative review. *Early Human Development, 199*, 106146. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2024.106146

Nist, M. D., Harrison, T. M., Pickler, R. H., & Shoben, A. B. (2020). Measures of Stress Exposure for Hospitalized Preterm Infants. *Nursing Research, 69*(5S Suppl 1), S3-S10. https://doi.org/10.1097/NNR.0000000000000444

Ohuma, E. O., Moller, A. B., Bradley, E., Chakwera, S., Hussain-Alkhateeb, L., Lewin, A., … Moran, A. C. (2023). National, regional, and global estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis. *The Lancet, 402*(10409), 1261-1271. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)00878-4

Olszewska, M., & Kwinta, P. (2023). The influence of repeated pain exposure on morning salivary cortisol in term and preterm neonates. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism, 29*(1), 4-9. https://doi.org/10.5114/pedm.2022.121370

Perin, J., Mulick, A., Yeung, D., Villavicencio, F., Lopez, G., Strong, K. L., … Liu, L. (2022). Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000-19: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable Development Goals. The Lancet. *Child & Adolescent Health, 6*(2), 106-115. https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00311-4

Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., … Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evidence Synthesis, 18*(10), 2119-2126. https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167

Pourkaviani, S., Zhang, X., Spear, E. A., D'Agostino, M., Satty, R. E., Liu, S. H., & Stroustrup, A. (2020). Clinical validation of the Neonatal Infant Stressor Scale with preterm infant salivary cortisol. *Pediatric Research, 87*(7), 1237-1243. https://doi.org/10.1038/s41390-019-0713-0

Provenzi, L., Fumagalli, M., Scotto di Minico, G., Giorda, R., Morandi, F., Sirgiovanni, I., … Montirosso, R. (2020). Pain-related increase in serotonin transporter gene methylation associates with emotional regulation in 4.5-year-old preterm-born children. *Acta Paediatrica, 109*(6), 1166-1174. https://doi.org/10.1111/apa.15077

Provenzi, L., Giorda, R., Fumagalli, M., Brambilla, M., Mosca, F., Borgatti, R., & Montirosso, R. (2019). Telomere length and salivary cortisol stress reactivity in very preterm infants. *Early Human Development, 129*, 1-4. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2018.12.002

Provenzi, L., Giusti, L., Fumagalli, M., Tasca, H., Ciceri, F., Menozzi, G., … Montirosso, R. (2016). Pain-related stress in the Neonatal Intensive Care Unit and salivary cortisol reactivity to socio-emotional stress in 3-month-old very preterm infants. *Psychoneuroendocrinology, 72*, 161-5. https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.07.010

Rapos, V., Ufkes, S., Chau, C., van Dyk, J., Guo, T., Grunau, R. E., & Miller, S. P. (2026). Early-Life Clinical Factors Shape Cerebellar Structure in Preterm-Born Children. *Annals of the Child Neurology Society, 4*(1), 74-86. https://doi.org/10.1002/cns3.70054

Rohan, A. J. (2016). Pain-associated stressor exposure and neuroendocrine values for premature infants in neonatal intensive care. *Developmental Psychobiology, 58*(1), 60-70. https://doi.org/10.1002/dev.21346

Schneider, J., Duerden, E. G., Guo, T., Ng, K., Hagmann, P., Bickle Graz, M., … Miller, S. P. (2018). Procedural pain and oral glucose in preterm neonates: brain development and sex-specific effects. *Pain, 159*(3), 515-525. https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001123

Selvanathan, T., Ufkes, S., Guo, T., Chau, V., Branson, H. M., Ibrahim, G. M., … Miller, S. P. (2024). Pain Exposure and Brain Connectivity in Preterm Infants. *JAMA Network Open, 7*(3), e242551. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.2551

Selvanathan, T., Zaki, P., McLean, M. A., Au-Young, S. H., Chau, C. M. Y., Chau, V., … Miller, S. P. (2023). Early-life exposure to analgesia and 18-month neurodevelopmental outcomes in very preterm infants. *Pediatric Research, 94*(2), 738-746. https://doi.org/10.1038/s41390-023-02536-y

Shiroshita, Y., Naramura, T., Kojima, M., Yoneda, T., Sakaida, T., & Sobue, I. (2026). Association Between Neonatal Pain Exposure and Neurodevelopmental Outcomes in Very Preterm Infants During the COVID-19 Pandemic: A Retrospective Observational Study. *Children, 13*(8). https://doi.org/10.3390/children13081024

Ten Barge, J. A., Meesters, N. J., Benders, M., van Kaam, A. H., van Zelst, B. D., van Zanten, H., … van den Bosch, G. E. (2026). Stress exposure, stress responses, and short-term outcomes in very preterm neonates: a

national cohort study. *European Journal of Pediatrics, 185*(2), 129. https://doi.org/10.1007/s00431-026-06765-1

Tortora, D., Severino, M., Di Biase, C., Malova, M., Parodi, A., Minghetti, D., … Ramenghi, L. A. (2019). Early Pain Exposure Influences Functional Brain Connectivity in Very Preterm Neonates. *Frontiers in Neuroscience, 13*, 899. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00899

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., … Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine, 169*(7), 467-473. https://doi.org/10.7326/M18-0850

Van den Broeck, R., Gistelinck, L., Bollen, B., Ortibus, E., Naulaers, G., & Boets, B. (2026). Subclinical but significant: A multi-informant comparative study on early socio-emotional difficulties in preterm preschoolers. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health, 20*(1). https://doi.org/10.1186/s13034-026-01082-9

van Dokkum, N. H., Bao, M., Verkaik-Schakel, R. N., Reijneveld, S. A., Bos, A. F., de Kroon, M. L. A., & Plösch, T. (2023). Neonatal stress exposure and DNA methylation of stress-related and neurodevelopmentally relevant genes: An exploratory study. *Early Human Development, 186*, 105868. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2023.105868

van Dokkum, N. H., de Kroon, M. L. A., Reijneveld, S. A., & Bos, A. F. (2021). Neonatal Stress, Health, and Development in Preterms: A Systematic Review. *Pediatrics, 148*(4). https://doi.org/10.1542/peds.2021-050414

van Dokkum, N. H., Koning, E., Lani, A., Bouma, H. A., & Bos, A. F. (2026). Clinical Judgement of Comfort in Preterm Infants by Neonatal Intensive Care Unit Nurses Accurately Reflects Neonatal Stress Exposure. *American Journal of Perinatology, 43*(11), 1508-1514. https://doi.org/10.1055/a-2788-1968

Walker, S. M. (2019). Long-term effects of neonatal pain. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine, 24*(4), 101005. https://doi.org/10.1016/j.siny.2019.04.005

Weber, A., & Harrison, T. M. (2019). Reducing toxic stress in the neonatal intensive care unit to improve infant outcomes. *Nursing Outlook, 67*(2), 169-189. https://doi.org/10.1016/j.outlook.2018.11.002

Xing, L., Zhang, D., Cao, M., & Zhang, J. (2023). The relationship between NICU stress and neurodevelopmental outcomes of preterm infants: A multi-center prospective cohort study in China. *Journal of Pediatric Nursing, 71*, e90-e96. https://doi.org/10.1016/j.pedn.2023.04.018

Zhao, T., Griffith, T., Zhang, Y., Li, H., Hussain, N., Lester, B., & Cong, X. (2022). Early-life factors associated with neurobehavioral outcomes in preterm infants during NICU hospitalization. *Pediatric Research, 92*(6), 1695-1704. https://doi.org/10.1038/s41390-022-02021-y

Zhao, T., Li, A., Chen, M. H., Matson, A., & Cong, X. (2026). Early-life painful and stressful exposures and neurodevelopment in preterm infants. *Frontiers in Pediatrics, 14*, 1820878. https://doi.org/10.3389/fped.2026.1820878

PRETERM DOĞAN YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARDA AİLE ENTEGRE BAKIM: TABURCULUK VE TABURCULUK SONRASI SONUÇLARIN KAPSAM DERLEMESİ

Arş. Gör. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU[1]

[1]Selçuk Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye; hazalozdemir@selcuk.edu.tr; ORCID: 0000-0002-4418-613X

Özet

Giriş ve Amaç: Preterm doğum komplikasyonları beş yaş altı ölümlerin önde gelen nedenidir; hayatta kalanların birçoğu eve beslenme, büyüme ve gelişim sorunlarıyla döner. Dünya Sağlık Örgütü preterm ve düşük doğum ağırlıklı bebeklerin bakımına aile katılımını önermektedir. Aile Entegre Bakım (FICare) ebeveynleri yoğun bakım süresince bakım ekibine birincil bakım verici olarak dahil eder. Bu kapsam derlemesinin amacı, FICare ve yapılandırılmış programların farklı gelir düzeyindeki ülkelerde hangi bileşenlerle uygulandığını, taburculukta ve sonrasında hangi bebek ve ebeveyn sonuçlarının ölçüldüğünü ve bulguların yönünü haritalamaktır.

Yöntem: Kapsam derlemesi JBI kapsam derlemesi metodolojisiyle yürütüldü ve PRISMA-ScR'ye göre raporlandı. PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC ve TR Dizin başlangıçtan 24 Ekim 2026'ya kadar tarandı; referans listeleri incelendi. Preterm bebekler ve ebeveynlerinde FICare veya türevlerini standart bakımla karşılaştıran ve taburculuğa hazır oluş, anne sütüyle beslenme, yatış süresi, yeniden yatış, büyüme, ebeveyn ruh sağlığı veya nörogelişim sonuçlarını bildiren randomize, küme randomize, yarı deneysel ve karşılaştırmalı kohort çalışmaları ile izlem araştırmaları dahil edildi; yalnızca taburculuk sonrası programlar dışlandı. Çalışma seçimi ve veri haritalama iki aşamalı yürütüldü; bulgular sayısal ve tematik olarak özetlendi.

Bulgular: Toplam 839 kayıt belirlendi; yinelenenler çıkarıldıktan sonra 426 kayıt tarandı ve 29 çalışmaya ait 40 yayın derlemeye dahil edildi. Çalışmalar yedi yüksek gelirli ülke ile Çin, Hindistan, Türkiye ve Uganda'dan elde edildi. Çalışmaların çoğunda taburculuğa hazır oluş ve taburculukta anne sütüyle beslenmede FICare lehine bulgular bildirildi; ebeveyn stresi, yatış süresi ve yeniden yatış bulguları tasarıma ve ünite düzeyine göre değişti. Düzeltilmiş 18. ay izleminde bazı motor ve davranışsal sonuçlar FICare lehineydi; bilişsel sonuçlarda tutarlı fark görülmedi. Düşük ve orta gelirli ülke uyarlamaları uygulanabilir bulundu; Çin ve Hindistan denemelerinde anne sütüyle beslenme bulguları farklılık gösterdi.

Sonuç: Haritalanan kanıtlar FICare'in farklı sağlık sistemlerine uyarlanabildiğini ve yüksek riskli yenidoğanların eve geçiş hazırlığına ilişkin olumlu bulguları göstermektedir. Taburculuk sonrası süreklilik ve uzun dönem gelişimsel sonuçlar, özellikle tıbbi açıdan karmaşık bebeklerde, güçlü tasarımlarla değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Aile Entegre Bakım, Preterm Bebek, Taburculuğa Hazır Oluş, Yüksek Riskli Yenidoğan Bakımı, Küresel Çocuk Sağlığı

FAMILY INTEGRATED CARE FOR PRETERM HIGH-RISK NEWBORNS: A SCOPING REVIEW OF DISCHARGE AND POST-DISCHARGE OUTCOMES

Res. Asst. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU[1]

[1]Selçuk University Faculty of Nursing, Department of Pediatric Nursing, Konya, Türkiye; hazalozdemir@selcuk.edu.tr; ORCID: 0000-0002-4418-613X

Abstract

Background and Aim: Preterm birth complications are the leading cause of under-five mortality; many survivors go home with feeding, growth and developmental problems. WHO recommends family involvement in the care of preterm and low-birth-weight infants. Family Integrated Care (FICare) integrates parents into the care team as primary caregivers. This scoping review mapped the settings and components of FICare and its structured adaptations across income levels, infant and parent outcomes measured at and after discharge, and the direction of findings.

Methods: The scoping review followed JBI scoping review methodology and PRISMA-ScR reporting guidelines. PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC and TR Dizin were searched from inception to 24 October 2026; reference lists were screened. Randomised, cluster-randomised, quasi-experimental and comparative cohort studies, including follow-up reports, comparing FICare or its adaptations with standard care in preterm infants and parents and reporting discharge readiness, breastfeeding, length of stay, readmission, growth, parental mental health or neurodevelopment were eligible; post-discharge-only programmes were excluded. Two-stage selection and data charting were performed; findings were summarised numerically and thematically.

Results: A total of 839 records were identified; after duplicates were removed, 426 records were screened, and 40 publications from 29 studies were eligible, from seven high-income countries and China, India, Türkiye and Uganda. Most studies reported findings favouring FICare for discharge readiness and human milk feeding at discharge; parental stress, length of stay and readmission findings varied with design and level of care. At 18 months' corrected age, follow-up reports described some motor or behavioural advantages without consistent cognitive differences. Low- and middle-income country adaptations were feasible; Chinese and Indian trials reported differing human milk feeding findings.

Conclusion: Mapped evidence shows FICare has been adapted across health systems, with favourable findings for preparing high-risk newborns for the transition home; post-discharge continuity and long-term developmental outcomes, particularly in medically complex infants, need more robust evaluation.

Keywords: Family Integrated Care, Preterm Infant, Discharge Readiness, Care of High-Risk Newborns, Global Child Health

GİRİŞ

Preterm doğum komplikasyonları dünya genelinde beş yaş altı ölümlerin önde gelen nedenidir (Perin ve ark., 2022). 2020 yılında yaklaşık 13,4 milyon bebek preterm doğmuştur ve preterm doğum uzun dönem fiziksel, nörogelişimsel ve sosyoekonomik sonuçlarla ilişkilidir (Ohuma ve ark., 2023). Bu sonuçların önemli bir bölümü bebek eve döndükten sonra ortaya çıkar; taburculuk sonrası süregelen beslenme, büyüme ve gelişim sorunlarıyla preterm doğum, çocuklara yönelik küresel sağlık sorunlarının başında gelmektedir; yenidoğan yoğun bakım ünitesinden (YYBÜ) eve geçiş, yüksek riskli yenidoğan bakımının taburculukla bitmeyen bir aşamasıdır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2022 yılında preterm ve düşük doğum ağırlıklı bebeklerin bakımına ilişkin önerilerinde aile katılımını ve ebeveynlerin bakıma ortak edilmesini öne çıkarmıştır (DSÖ, 2022).

Franck ve O'Brien (2019) ebeveyn odaklı YYBÜ yaklaşımlarını üç düzeyde sınıflandırmıştır: ebeveyni destekleyen girişimler, ebeveynin uyguladığı girişimler ve ebeveyni bakım ekibine açıkça dahil eden çok boyutlu bakım modelleri. Aile Entegre Bakım (Family Integrated Care, FICare) üçüncü düzeyin başlıca örneğidir. Model Toronto'da bir pilot çalışmayla geliştirilmiş (O'Brien ve ark., 2013) ve Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda'da 26 üniteyi kapsayan çok uluslu bir küme randomize kontrollü çalışmada (RKÇ) değerlendirilmiştir (O'Brien ve ark., 2018). Modelin özgün bileşenleri ebeveynin günde en az altı saat ünitede bulunması, yapılandırılmış ebeveyn eğitimi, hemşirelerin mentor rolüne hazırlanması ve deneyimli ebeveynlerin akran desteğidir (O'Brien ve ark., 2018).

FICare'e ilişkin kanıt sentezleri büyük ölçüde yatış sırasındaki sonuçlara ve birleştirilmiş etki büyüklüklerine odaklanmıştır. Randomize kontrollü çalışmaların meta-analizinde FICare daha fazla kilo alımı ve daha düşük ebeveyn stresi ve anksiyetesiyle ilişkili bulunmuş, emzirme, yatış süresi ve yeniden yatışta anlamlı fark gösterilmemiştir (Liu ve ark., 2026). Randomize ve kohort çalışmalarını birlikte ele alan bir meta-analiz ise daha hızlı kilo alımı ve daha yüksek anne sütüyle beslenme oranı bildirmiş, yatış süresini iki grupta benzer bulmuştur (Zhang ve ark., 2026). Çin'de gerçekleştirilen bir meta-analizde emzirme oranı, kilo alımı ve bir aylık yeniden yatış lehine sonuçlar bildirilmiştir (Chen ve ark., 2025). Bu sentezler etki tahminlerini birleştirmekte, bulguların hangi uygulama bağlamında farklılaştığını haritalamamaktadır. Bhatt ve ark. (2026) FICare türevlerinde bileşen tanımlarının netleştirilmesi, sonuç ölçümlerinin standartlaştırılması ve daha uzun izlem gereksinimine; Yeomans ve ark. (2026) ise uzun dönem bebek ve ebeveyn sonuçlarına ilişkin kanıtın sınırlı olduğunu vurgulamıştır.

Taburculuğa hazır oluş, anne sütüyle beslenmenin sürdürülmesi, yeniden yatış ve taburculuk sonrası büyüme ve gelişim, yüksek riskli yenidoğanın eve geçişini doğrudan yansıtan sonuçlardır ve hemşirelik bakımının taburculuk planlamasındaki rolüyle örtüşür. FICare son yıllarda Çin, Hindistan, Uganda ve Türkiye gibi farklı gelir düzeyindeki ülkelerde uyarlanmıştır; ancak bu uyarlamaların hangi bileşenleri koruduğu, hangi taburculuk sonuçlarını ölçtüğü ve bulguların yüksek gelirli ülke çalışmalarıyla örtüşüp örtüşmediği bir arada haritalanmamıştır.

Bu kapsam derlemesinin amacı, FICare ve yapılandırılmış türevlerini standart bakımla karşılaştıran çalışmaları taburculuk ve taburculuk sonrası sonuçlar açısından haritalamaktır. Derleme üç soruyu yanıtlamaktadır: (1) FICare farklı gelir düzeyindeki ülkelerde hangi bileşenlerle ve hangi tasarımlarla uygulanmıştır? (2) Taburculukta ve sonrasında hangi bebek ve ebeveyn sonuçları ölçülmüştür? (3) Bildirilen bulguların yönü nedir ve bu yön bağlama göre nasıl değişmektedir?

1. YÖNTEM

1.1. Tasarım

Derleme Joanna Briggs Institute (JBI) kapsam derlemesi metodolojisine göre yürütüldü (Peters ve ark., 2020) ve PRISMA-ScR bildirgesine göre raporlandı (Tricco ve ark., 2018). Amaç etki büyüklüklerini birleştirmek değil, uygulama bağlamlarını, ölçülen sonuçları ve bulguların yönünü haritalamak olduğundan kapsam derlemesi tasarımı seçildi; JBI metodolojisinde isteğe bağlı olan metodolojik kalite değerlendirmesi yapılmadı. Derleme için önceden kayıtlı bir protokol bulunmamaktadır.

1.2. Uygunluk ölçütleri

Ölçütler JBI'nin katılımcı–kavram–bağlam çerçevesiyle tanımlandı. Katılımcılar gebelik yaşı 37 haftanın altında doğan ve YYBÜ'de yatan bebekler ile ebeveynleriydi; YYBÜ'de yatan ve preterm bebekleri de kapsayan karma örneklemler kabul edildi. Kavram, ebeveynlerin yapılandırılmış eğitim ve destek eşliğinde yatış süresince birincil bakım verici olarak bakım ekibine dahil edildiği FICare modeli veya ebeveynin bakımı fiilen üstlendiği yapılandırılmış programlardı. Karşılaştırma grubu standart bakım, uygulama öncesi dönem veya eşzamanlı kontrol üniteleriydi. Sonuçlar taburculukta veya sonrasında ölçülen taburculuğa hazır oluş, anne sütüyle beslenme, yatış süresi, yeniden yatış veya acil başvuru, büyüme, ebeveyn ruh sağlığı veya öz-yeterliği ve nörogelişimdi. Bağlam, ülke ve ünite düzeyi sınırlaması olmaksızın yenidoğan yoğun bakımdı. Randomize kontrollü, küme randomize, yarı deneysel, uygulama öncesi–sonrası, karşılaştırmalı kohort ve olgu-kontrol çalışmaları ile bu çalışmaların izlem çalışmaları dahil edildi. Yalnızca taburculuk sonrası uygulanan programlar, yalnız yatış içi sonuç bildiren çalışmalar, karşılaştırma grubu olmayan tanımlayıcı uygulama çalışmaları, nitel çalışmalar, ebeveynin bakımı üstlenmediği genel aile merkezli bakım modelleri, protokoller ve derlemeler dışlandı. İngilizce ve Türkçe yayınlar ile İngilizce özeti bulunan bir Çince yayın alındı; Çince yayın İngilizce özetinden haritalandı.

1.3. Bilgi kaynakları ve arama

PubMed/MEDLINE, Scopus, Europe PMC ve TR Dizin başlangıçtan 24 Ekim 2026'ya kadar tarandı. Arama üç bileşenden oluştu: (a) model terimleri (family integrated care, family-integrated care, FICare, family participatory care, parent-integrated) ile preterm, premature, neonat*, NICU, low birth weight ve newborn terimlerinin birleşimi; (b) aile merkezli bakım ve ebeveyn katılımı terimlerinin çalışma tasarımı terimleri (randomi*, trial, quasi-experimental, controlled) ve taburculuk/izlem sonuç terimleriyle (discharge, readmission, rehospitali*, length of stay, breastfeeding, self-efficacy, readiness, neurodevelopment*, follow-up, post-discharge) birleşimi; (c) FICare terimlerinin aynı izlem terimleriyle birleşimi. Terimler her veri tabanının sözdizimine uyarlandı; TR Dizin'de Türkçe karşılıklar (aile entegre bakım, aile merkezli bakım, prematüre) kullanıldı. Dahil edilen araştırmaların ve ilgili derlemelerin kaynak listeleri ile başlıca çalışma gruplarının yazar adlarıyla ek aramalar yapıldı.

1.4. Çalışma seçimi ve veri haritalama

Kayıtlar tek bir havuzda toplandı ve yinelenenler çıkarıldı. Seçim ve veri haritalama tek araştırmacı tarafından iki aşamada yürütüldü: önce başlık ve özetler, ardından aday araştırmaların tam metinleri uygunluk ölçütlerine göre değerlendirildi. Modelin FICare türevi olup olmadığı belirsiz kalan kayıtlar, ölçütler doğrultusunda ikinci kez incelenerek karara bağlandı. Veri haritalama için JBI şablonundan uyarlanan bir form kullanıldı: yazar ve yıl, ülke ve Dünya Bankası gelir grubu, tasarım, ünite sayısı ve düzeyi, örneklem büyüklüğü, gebelik yaşı, model bileşenleri (Tablo 1), karşılaştırma grubu, ölçülen sonuçlar ve ölçüm zamanı, bildirilen bulgunun yönü. Aynı çalışmadan gelen araştırmalar tek çalışma olarak gruplandı.

1.5. Sentez

Bulgular sayısal ve tematik olarak özetlendi. Sayısal özet çalışma düzeyinde yapıldı: bir çalışmanın herhangi bir yayını bir sonucu ölçmüşse çalışma o sonuç için bir kez sayıldı. Her sonuç için bulgunun yönü beş kategoride haritalandı: FICare lehine, anlamlı fark yok, FICare aleyhine, karma (aynı sonuç için zaman noktası veya alt ölçeğe göre farklı yön) ve yön bildirilmedi (tanımlayıcı sunum veya istatistiksel karşılaştırma yapılmaması). Bir çalışma aynı sonuç için birden fazla zaman noktası veya analiz bildirmişse birincil analizdeki genel sonuç esas alındı; alt grup ve izlem bulguları metinde ayrıca verildi. Anne sütüyle beslenme için yatış sırasında veya taburculukta gruplar arası karşılaştırma sunan çalışmalar ayrıca sayıldı. Etki büyüklükleri birleştirilmedi.

2. BULGULAR

2.1. Arama sonuçları

Dört veri tabanından ve ek kaynaklardan toplam 839 kayıt belirlendi. Yinelenenler çıkarıldıktan sonra 426 kayıt tarandı; 386 kayıt başlık–özet ve tam metin aşamalarında dışlandı ve kapsam derlemesine 29 çalışmaya ait 40 yayın dahil edildi (aynı araştırmanın farklı sonuçlarını veya izlem bulgularını bildiren yayınlar tek çalışma altında gruplandırıldı) (Şekil 1).

2.2. Çalışmaların özellikleri

Dahil edilen 29 çalışmanın özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. On üç çalışma yedi yüksek gelirli ülkeden (Kanada 4, Hollanda 3, ABD 2, Birleşik Krallık 2, Avustralya 1, İspanya 1; uluslararası küme RKÇ Kanada ile birlikte Avustralya ve Yeni Zelanda ünitelerini kapsıyordu), 16 çalışma ise Çin (11), Hindistan (3), Türkiye (1) ve Uganda'dan (1) elde edildi. Tasarımlar dört küme RKÇ, beş RKÇ ve 20 randomize olmayan karşılaştırmalı çalışmadan (yarı deneysel, uygulama öncesi–sonrası, karşılaştırmalı kohort ve olgu-kontrol) oluştu. Beş çalışma birden fazla yayın üretmişti; ilk yayın tarihine göre 40 yayının 32'si 2020 ve sonrasında yayımlandı. Örneklem büyüklüğü 41 bebekten (Ansari ve ark., 2023) 1.786 bebeğe (O'Brien ve ark., 2018) kadar değişti; küme RKÇ'ler 10–26 ünite içeriyordu. Çalışmaların gebelik yaşı eşikleri farklıydı; çoğunda üst sınır 32–35 hafta arasındaydı. İki çalışma bronkopulmoner displazili bebeklere (He ve ark., 2018; Shen ve ark., 2024), biri kritik hasta bebeklere (Ansari ve ark., 2023) odaklanmıştı. Altı çalışmanın örneklemi preterm bebeklerle sınırlı değildi (Alferink ve ark., 2025; Ansari ve ark., 2023; Duby ve ark., 2023; Hounsome ve ark., 2026; Moreno-Sanz ve ark., 2025; Verma ve ark., 2017); bu örneklemler Tablo 1'de belirtilmiştir.



Şekil 1. Çalışma seçim akışı

Tablo 1. Dahil edilen çalışmaların özellikleri (29 çalışmaya ait 40 yayın)

Çalışmalar	Ülke; tasarım; örneklem (GY)	Bileşenler	Ölçülen sonuçlar	Bulgu yönü
O'Brien ve ark., 2018; Church ve ark., 2020; Synnes ve ark., 2022; McLean ve ark., 2022	Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda; küme RKÇ, 26 ünite; 1.786 bebek (≤33 hf)	Eğ, Var (≥6 sa/gün), Per, Psk	AS, YS, Bü, ERS, NG (18 ay)	Lehine: AS, Bü, ERS, NG (motor, davranış); fark yok: YS, NG (bilişsel, dil)
O'Brien ve ark., 2013	Kanada; pilot kohort, tarihsel kontrol; 42 bebek (≤35 hf)	Eğ, Var (≥8 sa/gün), Per, Psk	AS, Bü, ERS	Lehine: AS, Bü; ERS yalnız grup içi azalma
Benzies ve ark., 2020; Murphy ve ark., 2021; Moe ve ark., 2022; Moe ve ark., 2024; Benzies ve ark., 2025	Kanada; küme RKÇ, 10 II. düzey ünite; 765 bebek (32–34 hf)	Eğ, Per, Psk	YS, YY, AS, Bü, ERS, NG (2–24 ay)	Lehine: YS (düzeltilmiş); fark yok: YY, AS, Bü, ERS, NG (18 ay); aleyhine: 2 ayda tam AS; karma: 6–24 ayda iletişim
Hei ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2024	Çin; küme RKÇ, 11 ünite; 601 bebek (preterm)	Eğ, Per	YS, AS, YY, Bü (18 ay), ERS	Lehine: tümü (YS düzeltilmiş analizde)
Li ve ark., 2016	Çin; eşleştirilmiş kohort izlemi; 134 bebek (28–35 hf)	—	NG (18 ay)	Lehine
Zhang ve ark., 2023	Çin; iki merkezli karşılaştırma; 215 anne	—	ERS	Lehine
van Veenendaal ve ark., 2022a, 2022b; Hoeben ve ark., 2026	Hollanda; çok merkezli kohort, tek aile odası; 358 bebek, 296 anne, 263 baba (medyan 33 hf)	Eğ, Var, Per, Psk	ERS, YS, Bü, YY	Lehine: ERS, YS; fark yok: Bü, YY
van Veenendaal ve ark., 2020a	Hollanda; retrospektif önce–sonra; 1.046 bebek (medyan 35 hf)	— (tek aile odası)	YS, AS, Bü	Lehine: YS; fark yok: AS, Bü
Alferink ve ark., 2025	Hollanda; basamaklı küme RKÇ, 10 ünite; 613 bebeğin ebeveynleri	Eğ, Per, Psk	ERS	Fark yok (transfer edilen bebeklerin ebeveynlerinde lehine)
Franck ve ark., 2022, 2023	ABD; yarı deneysel, 3 ünite; 253 çift (≤33 hf)	Eğ, Per, Psk	AS, Bü, ERS (taburculuk sonrası)	Fark yok: AS, Bü, ERS (yüksek stresli annelerde lehine)
Zhang ve ark., 2018	Çin; pilot RKÇ; 61 bebek (preterm)	Eğ, Var (≥4 sa/gün)	Bü, YS, YY, ERS	Lehine: Bü, YY, ERS; fark yok: YS
Lv ve ark., 2019	Çin; yarı deneysel; 319 ÇDDA bebek	Eğ, Var (≥4 sa/gün)	Bü, AS, YS, YY	Lehine: Bü, AS, YY; fark yok: YS

Çalışmalar	Ülke; tasarım; örneklem (GY)	Bileşenler	Ölçülen sonuçlar	Bulgu yönü
He ve ark., 2018	Çin; önce–sonra, 2 ünite; 249 BPD'li bebek	Eğ, Var (≥3 sa/gün), Per, Psk	AS, Bü, YS	Lehine: AS, Bü; YS yönü bildirilmedi
Chen ve Dong, 2022	Çin; RKÇ; 230 bebek (28–36 hf)	Eğ, Var (24 sa), Per, Psk	AS, YS, Bü, YY, ERS	Lehine: tümü (sayısal değer bildirilmedi)
Liang ve ark., 2022	Çin; retrospektif kohort; 215 bebek (ortalama 30 hf)	Eğ	Bü, NG (gelişim ve dil; 1–18 ay)	Lehine: Bü (1–18 ay), NG (6–18 ay)
Zhu ve ark., 2026	Çin; prospektif randomize olmayan; 84 aile (28–34 hf)	Eğ, Per, Psk	TH, ERS (3 ay), AS, Bü, YS	Lehine: TH, ERS, AS, Bü; fark yok: YS
Chen ve Zhu, 2026	Çin; randomize olmayan kohort; 52 bebek (28–36 hf)	Eğ, Var, Per, Psk, TSİ	Bü (1–6 ay DY), YY, AS, ERS, YS	Lehine: Bü, YY, AS, ERS; fark yok: YS
Shen ve ark., 2024	Çin; retrospektif kohort; 81 BPD'li bebek	—	Evde oksijen süresi, YS	Lehine
Tiryaki ve ark., 2024	Türkiye; RKÇ (ardışık dönemler); 68 çift (28–34 hf)	Eğ, Var (6–8 sa/gün), Per, Psk	TH, AS, Bü, YS	Lehine: TH, AS (ilk anne sütü daha erken), Bü; fark yok: YS
Verma ve ark., 2017	Hindistan; RKÇ; 295 hasta yenidoğan	Eğ, Var	AS, YS, sepsis	Lehine: AS; fark yok: sepsis; YS bildirilmedi
Pillai ve ark., 2022	Hindistan; RKÇ; 147 bebek (28–33 hf)	Eğ	AS, YS, fizyolojik instabilite	Lehine: instabilite; fark yok: AS; YS bildirilmedi
Kaur ve ark., 2026	Hindistan; prospektif kohort, tarihsel karşılaştırma; 73 bebek (28–33 hf)	Eğ, Var	Servise geçiş, YY (YYBÜ'ye geri dönüş), Bü, YS, AS	Betimsel; istatistiksel karşılaştırma bildirilmedi
Duby ve ark., 2023	Uganda; önce–sonra pilot; 104 çift (≥2 kg)	Eğ, Var, Per	TH, ERS, YY (taburculuk sonrası hizmet kullanımı)	Lehine: TH; fark yok: ERS, YY
Moreno-Sanz ve ark., 2025	İspanya; olgu-kontrol, eşzamanlı ve tarihsel; 134 preterm + 52 term (FICare)	Eğ, Var, Per	AS, YS, YY (acil başvuru)	Lehine: AS, YS (ara bakım), YY
Banerjee ve ark., 2020	Birleşik Krallık; önce–sonra, eşleştirilmiş; 37 + 57 bebek	Eğ, Per, Psk	YS, taburculukta düzeltilmiş GY	Lehine

Çalışmalar	Ülke; tasarım; örneklem (GY)	Bileşenler	Ölçülen sonuçlar	Bulgu yönü
Hounsome ve ark., 2026	Birleşik Krallık; önce–sonra denetim (2021'e karşı 2024); n bildirilmedi (>20 gün yatış)	Eğ, Per, Psk	YS, maliyet	Fark yok
Murdoch ve ark., 2021	Avustralya; kayıt denetimi, önce–sonra; 153 bebek (<32 hf)	—	YS, tam beslenmeye geçiş	Lehine: tam beslenme; YS daha uzun
Kubicka ve ark., 2023	ABD; önce–sonra; 169 ebeveyn	Eğ, Per	ERS, TH	Lehine: ERS; TH için karşılaştırmalı yön bildirilmedi
Ansari ve ark., 2023	Kanada; pilot kohort; 41 kritik hasta bebek	Eğ, Per	ERS, advers olaylar	Lehine: anksiyete; fark yok: stres, bebek sonuçları

Not. GY: gebelik yaşı; hf: hafta; DY: düzeltilmiş yaş; RKÇ: randomize kontrollü çalışma; ÇDDA: çok düşük doğum ağırlıklı; BPD: bronkopulmoner displazi. n: başlangıç örneklemi; izlem çalışmalarının örneklemleri daha küçüktür. Bileşenler: Eğ: yapılandırılmış ebeveyn eğitimi; Var: zorunlu ebeveyn varlığı (saat); Per: personel eğitimi ve mentorluk; Psk: psikososyal veya akran desteği; TSİ: taburculuk sonrası izlem bileşeni; —: yayında model bileşenleri tanımlanmamıştır. Sonuçlar: TH: taburculuğa hazır oluş; AS: anne sütüyle beslenme; YS: yatış süresi; YY: yeniden yatış veya acil başvuru; Bü: büyüme; ERS: ebeveyn ruh sağlığı veya öz-yeterliği; NG: nörogelişim. "Lehine": FICare grubunda daha iyi sonuç.

2.3. Model bileşenleri

Yirmi dört çalışma modelin en az bir bileşenini tanımladı; beş çalışma bileşenleri bildirmedi. Yapılandırılmış ebeveyn eğitimi 24, personel eğitimi ve mentorluk 18, belirli bir süre ebeveyn varlığı zorunluluğu 13 ve psikososyal veya akran desteği 13 çalışmada tanımlandı. Ebeveyn varlığı için istenen süre günde üç saatten (He ve ark., 2018) 24 saate (Chen ve Dong, 2022; van Veenendaal ve ark., 2022b) kadar değişti. Taburculuk sonrası yapılandırılmış bir bileşen yalnız bir çalışmada vardı: düzeltilmiş 1, 3 ve 6. aylarda poliklinik ve telefon izlemi (Chen ve Zhu, 2026).

2.4. Ölçülen sonuçlar

Yatış süresi 20, büyüme 16, anne sütüyle beslenme 16, ebeveyn ruh sağlığı veya öz-yeterliği 15, yeniden yatış veya acil başvuru 10, nörogelişim 4 ve taburculuğa hazır oluş 4 çalışmada ölçüldü. Taburculuk sonrası izlem çoğunlukla düzeltilmiş 18. aya kadar uzanıyordu; en uzun izlem Alberta çalışmasının düzeltilmiş 6–24 aylık gelişim değerlendirmesiydi (Moe ve ark., 2022). On sekizinci ay izlem çalışmaları uluslararası ve Alberta küme RKÇ'leri ile Çin küme RKÇ'sinden geliyordu (Benzies ve ark., 2025; Church ve ark., 2020; Hei ve ark., 2021; McLean ve ark., 2022; Synnes ve ark., 2022). Diğer taburculuk sonrası sonuçlar yeniden yatış, ebeveyn ruh sağlığı, büyüme, evde oksijen süresi, dil gelişimi ve sağlık hizmeti kullanımıydı (Tablo 1).

2.5. Bulguların yönü

Tablo 2 sonuçlara göre bulguların yönünü özetlemektedir.

Tablo 2. Sonuçlara göre bulguların yönü (çalışma düzeyinde)

Sonuç	Çalışma (n)	FICare lehine	Anlamlı fark yok	Diğer
Taburculuğa hazır oluş	4	3	—	1 karşılaştırmalı yön bildirilmedi
Anne sütüyle beslenme (yatışta veya taburculukta karşılaştırma)	14	10	4	—
Yatış süresi	20	8	7	1 daha uzun; 4 yön bildirilmedi
Yeniden yatış veya acil başvuru	10	6	3	1 betimsel (hastane içi YYBÜ'ye geri dönüş)
Büyüme	16	11	4	1 betimsel
Ebeveyn ruh sağlığı veya öz-yeterliği	15	10	4	1 yalnız grup içi değişim
Nörogelişim (düzeltilmiş 2–24 ay)	4	2	—	2 karma (küme RKÇ'ler)

Not. Anne sütüyle beslenmeyi ölçen 16 çalışmanın 14'ü yatışta veya taburculukta gruplar arası karşılaştırma sundu; diğer ikisi izlemde ölçüm yaptı (Chen ve Zhu, 2026) veya tarihsel verilerle betimsel karşılaştırma sundu (Kaur ve ark., 2026). —: bu kategoride çalışma yok.

Taburculuğa hazır oluş: Dört çalışmanın üçünde ebeveynlerin taburculuğa hazır oluşu FICare grubunda daha yüksekti: Çin'de anne ve babaların tüm alt ölçek puanları (Zhu ve ark., 2026), Türkiye'de anne ve babaların toplam puanları (Tiryaki ve ark., 2024) ve Uganda'da annelerin puanı (7,9'a karşı 6,8; Duby ve ark., 2023). ABD'deki uygulama öncesi–sonrası çalışmasında hazır oluş katılım düzeyine göre incelendi ve standart bakımla karşılaştırmalı yön bildirilmedi (Kubicka ve ark., 2023).

Anne sütüyle beslenme: Yatışta veya taburculukta karşılaştırma sunan 14 çalışmanın onunda FICare lehine bulgu bildirildi: uluslararası küme RKÇ'de taburculukta günde en az altı öğün tam anne sütüyle beslenme %70'e karşı %63 (O'Brien ve ark., 2018), Çin küme RKÇ'sinde emzirme %87,3'e karşı %55,8 (Hei ve ark., 2021), Toronto pilotunda %82,1'e karşı %45,5 (O'Brien ve ark., 2013) ve Hindistan'da taburculuk öncesi tam emzirme (Verma ve ark., 2017); Çin'deki dört çalışma (Chen ve Dong, 2022; He ve ark., 2018; Lv ve ark., 2019; Zhu ve ark., 2026), Türkiye'de ilk anne sütü alımı ve ilk emzirmenin daha erken gerçekleşmesi (Tiryaki ve ark., 2024) ve İspanya olgu-kontrol çalışması (Moreno-Sanz ve ark., 2025) da anne sütüyle beslenme lehine bulgu bildirdi. Dört çalışmada fark yoktu: Alberta çalışması (Benzies ve ark., 2020), Hollanda önce–sonra çalışması (van Veenendaal ve ark., 2020a), ABD yarı deneysel çalışması (Franck ve ark., 2022) ve Hindistan erken ebeveyn katılımı çalışması (%66'ya karşı %51; Pillai ve ark., 2022). Taburculuk sonrası izlemde Çin küme RKÇ'sinde emzirme 18. aya kadar FICare grubunda daha yüksekti (Hei ve ark., 2021); Alberta çalışmasında ise 2. ayda FICare annelerinin hiç anne sütü vermeme yerine yalnız anne sütü verme olasılığı daha düşüktü, yalnız ve kısmi anne sütü karşılaştırmasında fark yoktu (Moe ve ark., 2024).

Yatış süresi: Yirmi çalışmanın sekizinde FICare grubunda daha kısa yatış bildirildi: Alberta çalışmasında düzeltilmiş analizde 2,55 gün (Benzies ve ark., 2020), Çin küme RKÇ'sinde düzeltilmiş 28,3'e karşı 35,0 gün (Hei ve ark., 2021), Hollanda kohortu (Hoeben ve ark., 2026), Hollanda önce–sonra çalışması (van Veenendaal ve ark., 2020a), Birleşik Krallık'ta medyan 41'e karşı 55 gün (Banerjee ve ark., 2020) ve Çin ile İspanya'daki üç çalışma (Chen ve Dong, 2022; Moreno-Sanz ve ark., 2025; Shen ve ark., 2024). Her iki küme RKÇ'de

düzeltilmemiş analizde fark anlamlı değildi. Yedi çalışmada fark yoktu (Chen ve Zhu, 2026; Hounsome ve ark., 2026; Lv ve ark., 2019; O'Brien ve ark., 2018; Tiryaki ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2018; Zhu ve ark., 2026); Avustralya kayıt denetiminde uygulama sonrası yatış daha uzundu (Murdoch ve ark., 2021). Dört çalışma yatış süresini ölçtü ancak karşılaştırmalı yönü bildirmedi (He ve ark., 2018; Kaur ve ark., 2026; Pillai ve ark., 2022; Verma ve ark., 2017).

Yeniden yatış ve acil başvuru: On çalışmanın altısında FICare grubunda daha az yeniden yatış veya acil başvuru bildirildi: Çin küme RKÇ'sinde yeniden yatış %3,7'ye karşı %7,5 (Hei ve ark., 2021), Çin pilot RKÇ'sinde 1. ayda %6,5'e karşı %50 (Zhang ve ark., 2018), Çin'deki üç çalışma daha (Chen ve Dong, 2022; Chen ve Zhu, 2026; Lv ve ark., 2019) ve İspanya'da taburculuk sonrası acil başvuru (Moreno-Sanz ve ark., 2025). Üç çalışmada fark yoktu (Benzies ve ark., 2020; Duby ve ark., 2023; Hoeben ve ark., 2026); bir çalışma hastane içinde servisten YYBÜ'ye geri dönüşü tarihsel verilerle betimsel olarak karşılaştırdı (Kaur ve ark., 2026). Karşılaştırma sunan hiçbir çalışmada yeniden yatışta artış bildirilmedi.

Büyüme: On altı çalışmanın on birinde büyüme göstergeleri FICare lehineydi; bunlar arasında uluslararası küme RKÇ'nin 18. ay izleminde daha yüksek beden kitle indeksi (Synnes ve ark., 2022), Çin küme RKÇ'sinde 18. aya kadar daha yüksek kilo (Hei ve ark., 2021) ve Türkiye'de daha yüksek taburculuk ağırlığı (Tiryaki ve ark., 2024) vardı. Dört çalışmada fark yoktu (Benzies ve ark., 2020; Franck ve ark., 2022; Hoeben ve ark., 2026; van Veenendaal ve ark., 2020a); bir çalışma betimsel karşılaştırma sundu (Kaur ve ark., 2026).

Ebeveyn ruh sağlığı ve öz-yeterliği: On beş çalışmanın onunda FICare lehine bulgu bildirildi. Hollanda kohortunda taburculukta anne stresi 12,24 puan (van Veenendaal ve ark., 2022b), baba stresi 10,02 puan (van Veenendaal ve ark., 2022a) daha düşüktü; Çin küme RKÇ'sinde taburculukta anne stresi daha düşüktü (Zhang ve ark., 2024); uluslararası küme RKÇ'nin izleminde annelerin saç kortizolü daha düşüktü ve aracılık analizinde çocuk davranış puanlarındaki düşüş anne kortizolündeki azalma üzerinden açıklandı (McLean ve ark., 2022). Çin'deki dört çalışma (Chen ve Dong, 2022; Chen ve Zhu, 2026; Zhang ve ark., 2018, 2023) ile ABD ve Kanada'daki uygulama çalışmaları (Ansari ve ark., 2023; Kubicka ve ark., 2023) ebeveyn stresi, anksiyetesi veya öz-yeterliğinde lehine bulgu bildirdi; Çin'de taburculuk sonrası 3. ayda travma ve depresyon belirtileri taşıyan anne ve baba oranı FICare grubunda daha düşüktü (Zhu ve ark., 2026). Dört çalışmada fark yoktu: Alberta çalışması (Benzies ve ark., 2020), basamaklı küme RKÇ (Alferink ve ark., 2025), ABD yarı deneysel çalışmasında taburculuk sonrası anne ruh sağlığı (Franck ve ark., 2023) ve Uganda'da anne stresi (Duby ve ark., 2023). Franck ve ark. (2023) yüksek yatış stresi yaşayan annelerde FICare ile daha az travma ve depresyon belirtisi, Alferink ve ark. (2025) transfer edilen bebeklerin ebeveynlerinde stres azalması bildirdi.

Nörogelişim: Uluslararası küme RKÇ'nin 18. ay izleminde Bayley-III motor puanı FICare grubunda 3,87 puan daha yüksekti, bilişsel veya dil gecikmesinde fark yoktu (düzeltilmiş odds oranı 0,92; Synnes ve ark., 2022) ve öz-düzenleme güçlüğü puanı daha düşüktü (Church ve ark., 2020). Alberta çalışmasında 2. ayda gelişimsel tarama puanlarında fark yoktu, 6–24. aylarda iletişim gecikmesi riski daha düşüktü (Moe ve ark., 2022) ve 18. ayda bakım modeli ile gelişimsel gecikme riski ilişkisizdi (Benzies ve ark., 2025). Çin'deki iki randomize olmayan çalışmada 18. ayda Bayley mental ve psikomotor puanları (Li ve ark., 2016) ile 6–18. aylarda gelişim ve dil puanları (Liang ve ark., 2022) FICare grubunda daha yüksekti.

2.6. Düşük ve orta gelirli ülke uyarlamaları

Uganda uyarlamasında anneler bebeklerini günlük tartmak, tehlike belirtilerini değerlendirmek ve beslenmeyi izlemek üzere eğitildi; program uygulanabilir bulundu ve taburculuğa hazır oluş arttı, ancak taburculuk sonrası sağlık hizmeti kullanımı değişmedi (Duby ve ark., 2023). Hindistan'da bakım veren ebeveynler görsel-işitsel materyalle eğitildi ve taburculuk öncesi tam emzirme arttı; nozokomiyal sepsiste fark yoktu (Verma ve ark., 2017). Protokollü anne eğitimiyle stabil preterm bebeklerin %97'si anneleriyle servise geçirildi (Kaur ve ark., 2026). Türkiye'deki çalışmada anne ve babaların taburculuğa hazır oluşu arttı, ilk anne sütü alımı ve ilk emzirme

daha erken gerçekleşti ve taburculuk ağırlığı daha yüksekti; yatış süresi farklı değildi (Tiryaki ve ark., 2024). Çin'deki 11 çalışmanın tümünde en az bir sonuçta FICare lehine bulgu bildirildi; bunların üçü randomize tasarımdaydı (Chen ve Dong, 2022; Hei ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2018).

3. TARTIŞMA

Bu kapsam derlemesi, FICare ve yapılandırılmış türevlerini standart bakımla karşılaştıran ve taburculuk veya taburculuk sonrası sonuç bildiren 29 çalışmayı haritaladı. Dört ana bulgu vardır. Birincisi, model 11 ülkede ve üç gelir grubunda uygulanmış; bileşen kümesi çalışmalar arasında farklılaşmış ve beş çalışma bileşenleri tanımlamamıştır. İkincisi, taburculuğa hazır oluş ve yatışta veya taburculukta anne sütüyle beslenmede bulgular çoğunlukla FICare lehinedir. Üçüncüsü, yatış süresi, yeniden yatış ve ebeveyn stresi bulguları tasarıma, karşılaştırma grubuna ve ünite düzeyine göre değişmektedir. Dördüncüsü, taburculuk sonrası izlem düzeltilmiş 2 yaşı aşmamaktadır ve randomize kanıt bilişsel sonuçlarda tutarlı bir fark göstermemektedir.

Bulguların yönü önceki meta-analizlerle büyük ölçüde örtüşmektedir. Zhang ve ark. (2026) 11 çalışmayı (altı RKÇ, beş kohort) birleştirdikleri meta-analizde daha yüksek anne sütüyle beslenme oranı (RR 1,54) ve daha hızlı kilo alımı bildirmiş, yatış süresini benzer bulmuştur; Chen ve ark. (2025) 13 RKÇ'de emzirme ve bir aylık yeniden yatış lehine sonuçlar bildirmiştir. Buna karşılık yalnız sekiz RKÇ'yi birleştiren Liu ve ark. (2026) emzirme, yatış süresi ve yeniden yatışta anlamlı fark bulmamış, kanıt kesinliğini düşük olarak nitelemiştir. Bu derleme, birleştirilmiş tahminlerde görünmeyen bir bağlam farkını ortaya koymaktadır: anne sütünde fark bildirmeyen dört çalışmanın birinde karşılaştırma grubu zaten aile merkezli bakım alıyordu (Franck ve ark., 2022), birinde model tek aile odası mimarisiyle iç içeydi (van Veenendaal ve ark., 2020a), biri 32–34 haftalık bebeklerin yattığı ikinci düzey ünitelerde yürütülmüştü (Benzies ve ark., 2020), biri ise küçük örneklemli bir çalışmaydı (Pillai ve ark., 2022). Lehine bulgular ise karşılaştırma grubunun ebeveyn erişiminin kısıtlı olduğu ünitelerde (Hei ve ark., 2021; Lv ve ark., 2019; Tiryaki ve ark., 2024; Verma ve ark., 2017) belirgindi. Ding ve ark. (2023) FICare'in taburculukta emzirme oranını artırdığı sonucuna varmıştı; bu derlemedeki örüntü, lehine bulguların karşılaştırma grubundaki ebeveyn erişimiyle birlikte değiştiğini düşündürmektedir. Bu bir haritalama gözlemidir; etki değiştiriciliği ayrıca sınanmalıdır.

Yatış süresi bulguları da bağlamla birlikte değişmektedir. İki küme RKÇ'de düzeltilmemiş fark anlamsızken düzeltilmiş analizde yatış kısalmıştır (Benzies ve ark., 2020; Hei ve ark., 2021); uluslararası küme RKÇ'de fark yoktur (O'Brien ve ark., 2018); düzeltme yapılmayan uygulama denetimlerinde ise yatış değişmemiş (Hounsome ve ark., 2026) veya uzamıştır (Murdoch ve ark., 2021). Aile merkezli bakım literatüründe de aynı tutarsızlık vardır: Yu ve Zhang (2019) dört RKÇ'de toplam yatış süresinin kısaldığını bildirirken Ding ve ark. (2019) yedi çalışmada fark bulmamıştır. Yatış süresi ünite politikalarından, taburculuk ölçütlerinden ve bebeğin klinik durumundan etkilenen bir sonuçtur; FICare'in bu sonuca etkisi yorumlanırken küme yapısı, başlangıç farklılıkları ve kullanılan düzeltmeler dikkate alınmalıdır. Yeniden yatış bulguları ise daha tutarlıdır: karşılaştırma sunan hiçbir çalışmada artış bildirilmemiş ve altı çalışmada azalma bildirilmiştir; bu, aile merkezli bakım çalışmalarında bildirilen yeniden yatış azalmasıyla (Ding ve ark., 2019) ve Chen ve ark. (2025) tarafından bildirilen bir aylık yeniden yatış azalmasıyla uyumludur.

Taburculuğa hazır oluş, bu derlemenin hemşirelik uygulamasıyla en doğrudan ilişkili bulgusudur. Bu sonuç yalnız dört çalışmada ölçülmüş ve ölçen çalışmaların üçü orta ve düşük gelirli ülkelerden gelmiştir (Duby ve ark., 2023; Tiryaki ve ark., 2024; Zhu ve ark., 2026). Yüksek gelirli ülkelerdeki büyük küme RKÇ'ler bu sonucu ölçmemiştir. Oysa hazır oluş ölçekleri, ebeveynin bebeğin bakımını evde sürdürmeye ilişkin algıladığı hazırlığı değerlendirir ve aile merkezli bakımın ebeveyn bilgi ve becerilerinde oluşturduğu büyük etkilerle (Ding ve ark., 2019) aynı yapıya işaret eder. Hazır oluşu artıran uyarlamalarda hemşirenin işlevi somuttur: beslenme, tartım ve tehlike belirtilerini tanıma becerilerinin yatak başında öğretilmesi ve ebeveynin bakımı üstlenmesine eşlik eden mentorluk (Duby ve ark., 2023; Kaur ve ark., 2026; Tiryaki ve ark., 2024). Ancak Uganda'da hazır oluş artmasına

karşın taburculuk sonrası sağlık hizmeti kullanımı değişmemiştir (Duby ve ark., 2023); hazır oluş puanı ile taburculuk sonrası davranış arasındaki ilişki henüz gösterilmemiştir. Ayrıca Zhu ve ark. (2026) hazır oluşla birlikte taburculuk sonrası 3. ayda daha az travma ve depresyon belirtisi bildirmiştir; bu, hazır oluşun ebeveyn ruh sağlığı için bir ara sonuç olabileceğini düşündürmektedir ve randomize tasarımlarla incelenmelidir.

Ebeveyn ruh sağlığında lehine bulgular çoğunluktadır; fark bildirmeyen çalışmalar ise hangi alt grupların yarar gördüğüne ilişkin bilgi vermektedir. Basamaklı küme RKÇ'de taburculukta ebeveyn stresi değişmemiş, transfer edilen bebeklerin ebeveynlerinde azalmıştır (Alferink ve ark., 2025); ABD'de ana etki görülmezken yüksek yatış stresi yaşayan annelerde yarar saptanmıştır (Franck ve ark., 2023). Bu bulgular, yararın belirli alt gruplarda belirginleştiğini düşündürmektedir; ancak alt grup tanımları (transfer durumu, yatış içi stres düzeyi) çalışmalar arasında farklıdır. Hollanda kohortundaki büyük stres azalması (van Veenendaal ve ark., 2022a, 2022b) ise tek aile odasıyla birlikte uygulanan FICare'e aittir; tek aile odalarının kendisi ebeveyn varlığını artırmakta ve yoğun bakımla ilişkili stresi azaltmaktadır (van Veenendaal ve ark., 2020b). Bu nedenle mimari ve bakım modelinin katkıları bu kohortta ayrıştırılamaz. Personelin bildirdiği engeller de önemlidir: Leake ve ark. (2025) sağlık profesyonellerinin FICare'e değer vermekle birlikte uygulamayı kaynak, alan ve tutarlı politika eksikliğinin engellediğini bildirmiştir. Bu derlemede personel eğitimi ve mentorluk 18 çalışmada tanımlanmıştır; He ve ark. (2026) da yapılandırılmış ebeveyn eğitimi, psikososyal destek ve disiplinler arası iş birliğini etkili uygulamanın ögeleri olarak belirlemiştir.

Nörogelişim bulguları randomize ve randomize olmayan çalışmalar arasındaki farkı göstermektedir. Uluslararası küme RKÇ'nin 18. ay izleminde motor puan ve davranış düzenlemesi FICare lehineyken bilişsel ve dil sonuçlarında fark yoktu (Church ve ark., 2020; Synnes ve ark., 2022); Alberta çalışmasında 18. ayda bakım modeli ile gelişimsel gecikme riski arasında ilişki saptanmadı (Benzies ve ark., 2025). Çin'deki randomize olmayan iki çalışma ise mental, psikomotor ve dil puanlarında büyük farklar bildirmiştir (Li ve ark., 2016; Liang ve ark., 2022). Zhang ve ark. (2026) nörogelişim sonuçlarını birleştirmeden, farklı ölçeklerle yapılan çalışmalara dayanarak FICare lehine yorumlamıştır; bu derlemedeki ayrım, bu yorumun tasarıma göre okunması gerektiğini göstermektedir. Yeomans ve ark. (2026) ve Bhatt ve ark. (2026) tarafından vurgulanan uzun dönem sonuç boşluğu bu derlemede de görülmektedir: 29 çalışmanın yalnız dördü nörogelişimi ölçmüş ve hiçbiri düzeltilmiş 2 yaş sonrasını izlememiştir.

Küresel çocuk sağlığı perspektifinden iki bulgu önemlidir. DSÖ'nün (2022) aile katılımı önerisiyle uyumlu olarak model, Uganda, Hindistan ve Türkiye'de ebeveynin bakımı üstlenmesine dayanan temel bileşenlerle (ebeveyn eğitimi, zorunlu varlık, tehlike belirtisi ve beslenme eğitimi) uyarlanmış ve uygulanabilir bulunmuştur (Duby ve ark., 2023; Kaur ve ark., 2026; Tiryaki ve ark., 2024; Verma ve ark., 2017). Buna karşılık taburculuk sonrası yapılandırılmış bir süreklilik bileşeni yalnız bir çalışmada vardır (Chen ve Zhu, 2026). Alberta çalışmasında taburculukta anne sütünde fark bulunmazken 2. ayda yalnız anne sütü verme olasılığının FICare grubunda daha düşük bulunması (Benzies ve ark., 2020; Moe ve ark., 2024), taburculuk sonrası beslenme sonuçlarının yatış içi bulgulardan ayrı izlenmesi gerektiğini göstermektedir. Eve geçiş hazırlığı ile taburculuk sonrası destek arasındaki bu boşluk, özellikle bronkopulmoner displazili (He ve ark., 2018; Shen ve ark., 2024) ve kritik hasta (Ansari ve ark., 2023) bebekler gibi tıbbi açıdan karmaşık gruplar için önemlidir; bu gruplarda kanıt birkaç küçük çalışmayla sınırlıdır.

Türkiye için tek merkezli çalışma (Tiryaki ve ark., 2024) somut bir başlangıç noktasıdır; randomize kontrollü olarak kaydedilen bu çalışmada kontrol ve müdahale grupları ardışık dönemlerde alındığından dönem etkisi dışlanamaz. Modelin bileşenlerinin ve taburculuk sonrası sonuçlarının çok merkezli tasarımlarla değerlendirilmesi, yüksek riskli yenidoğanların bakımında hemşirelerin ebeveyn eğitimi ve mentorluk uygulamalarının nasıl yürütüldüğünü ve hangi sonuçları değiştirdiğini gösterebilir.

Bu derlemenin bazı sınırlılıkları vardır. Metodolojik kalite değerlendirmesi ve meta-analiz yapılmamıştır; bulgular yönü göstermekte, etkinin büyüklüğü göstermemektedir. Randomize olmayan tasarımlar çoğunluktadır ve karşılaştırma grupları birbirinden farklıdır. Bileşen bilgisi beş çalışmada eksik olduğundan bileşen sayıları alt sınırı yansıtmaktadır. Arama İngilizce ve Türkçe yaınlarla sınırlıdır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

FICare ve yapılandırılmış türevleri yüksek, orta ve düşük gelirli ülkelerde uygulanmış ve bu derlemede haritalanan kanıt, taburculuğa hazır oluş ve yatışta veya taburculukta anne sütüyle beslenmede modelin lehine bulgular göstermiştir. Yatış süresi, yeniden yatış ve ebeveyn stresi bulguları karşılaştırma grubuna ve ünite düzeyine göre değişmekte; randomize kanıt 18. ayda sınırlı motor ve davranışsal avantaj göstermekte, bilişsel fark göstermemektedir. Yüksek riskli yenidoğanların bakımında hemşirelik için üç öneri yapılabilir: ebeveyn eğitimi ve mentorluk bileşenlerinin yazılı olarak tanımlanması, taburculuğa hazır oluşun geçerli ölçeklerle ölçülmesi ve taburculuk sonrası süreklilik bileşeninin modele eklenmesi. Gelecek çalışmalar, özellikle tıbbi açıdan karmaşık bebeklerde, taburculuk sonrası beslenme, büyüme ve gelişimi 2 yaş ötesine uzanan güçlü tasarımlarla değerlendirmelidir.

KAYNAKLAR

Alferink, M. T., Hoeben, H., Jonkman, N. H., van Goudoever, J. B., van Kempen, A. A. M. W., van Veenendaal, N. R., … neoPARTNER studygroup (2025). Family integrated care reduces stress in transferred parents of preterm infants, but not across all families: a stepped-wedge cluster-randomized trial. *Journal of Perinatology, 45*(6), 797-805. https://doi.org/10.1038/s41372-025-02318-w

Ansari, N. S., Franck, L. S., Tomlinson, C., Colucci, A., & O'Brien, K. (2023). A Pilot Study of Family-Integrated Care (FICare) in Critically Ill Preterm and Term Infants in the NICU: FICare Plus. *Children, 10*(8). https://doi.org/10.3390/children10081337

Banerjee, J., Aloysius, A., Mitchell, K., Silva, I., Rallis, D., Godambe, S. V., & Deierl, A. (2020). Improving infant outcomes through implementation of a family integrated care bundle including a parent supporting mobile application. Archives of disease in childhood. *Fetal and Neonatal Edition, 105*(2), 172-177. https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-316435

Benzies, K. M., Aziz, K., Shah, V., Faris, P., Isaranuwatchai, W., Scotland, J., … Alberta FICare Level II NICU Study Team (2020). Effectiveness of Alberta Family Integrated Care on infant length of stay in level II neonatal intensive care units: a cluster randomized controlled trial. *BMC Pediatrics, 20*(1), 535. https://doi.org/10.1186/s12887-020-02438-6

Benzies, K. M., Bartram, F. C., & McNeil, D. A. (2025). Effect of Model of Neonatal Care on Neurodevelopment at the 18 Month Follow-Up in Moderate and Late Preterm Infants. *Journal of Clinical Medicine, 14*(2). https://doi.org/10.3390/jcm14020586

Bhatt, A. H., Nimbalkar, S. M., Patel, D. V., & Pujara, R. K. (2026). Enhanced Family-Centered Care and Family Integrated Care for Preterm Infants in Neonatal Intensive Care Units: Comparative Outcomes and Implementation Features-A Scoping Review. *Pediatric Discovery, 4*(3), e70070. https://doi.org/10.1002/pdi3.70070

Chen, H., & Dong, L. (2022). The effect of family integrated care on the prognosis of premature infants. *BMC Pediatrics, 22*(1), 668. https://doi.org/10.1186/s12887-022-03733-0

Chen, S., Shen, H., Jin, Q., Zhou, L., & Feng, L. (2025). Family-centered care in the neonatal intensive care unit: a meta-analysis and systematic review of outcomes for preterm infants. *Translational Pediatrics, 14*(1), 14-24. https://doi.org/10.21037/tp-24-373

Chen, L., & Zhu, H. (2026). The effect of family integrated care based on Swanson theory of caring on premature infants: A non-randomized cohort study. *Medicine, 105*(30), e49889. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000049889

Church, P. T., Grunau, R. E., Mirea, L., Petrie, J., Soraisham, A. S., Synnes, A., … O'Brien, K. (2020). Family Integrated Care (FICare): Positive impact on behavioural outcomes at 18 months. *Early Human Development, 151*, 105196. https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2020.105196

Ding, L., Chen, Y., Zhang, W., Song, J., Yao, X., Wan, Y., & Huang, R. (2023). Effect of family integrated care on breastfeeding of preterm infants: A scoping review. *Nursing Open, 10*(9), 5950-5960. https://doi.org/10.1002/nop2.1888

Ding, X., Zhu, L., Zhang, R., Wang, L., Wang, T. T., & Latour, J. M. (2019). Effects of family-centred care interventions on preterm infants and parents in neonatal intensive care units: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Australian Critical Care, 32*(1), 63-75. https://doi.org/10.1016/j.aucc.2018.10.007

Duby, J., Kabajaasi, O., Muteteri, J., Kisooka, E., Barth, D., Feeley, N., … Wiens, M. O. (2023). Family Integrated Care in Uganda: a feasibility study. *Archives of Disease in Childhood, 108*(3), 180-184. https://doi.org/10.1136/archdischild-2022-324638

Dünya Sağlık Örgütü. (2022). *WHO recommendations for care of the preterm or low-birth-weight infant*. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789240058262

Franck, L. S., Gay, C. L., Hoffmann, T. J., Kriz, R. M., Bisgaard, R., Cormier, D. M., … Sun, Y. (2022). Neonatal outcomes from a quasi-experimental clinical trial of Family Integrated Care versus Family-Centered Care for preterm infants in U.S. NICUs. *BMC Pediatrics, 22*(1), 674. https://doi.org/10.1186/s12887-022-03732-1

Franck, L. S., Gay, C. L., Hoffmann, T. J., Kriz, R. M., Bisgaard, R., Cormier, D. M., … Sun, Y. (2023). Maternal mental health after infant discharge: a quasi-experimental clinical trial of family integrated care versus family-centered care for preterm infants in U.S. NICUs. *BMC Pediatrics, 23*(1), 396. https://doi.org/10.1186/s12887-023-04211-x

Franck, L. S., & O'Brien, K. (2019). The evolution of family-centered care: From supporting parent-delivered interventions to a model of family integrated care. *Birth Defects Research, 111*(15), 1044-1059. https://doi.org/10.1002/bdr2.1521

He, J., Chen, N., He, Y., & Wang, Q. (2026). Summary of best evidence on parental involvement in neonatal intensive care units: integrating family-centered and family-integrated care models. *Global Health Action, 19*(1), 2653286. https://doi.org/10.1080/16549716.2026.2653286

He, S. W., Xiong, Y. E., Zhu, L. H., Lv, B., Gao, X. R., Xiong, H., … Latour, J. M. (2018). Impact of family integrated care on infants' clinical outcomes in two children's hospitals in China: a pre-post intervention study. *Italian Journal of Pediatrics, 44*(1), 65. https://doi.org/10.1186/s13052-018-0506-9

Hei, M., Gao, X., Li, Y., Gao, X., Li, Z., Xia, S., … Lee, S. K. (2021). Family Integrated Care for Preterm Infants in China: A Cluster Randomized Controlled Trial. *The Journal of Pediatrics, 228*, 36-43.e2. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2020.09.006

Hoeben, H., van Veenendaal, N. R., van Laerhoven, H., van den Heuvel, M. E. N., De Groof, F., van Kempen, A. A. M. W., … van der Schoor, S. R. D. (2026). Family Integrated Care in Single Family Rooms and Neonatal Outcomes in Preterm Infants: A Multicenter Cohort Study. *Neonatology, 123*(3), 267-275. https://doi.org/10.1159/000550228

Hounsome, N., Rabe, H., Turk, E., Saha, P., Ebrahimjee, F., Fernandez, R., … RISEinFAMILY Consortium European Union Msca-Rise-H (2026). Implementation of Family Integrated Care in the Neonatal Intensive Care Unit, University Hospitals Sussex, UK. *Children, 13*(2). https://doi.org/10.3390/children13020195

Kaur, P., Kainth, D., Verma, A., Sankar, M. J., Agarwal, R., Deorari, A. K., & Thukral, A. (2026). Utility of Protocolized Maternal Training for Transitioning Stable Preterm Neonates: A Prospective Cohort Study. *Indian Journal of Pediatrics, 93*(2), 188-190. https://doi.org/10.1007/s12098-025-05967-z

Kubicka, Z., Fiascone, J., Williams, D., Zahr, E., Ditzel, A., Perry, D., … Arzuaga, B. (2023). Implementing modified family integrated care in a U.S. neonatal intensive care unit: nursing perspectives and effects on parents. *Journal of Perinatology, 43*(4), 503-509. https://doi.org/10.1038/s41372-023-01601-y

Leake, N., Edney, S., Embleton, N., Berrington, J., & Rankin, J. (2025). Facilitators and barriers to the practice of neonatal family integrated care from the perspective of healthcare professionals: a systematic review. Archives of disease in childhood. *Fetal and Neonatal Edition, 110*(6), 549-555. https://doi.org/10.1136/archdischild-2024-327770

Li, Y., Gao, X. Y., Xiang, X. Y., Dai, H. M., Yang, L., Shoo K, M. Y., & Hei, M. (2016). [Effect of family integrate care on the development of preterm infants at 18 months of age]. *Zhonghua Er Ke Za Zhi, 54*(12), 902-907. https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2016.12.005

Liang, X., Miao, A., Zhang, W., Li, M., & Xing, Y. (2022). Effect of family integrated care on physical growth and language development of premature infants: a retrospective study. *Translational Pediatrics, 11*(6), 965-977. https://doi.org/10.21037/tp-22-210

Liu, R. L., Zhan, S. Z., Guo, X. P., Wang, Y. K., Li, C. Y., Yang, L., & Wang, X. J. (2026). Effectiveness of Family Integrated Care for Preterm Infants and Their Parents in Neonatal Intensive Care Units: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Nursing in Critical Care, 31*(1), e70280. https://doi.org/10.1111/nicc.70280

Lv, B., Gao, X. R., Sun, J., Li, T. T., Liu, Z. Y., Zhu, L. H., & Latour, J. M. (2019). Family-Centered Care Improves Clinical Outcomes of Very-Low-Birth-Weight Infants: A Quasi-Experimental Study. *Frontiers in Pediatrics, 7*, 138. https://doi.org/10.3389/fped.2019.00138

McLean, M. A., Scoten, O. C., Yu, W., Ye, X. Y., Petrie, J., Church, P. T., … Grunau, R. E. (2022). Lower Maternal Chronic Physiological Stress and Better Child Behavior at 18 Months: Follow-Up of a Cluster Randomized Trial of Neonatal Intensive Care Unit Family Integrated Care. *The Journal of Pediatrics, 243*, 107-115.e4. https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.12.055

Moe, A. M., Brockway, M. L., McNeil, D. A., Afzal, A. R., & Benzies, K. M. (2024). Human milk feeding for moderate and late preterm infants at age 2 months: Insights from a cluster randomized controlled trial 2-month follow-up. *PEC Innovation, 5*, 100345. https://doi.org/10.1016/j.pecinn.2024.100345

Moe, A. M., Kurilova, J., Afzal, A. R., & Benzies, K. M. (2022). Effects of Alberta Family Integrated Care (FICare) on Preterm Infant Development: Two Studies at 2 Months and between 6 and 24 Months Corrected Age. *Journal of Clinical Medicine, 11*(6). https://doi.org/10.3390/jcm11061684

Moreno-Sanz, B., Antón, M., Montes, M. T., Cabrera-Lafuente, M., Losantos-García, I., & Pellicer, A. (2025). Short and mid-term neonatal outcomes in high-risk infants undergoing FICare: a case control study. *Pediatric Research, 97*(1), 286-292. https://doi.org/10.1038/s41390-024-03307-z

Murdoch, J., Hauck, Y., Aydon, L., Sharp, M., & Zimmer, M. (2021). When can I hold my baby? An audit of time to first cuddle for preterm babies (<32 weeks) pre introduction and post introduction of a Family-Integrated Care model. *Journal of Clinical Nursing, 30*(23-24), 3481-3492. https://doi.org/10.1111/jocn.15850

Murphy, M., Shah, V., & Benzies, K. (2021). Effectiveness of Alberta Family-Integrated Care on Neonatal Outcomes: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine, 10*(24). https://doi.org/10.3390/jcm10245871

O'Brien, K., Bracht, M., Macdonell, K., McBride, T., Robson, K., O'Leary, L., … Lee, S. K. (2013). A pilot cohort analytic study of Family Integrated Care in a Canadian neonatal intensive care unit. *BMC Pregnancy and Childbirth, 13 Suppl 1(Suppl 1)*, S12. https://doi.org/10.1186/1471-2393-13-S1-S12

O'Brien, K., Robson, K., Bracht, M., Cruz, M., Lui, K., Alvaro, R., … FICare Study Group and FICare Parent Advisory Board (2018). Effectiveness of Family Integrated Care in neonatal intensive care units on infant and parent outcomes: a multicentre, multinational, cluster-randomised controlled trial. The Lancet. *Child & Adolescent Health, 2*(4), 245-254. https://doi.org/10.1016/S2352-4642(18)30039-7

Ohuma, E. O., Moller, A. B., Bradley, E., Chakwera, S., Hussain-Alkhateeb, L., Lewin, A., … Moran, A. C. (2023). National, regional, and global estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis. *The Lancet, 402*(10409), 1261-1271. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)00878-4

Perin, J., Mulick, A., Yeung, D., Villavicencio, F., Lopez, G., Strong, K. L., … Liu, L. (2022). Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000-19: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable Development Goals. The Lancet. *Child & Adolescent Health, 6*(2), 106-115. https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00311-4

Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., … Khalil, H. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBI Evidence Synthesis, 18*(10), 2119-2126. https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167

Pillai, A., Pournami, F., Prabhakar, J., Nair, P., & Jain, N. (2022). Effect of Early Parent Participation Program on Physiological Stability in Preterm Infants: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Perinatology, 39*(16), 1796-1804. https://doi.org/10.1055/s-0041-1726126

Shen, F., Wu, X., Chen, X. L., Rong, H., & Yang, Y. (2024). Family Integrated Care Shortens the Duration of Home Oxygen Therapy in Infants With Bronchopulmonary Dysplasia. *Advances in Neonatal Care, 24*(1), 27-34. https://doi.org/10.1097/ANC.0000000000001119

Synnes, A. R., Petrie, J., Grunau, R. E., Church, P., Kelly, E., Moddemann, D., … Canadian Neonatal Follow-Up Network Investigators (2022). Family integrated care: very preterm neurodevelopmental outcomes at 18 months. Archives of disease in childhood. *Fetal and Neonatal Edition, 107*(1), 76-81. https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-321055

Tiryaki, Ö., Çınar, N., & Caner, İ. (2024). The effect of family integrated care on preparing parents with premature infants hospitalized in the neonatal intensive care unit for discharge. *Journal of Perinatology, 44*(7), 1014-1021. https://doi.org/10.1038/s41372-024-01931-5

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., … Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine, 169*(7), 467-473. https://doi.org/10.7326/M18-0850

van Veenendaal, N. R., van der Schoor, S. R. D., Broekman, B. F. P., de Groof, F., van Laerhoven, H., van den Heuvel, M. E. N., … van Kempen, A. A. M. W. (2022a). Association of a Family Integrated Care Model With Paternal Mental Health Outcomes During Neonatal Hospitalization. *JAMA Network Open, 5*(1), e2144720. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.44720

van Veenendaal, N. R., van der Schoor, S. R. D., Heideman, W. H., Rijnhart, J. J. M., Heymans, M. W., Twisk, J. W. R., … van Kempen, A. A. M. W. (2020a). Family integrated care in single family rooms for preterm infants and late-onset sepsis: a retrospective study and mediation analysis. *Pediatric Research, 88*(4), 593-600. https://doi.org/10.1038/s41390-020-0875-9

van Veenendaal, N. R., van Kempen, A. A. M. W., Broekman, B. F. P., de Groof, F., van Laerhoven, H., van den Heuvel, M. E. N., … van der Schoor, S. R. D. (2022b). Association of a Zero-Separation Neonatal Care Model With Stress in Mothers of Preterm Infants. *JAMA Network Open, 5*(3), e224514. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.4514

van Veenendaal, N. R., van Kempen, A. A. M. W., Franck, L. S., O'Brien, K., Limpens, J., van der Lee, J. H., … van der Schoor, S. R. D. (2020b). Hospitalising preterm infants in single family rooms versus open bay units: A systematic review and meta-analysis of impact on parents. *EClinicalMedicine, 23*, 100388. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100388

Verma, A., Maria, A., Pandey, R. M., Hans, C., Verma, A., & Sherwani, F. (2017). Family-Centered Care to Complement Care of Sick Newborns: A Randomized Controlled Trial. *Indian Pediatrics, 54*(6), 455-459. https://doi.org/10.1007/s13312-017-1047-9

Yeomans, E., Butler, A. E., Hunt, R. W., & Copnell, B. (2026). Interventions to enhance family centred care in the neonatal intensive care unit: A scoping review. *Intensive & Critical Care Nursing, 93*, 104313. https://doi.org/10.1016/j.iccn.2025.104313

Yu, X., & Zhang, J. (2019). Family-centred care for hospitalized preterm infants: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Practice, 25*(3), e12705. https://doi.org/10.1111/ijn.12705

Zhang, R., Huang, R. W., Gao, X. R., Peng, X. M., Zhu, L. H., Rangasamy, R., & Latour, J. M. (2018). Involvement of Parents in the Care of Preterm Infants: A Pilot Study Evaluating a Family-Centered Care Intervention in a Chinese Neonatal ICU. *Pediatric Critical Care Medicine, 19*(8), 741-747. https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001586

Zhang, Y., Jiang, M., Wang, S., Xiang, X., He, W., Du, J., & Hei, M. (2024). Effect of family integrated care on stress in mothers of preterm infants: A multicenter cluster randomized controlled trial. *Journal of Affective Disorders, 350*, 304-312. https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.01.102

Zhang, Y., Jiang, M., Xiang, X., He, W., Du, J., & Hei, M. (2023). Effect of Family Integrated Care on maternal stress in preterm infants in the Neonatal Intensive Care Unit: A bi-center experience. *Asia-Pacific Psychiatry, 15*(1), e12521. https://doi.org/10.1111/appy.12521

Zhang, Y., Wang, S., He, W., Zheng, X., Liu, Y., & Hei, M. (2026). Family integrated care to improve evidence-based practices for preterm infants in the neonatal intensive care unit: a meta-analysis and systematic review. *BMC Nursing, 25*(1), 140. https://doi.org/10.1186/s12912-026-04309-4

Zhu, Y., Jiang, Y., Hong, F., Song, L., & Yang, X. (2026). Psychological outcomes and discharge readiness of parents of preterm infants in China after family integrated care. *Frontiers in Pediatrics, 14*, 1653759. https://doi.org/10.3389/fped.2026.1653759

AFET DÖNEMLERİNDE BELİRSİZLİK VE KESİNLİK ARAYIŞI: BİLİŞSEL KAPALILIK İHTİYACI ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME

Doç. Dr. Betül Dilara ŞEKER[1]

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Psikoloji Bölümü, Sosyal Psikoloji Anabilim Dalı; dilaraseker@yyu.edu.tr; ORCID: 0000-0001-5914-5886

Özet

Afetler, bireylerin sınırlı, çelişkili ve hızla değişen bilgiler altında karar vermesini gerektiren yoğun belirsizlik ortamları yaratır. Bu koşullarda insanlar, belirsizliği azaltmak ve yaşananları anlamlandırmak amacıyla hızlı ve kesin açıklamalara yönelebilir. Bilişsel kapalılık ihtiyacı, belirsizliğe son verecek kesin bir yanıta ulaşma ve ulaşılan yargıyı sürdürme motivasyonunu ifade eder. İlgili kuramsal yaklaşım, bu motivasyonun mevcut bilgiye hızla tutunma ve sonrasında oluşturulan yargıyı koruma süreçleriyle ilişkili olduğunu ileri sürer. Bu kavramsal incelemenin amacı, bilişsel kapalılık ihtiyacının afet dönemlerinde bilgi arama, risk değerlendirme, karar verme ve toplumsal tepkilerle olası ilişkilerini tartışmaktır. Afetlere ilişkin çalışmalar, yüksek bilgi gereksinimi, duygusal yoğunluk ve kurumsal iletişimdeki boşlukların yanlış bilginin yayılmasına elverişli koşullar oluşturabildiğine işaret etmektedir. Bu bağlamda yüksek bilişsel kapalılık ihtiyacının, başlangıçta sunulan açıklamaların yeterince sorgulanmadan benimsenmesi, çelişkili bilgilerin dikkate alınmaması ve sorumluluğun belirli kişi ya da gruplara yüklenmesi gibi eğilimlerle ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir. Buna karşılık, güvenilir, tutarlı ve zamanında bilgi sunulduğunda kesinlik arayışının koruyucu yönergelerin benimsenmesini ve hızlı karar vermeyi desteklemesi de mümkündür. Sonuç olarak bilişsel kapalılık ihtiyacı, afet bağlamında yalnızca olumsuz sonuçlar doğuran sabit bir bireysel özellik olarak ele alınmamalıdır. Olası etkilerinin bilginin güvenilirliği, iletişimin açıklığı ve kurumsal güven gibi koşullarla birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu kavramsal tartışma, afet iletişiminde belirsizliğin yönetilmesine ve psikososyal destek uygulamalarının geliştirilmesine yönelik araştırma soruları ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Afet psikolojisi, bilişsel kapalılık ihtiyacı, belirsizlik, bilgi işleme, afet iletişimi

UNCERTAINTY AND THE SEARCH FOR CERTAINTY DURING DISASTERS: A CONCEPTUAL REVIEW OF THE NEED FOR COGNITIVE CLOSURE

Assoc. Prof. Dr. Betül Dilara ŞEKER[1]

[1]Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Letters, Department of Psychology, Division of Social Psychology; dilaraseker@yyu.edu.tr; ORCID: 0000-0001-5914-5886

Abstract

Disasters create conditions of heightened uncertainty in which individuals must make decisions using limited, conflicting, and rapidly changing information. In such circumstances, people may seek prompt and definitive explanations to reduce ambiguity and make sense of events. The need for cognitive closure refers to the motivation to arrive at a definite answer and maintain the judgment once formed. The relevant theoretical account associates this motivation with quickly seizing on available information and subsequently preserving an established judgment. This conceptual review examines the possible relevance of the need for cognitive closure to information seeking, risk appraisal, decision-making, and social responses during disasters. Disaster research suggests that high information demand, emotional distress, and gaps in institutional communication may create conditions conducive to the spread of misinformation. Within this context, a heightened need for cognitive closure may be associated with accepting early explanations without sufficient scrutiny, discounting conflicting evidence, and attributing responsibility to particular individuals or groups. Conversely, when reliable, consistent, and timely information is available, the search for certainty may also facilitate the adoption of protective guidance and timely decision-making. The need for cognitive closure should therefore not be understood solely as a stable individual characteristic with adverse consequences in disaster settings. Its potential implications warrant consideration alongside information quality, clarity of communication, and institutional trust. Rather than proposing or testing a new model, this review offers a conceptual discussion and identifies questions for future research on uncertainty management in disaster communication and psychosocial support.

Keywords: Disaster psychology, need for cognitive closure, uncertainty, information processing, disaster communication

GİRİŞ

Afetler, fiziksel yıkımın yanı sıra bireylerin dünyayı öngörülebilir ve anlamlı bir düzen olarak algılamasını sarsan yoğun belirsizlik dönemleridir (Park, 2016; Stein, 2004). Altyapının çökmesi, iletişimin kesilmesi ve olayların hızla değişmesi, afetzedeleri ve karar vericileri eksik, çelişkili ve sürekli güncellenen bilgilerle hareket etmeye zorlar (Hansson vd., 2020) bu belirsizlik teknik bir bilgi eksikliğinin ötesinde öznel ve yaşantısal olarak da deneyimlenir (Sword-Daniels vd., 2018). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra yakınlarının akıbetini bilemeyen bireylerin belirsiz kayıp deneyimleri (Güler & Albayrak, 2024) ve çelişkili haberlerin yarattığı bilgi salgını (Zeytun vd., 2026), bu yükü Türkiye bağlamında da görünür kılmıştır.

Anlamlandırma modeline göre temel inançları kapsayan genel anlam sistemi ile afetin yarattığı durumsal anlam arasındaki uyumsuzluk yoğun bir sıkıntı doğurur ve kişiyi bu uyumsuzluğu gidermeye yöneltir (Park, 2016). Kriz anlarında anlamlandırma, kapsamlı veri bütünleştirmesinden çok makul görünen açıklamalar üzerinden ilerler (Christianson & Barton, 2021) afetin ilk evresinde belirsizliğe katlanabilme kapasitesi ise erken ve hatalı anlamlandırmaları önlemede belirleyicidir (Stein, 2004). Bilişsel kapalılık ihtiyacı kavramı, bu kesinlik arayışını açıklamak için güçlü bir çerçeve sunar.

Kavram Türkçe literatürde "bilişsel kapalılık ihtiyacı" (Şeker & Akman, 2015) ve "(bilişsel) tamamlanma ihtiyacı" (Atak vd., 2017) gibi farklı karşılıklarla kullanılmaktadır. Bu çalışmada ölçeğin Türkçe uyarlamasında kullanılan "bilişsel kapalılık ihtiyacı" terimi tercih edilmiştir.

Bu kavramsal incelemede sosyal psikoloji, afet çalışmaları ve risk iletişimi literatürleri bir araya getirilerek bilişsel kapalılık ihtiyacının afet dönemlerinde bilgi arama, risk değerlendirme, karar verme ve toplumsal tepkilerle olası ilişkileri tartışılmaktadır. Temel savunu, bu ihtiyacın bilgi ortamının niteliğine göre farklı sonuçlara yönelebilen bir motivasyon olarak ele alınması gerektiğidir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE: BİLİŞSEL KAPALILIK İHTİYACI

1.1. Tanım ve Temel Süreçler

Bilişsel kapalılık ihtiyacı, Kruglanski ve arkadaşlarının güdülenmiş sosyal biliş yaklaşımı içinde geliştirilmiş bir soruya "herhangi bir" kesin yanıt edinme, belirsizlikten kaçınma ve ulaşılan yargıyı sürdürme motivasyonu olarak tanımlanmıştır. Vurgu, yanıtın içeriğinden çok yanıtsız kalmanın yarattığı rahatsızlığın sona erdirilmesidir (Kruglanski & Webster, 1996; Webster & Kruglanski, 1994). Motivasyonun gücü, kapalılığın algılanan yararları ile belirsizliğin algılanan maliyetleri arasındaki dengeye bağlıdır (Webster & Kruglanski, 1997).

Kuram bu motivasyonun bilgi işlemeye iki yansımasını tanımlar. Kapalılığa en kısa sürede ulaşma isteği (aciliyet), o an erişilebilir ilk ipuçlarına tutunma biçiminde ortaya çıktığı için "yakalama" (seizing), ulaşılan yargıyı olabildiğince uzun süre koruma isteği (kalıcılık) ise yargının yeni ya da çelişkili bilgilere kapatılması anlamında "dondurma" (freezing) olarak adlandırılır (Kruglanski & Webster, 1996). Yakalama evresinde birey daha az hipotez üretip eldeki şemalara dayanırken dondurma evresinde karşı kanıtlara direnç artar (Webster & Kruglanski, 1997).

Bireysel farklılıkları ölçen ölçek düzen tercihi, öngörülebilirlik tercihi, kararlılık, belirsizlikten rahatsızlık ve kapalı fikirlilik boyutlarını içerir (Webster & Kruglanski, 1994). Kararlılık boyutunun kapalılık ihtiyacından çok kapalılığa ulaşma yeteneğini yansıttığı gösterilmiştir (Roets & Van Hiel, 2007). Bu ayrım afet bağlamında önemlidir. Kesinliğe güçlü bir ihtiyaç duyan ancak buna ulaşma becerisi sınırlı bireyler, bilgi kaosunda en fazla sıkıntı yaşayan grup olabilir.

1.2. Durumsal Doğa ve Araçsal Esneklik

Bilişsel kapalılık ihtiyacı süreğen bir özellik olduğu kadar durumsal olarak da yükselebilen bir motivasyondur. Zaman baskısı, gürültü ve yorgunluğun bu ihtiyacı artırdığı deneysel olarak gösterilmiş (Kruglanski & Webster,

1996) pandemide algılanan riskin (Sachdeva, 2022) ve ekolojik tehdit kaygısının (Contu vd., 2024) da kapalılık ihtiyacıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Afetler bu koşulları bir arada barındırdığından, afetzedelerdeki kesinlik arayışını kişisel bir kusur olarak yorumlamak yanıltıcı olabilir. Afet sonrası ölçülen puanların durumsal yükselmeyi de yansıtabileceği yöntemsel olarak dikkate alınmalıdır.

Kavram yüzeysel bilgi işlemeyle de eş tutulmamalıdır. Temel hedef kesinliğe ulaşmaktır, strateji ise bu hedefe ne ölçüde hizmet ettiğine göre seçilir (Kossowska vd., 2018). Kesinliğe yalnızca çaba gerektiren yollarla ulaşılabildiğinde kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler yoğun bilişsel çabaya da yönelebilir (Sankaran vd., 2017). Bu ihtiyaç ayrıca stresli durumlarda başvurulan başa çıkma stratejileriyle ilişkilidir (Kosic, 2002) ve yaşamı etkileyen büyük olaylara verilen duygusal tepkileri yoğunlaştırır (Cha vd., 2024). Dolayısıyla kapalılık ihtiyacı yüksek afetzedeler, belirsizliğin uzadığı dönemlerde hem bilişsel hem de duygusal açıdan daha fazla yük taşıyabilir.

2. AFETLERDE BİLGİ GEREKSİNİMİ VE BİLGİ ARAMA

Afet dönemlerinde bilgi aşırı yüklenmesi ile yerel ve eyleme dönük bilgi kıtlığı çoğu zaman eşzamanlı yaşanır (Muhammed T & Mathew, 2022). Bilginin miktarı kadar tutarlılığı da belirleyicidir: Kasırga tahliyelerinde hanelerin algıladığı belirsizlik, bilgi miktarından çok kaynaklar arası tutarlılıkla ilişkili bulunmuştur (Lee vd., 2021). Altyapı kesintileri, kurumlara güvensizlik ve sınırlı bilgi okuryazarlığı ise bireyleri resmî olmayan kanallara yönelterek iletişime bağlı kırılganlığı artırabilir (Hansson vd., 2020). Risk algısı bilgi aramayı tetikler (Gong vd., 2026), ancak aramanın niceliği ve niteliği bireyden bireye değişir.

Kapalılık ihtiyacı burada iki olasılığa işaret eder. Birincisinde arama erken sonlanır, kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler belirsiz koşullarda daha az bilgi edinir ve erişilebilir ilk açıklamada durur (Van Hiel & Mervielde, 2002). İkincisinde yeterli dayanak yoksa arama yoğunlaşır. Önceden deneyim bulunmadığında yoğun bir bilgi taramasına girilebilir (Sachdeva, 2022), karar kuralı sunulmadığında arama uzar, kural sunulduğunda ise davranış hızla bu kurala hizalanır (Jaśko vd., 2015). Dolayısıyla belirleyici olan, ilk erişilebilir ve tatmin edici açıklamanın niteliğidir. Resmî kanallardan yerel ve yönlendirici bilgi gelmediğinde bireyler akran paylaşımlarına yönelmekte (Enyinnaya vd., 2026), yanlış bilgiye maruz kalmak da sezgisel kestirmeleri öne çıkarabilmektedir (Kim vd., 2020). İlk ulaşılan açıklama doğrulanmamış bir söylentiyse yakalama eğilimi onu hızla benimsetebilir, dondurma eğilimi de düzeltmelere karşı koruyabilir.

Bilgi aramanın sosyal ve kültürel bir yönü de vardır. Belirsizlik hissi uyandırıldığında kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler kendilerine benzeyenlerle etkileşimi tercih etmekte ve daha az çeşitli sosyal ağlara sahip olmaktadır (Growiec & Szumowska, 2026), bu eğilim afette homojen bilgi çevrelerine kapanmaya yol açabilir. Olgusal bilginin bulunmadığı evrelerde dinî ve kültürel çerçeveler de güçlü bir kapalılık kaynağı olabilir. Kahramanmaraş depremleri sonrasında belirsizliğe tahammülsüzlüğün dinî başa çıkma ve Tanrı algısıyla ilişkili bulunması bu açıdan dikkat çekicidir (Demir & Kartopu, 2026).

3. RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE KARAR VERME

Kapalılık ihtiyacı risk değerlendirmesine iki farklı yoldan karışabilir. Birinci yol belirsizlikten rahatsızlık üzerinden işler. Kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler tehdit karşısında daha yüksek stres ve kaygı yaşayabilir (White, 2022), risk almaktan kaçınır ve kesin, yakın kazanımları tercih eder (Schumpe vd., 2017). Afet bağlamında bu eğilim, riskli davranışlardan kaçınma biçiminde koruyucu bir işlev görebilir.

İkinci yol dondurma eğilimi üzerinden ters yönde işleyebilir. Tehlike geçti, yargısına varıldığında yeni tehlike sinyalleri daha az işlenir. Sel riskine ilişkin bir çalışmada belirsizliğin yok sayılması sahte bir güven duygusu yaratarak hazırlık davranışlarını zayıflatmıştır (Höllermann & Heidenreich, 2025). Kapalılık ihtiyacı yüksek bireylerin belirsizlik düzeyi değiştiğinde kararlarını güncellemekte zorlanması (Disatnik & Steinhart, 2015) da artçı sarsıntı uyarıları gibi değişen risk bilgileri açısından önemlidir. Dolayısıyla kapalılık ihtiyacı risk algısını

tek yönde değiştirmez. Belirleyici olan, bireyin ilk aşamada ulaştığı risk çerçevesidir. Bu da erken evrede risk iletişiminin zamanlamasını kritik kılar.

Zaman baskısı altında aciliyet eğilimi gecikmeyi azaltabilir. Kapalılık ihtiyacı yüksek bireylerin karar örüntüsü zaman baskısında daha istikrarlı kalmakta (Zhang vd., 2025), net bir strateji bulunduğunda daha erken karar vermekte (Jaśko vd., 2015) ve tekrarlanacak kararlar beklendiğinde başlangıçta daha fazla çaba harcayarak sonraki kararları kolaylaştırmaktadır (Otto vd., 2022). Bu da hazırlık planlarının ve tatbikatların işlevini düşündürür. Ancak kriz karar vericilerinde gözlenen ilk bilgiye demirlenme ve doğrulama yanlılığı (Paulus vd., 2022), yakalama ve dondurma eğilimleriyle kuramsal olarak örtüşür. Grup düzeyinde kapalılık ihtiyacı, fikir birliği baskısını, otokratik liderlik tercihini ve farklı görüşlerin dışlanmasını içeren grup merkezciliği artırır (Kruglanski vd., 2006). Bu durum kriz masalarında net bir komuta yapısını kolaylaştırırken sahadan gelen aykırı sinyallerin göz ardı edilmesi riskini taşır.

4. YANLIŞ BİLGİ VE SORUMLULUK YÜKLEME

4.1. Yanlış Bilginin Yayılma Zeminleri

Afet araştırmaları, yanlış bilginin yüksek bilgi gereksinimi, duygusal yoğunluk ve kurumsal iletişimdeki boşlukların bir araya geldiği koşullarda yayıldığını göstermektedir (Muhammed T & Mathew, 2022). Doğrulanmış bilgi boşluğu söylentilerle dolar yanlış bilgi ve düzeltmeleri mekânsal ve sosyal yakınlık ile duygu bulaşımı üzerinden yayılır (Zhai vd., 2024). Bu nedenle düzeltici bilginin yanlış bilgiyle aynı sosyal kanallardan iletilmesi gerekir. Kapalılık ihtiyacı açısından asıl sorun, yanlış bilginin çoğu zaman resmî bilgiden önce ve daha kesin bir dille ortaya çıkmasıdır. Bu ortamda yüksek kapalılık ihtiyacının üç eğilimle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

4.2. Sorgulamadan Benimseme ve Çelişkili Bilgileri Dışlama

İlk eğilim, başlangıçta sunulan açıklamaların sorgulanmadan benimsenmesidir. Kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler, resmî bir açıklama bulunmadığında durumsal olarak belirgin komplo açıklamasını daha fazla benimsemektedir (Marchlewska vd., 2018) bu açıklamalar karmaşık olayları niyetli bir faile bağlayan basit ve kapalı bir anlatı sunar. İkinci eğilim, dondurma süreciyle ilişkili olarak çelişkili bilgilerin dışlanmasıdır. Bu bireyler kalıpyargılarla tutarlı bilgiyi daha iyi hatırlamakta (Dijksterhuis vd., 1996) ve düzeltici geri bildirimlere rağmen ilk güven yargılarını korumaktadır (Acar-Burkay vd., 2014) bu da erken yayılan bir söylentinin resmî düzeltmelere rağmen neden kalıcı olabildiğini açıklar. Yine de ilişki deterministik değildir bazı koşullarda beklenen kapalı fikirlilik gözlenmemiştir (Kemmelmeier, 2015).

4.3. Sorumluluk Yükleme

Üçüncü eğilim, sorumluluğun belirli kişi ya da gruplara yüklenmesidir. Afetler yapısal, teknik ve yönetsel etkenlerin etkileşimiyle ortaya çıkar ve bu karmaşıklığı kavramak kesinlik arayan bir zihin için maliyetlidir. Kapalılık ihtiyacı davranışları koşullardan çok kişilerin içsel özelliklerine atfetme eğilimini artırmakta (Webster, 1993), belirsizliğin belirginleşmesi de kapalılık ihtiyacı yüksek bireylerde dış gruplara yönelik ayrımcılığı artırmaktadır (Brizi vd., 2016). Afet sonrasında sistemik nedenler yerine tekil kişilerin ya da grupların suçlanması bu çerçevede değerlendirilebilir bu tür atıflar hızlı ve kesin bir açıklama sunar, ancak afet riskinin yapısal kaynaklarına yönelik kamusal tartışmayı daraltabilir. Bu ilişkileri afet bağlamında doğrudan sınayan çalışmalar sınırlı olduğundan, buradaki çıkarımlar kuramsal olasılıklardır.

5. KESİNLİK ARAYIŞININ KORUYUCU YÖNÜ

5.1. Uyum Sağlayıcı İşlev

Kapalılık arayan birey belirli bir içeriğe değil, belirsizliği sona erdiren bir yanıta yöneldiğinden (Kruglanski & Webster, 1996) belirleyici soru, hangi yanıtın ilk ve en güvenilir biçimde sunulduğudur. Güvenilir ve zamanında

bir açıklama varsa yakalama eğilimi bu açıklamanın hızla benimsenmesini, dondurma eğilimi de yanıltıcı içeriklere karşı korunmasını sağlayabilir. Nitekim resmî ve net bir açıklama sunulduğunda kapalılık ihtiyacının komplo açıklamalarını benimsemeyle ilişkisi ortadan kalkmaktadır (Marchlewska vd., 2018). COVID-19 salgınının başında kapalılık ihtiyacı kaygıyla ilişkili olmakla birlikte halk sağlığı önlemlerine uyumu da yordamış (Lauriola vd., 2025) alt boyutların ruh sağlığıyla farklı yönlerde ilişkilenmesi de düzen ve yapı arayışının krizde düzenleyici bir işlev görebileceğini düşündürmüştür (Bassi vd., 2023). Kapalılık ihtiyacının tehdit altında grupla özdeşleşmenin artmasını engellememesi (Till vd., 2025), kesinlik arayışının dayanışmayla bir arada var olabileceğini göstermektedir.

5.2. Düzenleyici Koşullar

Kesinlik arayışının hangi yöne işleyeceğini üç koşul belirler. Birincisi bilginin güvenilirliği ve niteliğidir. Bilgiye ve kaynağa duyulan güven doğal tehlikelere karşı bireysel dayanıklılığı desteklerken (Nicholas vd., 2026), daha az güvenilir kaynaklara bağımlılık hazırlık davranışlarının zayıflamasıyla ilişkilidir (Lachlan vd., 2025). Acil durum uyarılarında tehlikenin açıkça adlandırılması da koruyucu eylem kararlarını güçlendirmektedir (Olson vd., 2025). Bu bulgular, kesinlik arayan bireyler için soyut risk bilgisinden çok somut ve eyleme dönük mesajların işlevsel olduğunu düşündürmektedir.

İkincisi iletişimin açıklığıdır. İletişim şeffaflığı ve kurumsal güven koruyucu davranışları olumlu etkiler (Lee & Li, 2021). Şeffaflık belirsizliği gizlemek değil dürüstçe paylaşmaktır neyin bilinip neyin bilinmediğinin açıkça ifade edilmesi güveni koruyabilir (Liu vd., 2016). Belirsizlik içeren mesajlar kesinlik arayan bireyleri rahatsız edebilir ancak belirsizliğin hiç paylaşılmaması, sonradan değişen bilgilerin güveni sarsmasına yol açar. Etkili iletişim bu nedenle belirsizliği kabul ederken net eylem yönergeleri sunmalıdır.

Üçüncüsü ve belki en belirleyici olanı kurumsal güvendir. Hükümete duyulan güvenin kapalılık ihtiyacı ile salgın önlemlerine uyum arasındaki ilişkide aracı rol oynadığı (Wang vd., 2023), kapalılık ihtiyacının komplo inançlarını sınırlı düzeyde yordadığı bir panel çalışmasında ise siyasal güvenin çok daha güçlü bir belirleyici olduğu bildirilmiştir (Jedinger & Masch, 2025). Kapalılık ihtiyacı yüksek bireyler kesinlik sağlayan epistemik otoritelere daha fazla bağlanır (Kruglanski vd., 2006) kurumlar bu otorite olarak algılandığında bağlanma resmî yönergelere, algılanmadığında alternatif anlatılara yönelir. Topluluk güveninin afet hazırlığındaki rolü (Paton, 2007) ve kriz iletişiminden duyulan memnuniyetin güveni artırması (Abdelzadeh & Sedelius, 2024), bu güvenin afet öncesinde oluşturulması gereken bir sermaye olduğunu göstermektedir.

6. TARTIŞMA

İncelenen bulgular, bilişsel kapalılık ihtiyacının afet bağlamında çift yönlü bir potansiyel taşıdığını göstermektedir: Aynı motivasyonel düzenek, bilgi ortamının niteliğine göre birbirinden oldukça farklı sonuçlara yönelebilir (Tablo 1). Üç koşul birbirinden bağımsız değildir güvenilir bilgi ancak açık bir dille ve güvenilen bir kaynaktan iletildiğinde kesinlik arayışını resmî yönergelere yönlendirebilir. Sorun kesinlik arayışının kendisinden çok bu arayışın boşta bırakılmasıdır.

Tablo 1. Bilgi ortamının niteliğine göre bilişsel kapalılık ihtiyacının olası sonuçları

Alan	Güvenilir, tutarlı ve zamanında bilgi ortamı	Belirsiz, çelişkili ve düşük güvenli bilgi ortamı
Bilgi arama	Resmî kaynakta hızla kapalılığa ulaşma	İlk erişilebilir söylentiye tutunma, homojen ağlara kapanma
Risk değerlendirme	Riskten kaçınmanın koruyucu seçimleri desteklemesi	Sahte güven ya da aşırı kaygı, değişen riskin güncellenmemesi
Karar verme	Net kurala hızlı hizalanma, istikrarlı karar	Erken kilitlenme, demirlenme ve doğrulama yanlılığı
Toplumsal tepkiler	Koruyucu yönergelere uyum, eşgüdümlü kolektif eylem	Sorumluluğun kişi ya da gruplara yüklenmesi, kutuplaşma

Not. Tablo, incelenen literatüre dayalı kavramsal bir özettir, afet bağlamında ampirik olarak sınanması gereken olasılıkları gösterir.

Afet iletişimi açısından üç çıkarım öne çıkmaktadır. İlk saatlerde bilgi boşluğu en aza indirilmeli ve doğrulanmış bilgi proaktif biçimde yayılmalıdır (Torpan vd., 2021). Kurumlar arası mesajlar tutarlı olmalıdır, çelişkili uyarılar kapalılık arayan bireyleri alternatif kaynaklara yöneltebilir. Söylentilere ise dondurma eğilimi devreye girmeden, erken ve güvenilir kaynaklardan yanıt verilmelidir (Van der Meer & Jin, 2020). Doğru bilgi sunumu, ruh sağlığı ve psikososyal destek kılavuzlarının (Dückers vd., 2022) ve psikolojik ilk yardımın (Everly & Lating, 2021) temel bileşenlerindendir ve kapalılık ihtiyacını güvenli biçimde karşılayan bir müdahale olarak da görülebilir. Kahramanmaraş depremleri sonrasında bu hizmetlerin zorlu koşullarda yürütüldüğü (Albayrak vd., 2026) ve müdahalelerin kim için, hangi koşulda etkili olduğunun sınanması gerektiği (Tol vd., 2023) göz önünde bulundurulmalıdır.

Gelecek araştırmalar, kapalılık ihtiyacının bilgi kaynağı tercihi ve söylentileri benimsemeyle ilişkisinin kurumsal güvene göre nasıl farklılaştığını, belirsizliği kabul eden ancak net yönerge sunan mesajlar ile düzeltmelerin zamanlamasının bu ilişkiyi nasıl değiştirdiğini, sorumluluk atfının hedeflerini ve bilgi ihtiyacını duygu düzenlemeyle birlikte ele alan müdahalelerin etkililiğini incelemelidir. Bu sorular afet öncesi ölçümleri içeren boylamsal desenler, senaryo temelli deneyler ve farklı afet türleri ile kültürel bağlamlarda karşılaştırmalar gerektirmektedir. Mevcut bulguların önemli bir bölümü pandemi bağlamından geldiğinden, ani başlangıçlı afetlere genellemede temkinli olunmalıdır.

7. SONUÇ

Bu incelemede bilişsel kapalılık ihtiyacının, yakalama ve dondurma süreçleri üzerinden afet dönemlerinde bilgi arama, risk değerlendirme, karar verme ve toplumsal tepkilerle ilişkili olabileceği tartışılmıştır. Bilgi boşluğu ve düşük güven koşullarında bu motivasyon erken açıklamaların sorgulanmadan benimsenmesi, çelişkili bilgilerin dışlanması ve sorumluluğun belirli kişi ya da gruplara yüklenmesiyle, güvenilir, tutarlı ve zamanında bilgi sunulduğunda ise koruyucu yönergelerin benimsenmesi ve hızlı karar vermeyle ilişkili olabilir. Dolayısıyla afet iletişimi ve psikososyal destek için temel ilke, kesinlik ihtiyacını bastırmak değil, onu doğru, tutarlı ve zamanında bilgiyle karşılamaktır, kurumsal güvenin afet öncesinde inşa edilmesi, belirsizliğin dürüstçe paylaşılması ve bilgi sunumunun duygusal destekle bütünleştirilmesi bu ilkenin bileşenleridir. Ortaya konan çıkarımlar kuramsal olasılıklardır ve Türkiye gibi afet riski yüksek toplumlarda ampirik olarak sınanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdelzadeh, A., & Sedelius, T. (2024). Building trust in times of crisis: A panel study of the influence of satisfaction with COVID-19 communication and management. *Journal of Contingencies and Crisis Management, 32*(1), e12531. https://doi.org/10.1111/1468-5973.12531

Acar-Burkay, S., Fennis, B. M., & Warlop, L. (2014). Trusting others: The polarization effect of need for closure. *Journal of Personality and Social Psychology, 107*(4), 719–735. https://doi.org/10.1037/a0037022

Albayrak, H., Selçuk, O., Güzel, B., & Kelebek-Küçükarslan, G. (2026). Struggles in providing psychosocial support services to survivors of the Kahramanmaraş earthquakes from professionals' experiences. *European Journal of Psychotraumatology, 17*(1), 2685932. https://doi.org/10.1080/20008066.2026.2685932

Atak, H., Syed, M., & Çok, F. (2017). Tamamlanma İhtiyacı Ölçeği-Kısa Formu'nun Türk üniversite öğrencilerinde psikometrik özelliklerinin incelenmesi. *Nöropsikiyatri Arşivi, 54*(2), 175–182.

Bassi, M., Mangialavori, S., & Delle Fave, A. (2023). Need for cognitive closure and positive mental health among Italian university students during the COVID-19 pandemic: A multi-level analysis. *Personality and Individual Differences, 214*, 112326. https://doi.org/10.1016/j.paid.2023.112326

Brizi, A., Mannetti, L., & Kruglanski, A. W. (2016). The closing of open minds: Need for closure moderates the impact of uncertainty salience on outgroup discrimination. *British Journal of Social Psychology, 55*(2), 244–262. https://doi.org/10.1111/bjso.12131

Cha, S. E., Ku, X., Lee, S. S., & Choi, I. (2024). Seizing and freezing to life outcomes: Need for cognitive closure intensifies affective reactions to major events. *Motivation and Emotion, 48*(2), 155–169. https://doi.org/10.1007/s11031-024-10058-1

Christianson, M. K., & Barton, M. A. (2021). Sensemaking in the time of COVID-19. *Journal of Management Studies, 58*(2), 572–576. https://doi.org/10.1111/joms.12658

Contu, F., Ellenberg, M., Kruglanski, A. W., Pantaleo, G., & Pierro, A. (2024). Need for cognitive closure and desire for cultural tightness mediate the effect of concern about ecological threats on the need for strong leadership. *Current Psychology, 43*(13), 11458–11469. https://doi.org/10.1007/s12144-023-05260-2

Demir, M., & Kartopu, S. (2026). Belirsizliğe tahammülsüzlük ekseninde dinî başa çıkma ve Tanrı algısı: Kahramanmaraş depremleri sonrası bir inceleme. *Eskiyeni*, (63), 1117–1147. https://doi.org/10.37697/eskiyeni.1928388

Dijksterhuis, A., van Knippenberg, A., Kruglanski, A. W., & Schaper, C. (1996). Motivated social cognition: Need for closure effects on memory and judgment. *Journal of Experimental Social Psychology, 32*(3), 254–270. https://doi.org/10.1006/jesp.1996.0012

Disatnik, D., & Steinhart, Y. (2015). Need for cognitive closure, risk aversion, uncertainty changes, and their effects on investment decisions. *Journal of Marketing Research, 52*(3), 349–359. https://doi.org/10.1509/jmr.13.0529

Dückers, M., van Hoof, W., Willems, A., & te Brake, H. (2022). Appraising evidence-based mental health and psychosocial support (MHPSS) guidelines—Part II: A content analysis with implications for disaster risk reduction. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(13), 7798. https://doi.org/10.3390/ijerph19137798

Enyinnaya, J. C., Kelp, N. C., Anderson, A. A., Ferrell, T., & Cagle, S. M. (2026). Examining quality information flow in rural communities during disasters: Findings from community leaders in emergency response. *Journal of Risk Research, 29*(3), 376–390. https://doi.org/10.1080/13669877.2026.2636965

Everly, G. S., Jr., & Lating, J. M. (2021). Psychological first aid (PFA) and disasters. *International Review of Psychiatry, 33*(8), 718–727. https://doi.org/10.1080/09540261.2021.2016661

Gong, W., Li, Z., & Tang, J. (2026). Impact of risk perception on emergency information seeking behavior: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology, 16*, 1646584. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1646584

Growiec, K., & Szumowska, E. (2026). Need for cognitive closure predicts preference for similar others and reduced diversity in social networks. *Scientific Reports, 16*, 5582. https://doi.org/10.1038/s41598-026-36288-6

Güler, K. G., & Albayrak, E. (2024). Goodbyes without farewells under the rubble: A phenomenological study of earthquake victims' methods of coping with ambiguous loss. *International Journal of Social Psychiatry, 70*(6), 1093–1107. https://doi.org/10.1177/00207640241255569

Hansson, S., Orru, K., Siibak, A., Bäck, A., Krüger, M., Gabel, F., & Morsut, C. (2020). Communication-related vulnerability to disasters: A heuristic framework. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 51*, 101931. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101931

Höllermann, B., & Heidenreich, A. (2025). Certainly uncertain: The role of uncertainty perception for flood risk preparedness and response. *Natural Hazards, 121*(18), 22027–22048. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07675-5

Jaśko, K., Czernatowicz-Kukuczka, A., Kossowska, M., & Czarna, A. Z. (2015). Individual differences in response to uncertainty and decision making: The role of behavioral inhibition system and need for closure. *Motivation and Emotion, 39*(4), 541–552. https://doi.org/10.1007/s11031-015-9478-x

Jedinger, A., & Masch, L. (2025). Need for cognitive closure, political trust, and belief in conspiracy theories during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Social Psychology, 2*, 1447313. https://doi.org/10.3389/frsps.2024.1447313

Kemmelmeier, M. (2015). The closed-mindedness that wasn't: Need for structure and expectancy-inconsistent information. *Frontiers in Psychology, 6*, 896. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00896

Kim, H. K., Ahn, J., Atkinson, L., & Kahlor, L. A. (2020). Effects of COVID-19 misinformation on information seeking, avoidance, and processing: A multicountry comparative study. *Science Communication, 42*(5), 586–615. https://doi.org/10.1177/1075547020959670

Kosic, A. (2002). Need for cognitive closure and coping strategies. *International Journal of Psychology, 37*(1), 35–43. https://doi.org/10.1080/00207590143000153

Kossowska, M., Szumowska, E., Dragon, P., Jaśko, K., & Kruglanski, A. W. (2018). Disparate roads to certainty processing strategy choices under need for closure. *European Review of Social Psychology, 29*(1), 161–211. https://doi.org/10.1080/10463283.2018.1493066

Kruglanski, A. W., Pierro, A., Mannetti, L., & De Grada, E. (2006). Groups as epistemic providers: Need for closure and the unfolding of group-centrism. *Psychological Review, 113*(1), 84–100. https://doi.org/10.1037/0033-295X.113.1.84

Kruglanski, A. W., & Webster, D. M. (1996). Motivated closing of the mind: "Seizing" and "freezing." *Psychological Review, 103*(2), 263–283. https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.2.263

Lachlan, K. A., DiCairano, J., & Ouimet, E. S. (2025). Not just who, but where: Examining weather risk information dependencies and preparation across location and social vulnerability. *Progress in Disaster Science, 28*, 100491. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2025.100491

Lauriola, M., Malerba, A., Savadori, L., & Rautu, A. (2025). How did personality traits shape reactions to uncertainty during the outbreak of the COVID-19 pandemic? *Psychological Reports*. Advance online publication. https://doi.org/10.1177/00332941251335597

Lee, S., Benedict, B. C., Ge, Y. G., Murray-Tuite, P., & Ukkusuri, S. V. (2021). An application of media and network multiplexity theory to the structure and perceptions of information environments in hurricane evacuation. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 72*(7), 885–900. https://doi.org/10.1002/asi.24456

Lee, Y., & Li, J.-Y. Q. (2021). The role of communication transparency and organizational trust in publics' perceptions, attitudes and social distancing behaviour: A case study of the COVID-19 outbreak. *Journal of Contingencies and Crisis Management, 29*(4), 368–384. https://doi.org/10.1111/1468-5973.12354

Liu, B. F., Bartz, L., & Duke, N. (2016). Communicating crisis uncertainty: A review of the knowledge gaps. *Public Relations Review, 42*(3), 479–487. https://doi.org/10.1016/j.pubrev.2016.03.003

Marchlewska, M., Cichocka, A., & Kossowska, M. (2018). Addicted to answers: Need for cognitive closure and the endorsement of conspiracy beliefs. *European Journal of Social Psychology, 48*(2), 109–117. https://doi.org/10.1002/ejsp.2308

Muhammed T, S., & Mathew, S. K. (2022). The disaster of misinformation: A review of research in social media. *International Journal of Data Science and Analytics, 13*(4), 271–285. https://doi.org/10.1007/s41060-022-00311-6

Nicholas, J. P., Donovan, A., Oppenheimer, C., Bell, L., & van Wyk de Vries, M. (2026). How trust shapes individual resilience to natural hazards: A systematic review. *Natural Hazards, 122*(2), 48. https://doi.org/10.1007/s11069-025-07816-w

Olson, M. K., Walpole, H. D., Sutton, J., Cain, L. B., & Waugh, N. (2025). The impact of hazard naming in Wireless Emergency Alerts: Enhancing protective action decision making and organizational attitudes. *Journal of Risk Research, 28*(5), 503–530. https://doi.org/10.1080/13669877.2025.2512085

Otto, A. S., Clarkson, J. J., & Martin, N. S. (2022). Working hard to take the easy way out: How the need for cognitive closure shapes strategic effort investment to ease future decision making. *Journal of Consumer Psychology, 32*(2), 350–356. https://doi.org/10.1002/jcpy.1245

Park, C. L. (2016). Meaning making in the context of disasters. *Journal of Clinical Psychology, 72*(12), 1234–1246. https://doi.org/10.1002/jclp.22270

Paton, D. (2007). Preparing for natural hazards: The role of community trust. *Disaster Prevention and Management*, *16*(3), 370–379. https://doi.org/10.1108/09653560710758323

Paulus, D., de Vries, G., Janssen, M., & Van de Walle, B. (2022). The influence of cognitive bias on crisis decision-making: Experimental evidence on the comparison of bias effects between crisis decision-maker groups. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 82*, 103379. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103379

Roets, A., & Van Hiel, A. (2007). Separating ability from need: Clarifying the dimensional structure of the Need for Closure Scale. *Personality and Social Psychology Bulletin, 33*(2), 266–280. https://doi.org/10.1177/0146167206294744

Sachdeva, R. (2022). Pandemic, perceived risk, and cognitive dissonance as antecedents to need for cognitive closure. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology, 13*(1), 1–20. https://doi.org/10.4018/IJSSMET.298676

Sankaran, S., Szumowska, E., & Kossowska, M. (2017). "When the going gets tough, the tough get going": Motivation towards closure and effort investment in the performance of cognitive tasks. *Motivation and Emotion, 41*(3), 308–321. https://doi.org/10.1007/s11031-017-9613-y

Schumpe, B. M., Brizi, A., Giacomantonio, M., Panno, A., Kopetz, C., Kosta, M., & Mannetti, L. (2017). Need for cognitive closure decreases risk taking and motivates discounting of delayed rewards. *Personality and Individual Differences, 107*, 66–71. https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.11.039

Şeker, B. D., & Akman, E. (2015). Bilişsel Kapalılık İhtiyacı Ölçeğinin Türkçe'ye uyarlanması: Güvenirlik ve geçerlik analizi. *Türk Psikoloji Yazıları, 18*(35), 51–63.

Stein, M. (2004). The critical period of disasters: Insights from sense-making and psychoanalytic theory. *Human Relations, 57*(10), 1243–1261. https://doi.org/10.1177/0018726704048354

Sword-Daniels, V., Eriksen, C., Hudson-Doyle, E. E., Alaniz, R., Adler, C., Schenk, T., & Vallance, S. (2018). Embodied uncertainty: Living with complexity and natural hazards. *Journal of Risk Research, 21*(3), 290–307. https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1200659

Till, F. J., Heimrich, J., Frenzel, S. B., van Dick, R., Mojzisch, A., Junker, N. M., & Häusser, J. A. (2025). Social identification in times of crisis: How need to belong, perspective taking, and cognitive closure relate to changes in social identification. *Journal of Applied Social Psychology, 55*(1), 38–51. https://doi.org/10.1111/jasp.13077

Tol, W. A., Le, P. D., Harrison, S. L., Galappatti, A., Annan, J., Baingana, F. K., Betancourt, T. S., Bizouerne, C., Eaton, J., Engels, M., Hijazi, Z., Horn, R. R., Jordans, M. J. D., Kohrt, B. A., Koyiet, P., Panter-Brick, C., Pluess, M., Rahman, A., Silove, D., … van Ommeren, M. (2023). Mental health and psychosocial support in humanitarian settings: Research priorities for 2021–30. *The Lancet Global Health, 11*(6), e969–e975. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00128-6

Torpan, S., Hansson, S., Rhinard, M., Kažemekaitytė, A., Jukarainen, P., Meyer, S. F., Schieffelers, A., Lovasz, G., & Orru, K. (2021). Handling false information in emergency management: A cross-national comparative study of European practices. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 57*, 102151. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102151

Van der Meer, T. G. L. A., & Jin, Y. (2020). Seeking formula for misinformation treatment in public health crises: The effects of corrective information type and source. *Health Communication, 35*(5), 560–575. https://doi.org/10.1080/10410236.2019.1573295

Van Hiel, A., & Mervielde, I. (2002). Effects of ambiguity and need for closure on the acquisition of information. *Social Cognition, 20*(5), 380–408. https://doi.org/10.1521/soco.20.5.380.21124

Wang, C., Tang, N., Zhen, D., Wang, X. R., Zhang, J., Cheong, Y., & Zhu, Q. (2023). Need for cognitive closure and trust towards government predicting pandemic behavior and mental health: Comparing United States and China. *Current Psychology, 42*(26), 22823–22836. https://doi.org/10.1007/s12144-022-03327-0

Webster, D. M. (1993). Motivated augmentation and reduction of the overattribution bias. *Journal of Personality and Social Psychology, 65*(2), 261–271. https://doi.org/10.1037/0022-3514.65.2.261

Webster, D. M., & Kruglanski, A. W. (1994). Individual differences in need for cognitive closure. *Journal of Personality and Social Psychology, 67*(6), 1049–1062. https://doi.org/10.1037/0022-3514.67.6.1049

Webster, D. M., & Kruglanski, A. W. (1997). Cognitive and social consequences of the need for cognitive closure. *European Review of Social Psychology, 8*(1), 133–173. https://doi.org/10.1080/14792779643000100

White, H. A. (2022). Need for cognitive closure predicts stress and anxiety of college students during COVID-19 pandemic. *Personality and Individual Differences, 187*, 111393. https://doi.org/10.1016/j.paid.2021.111393

Zeytun, Z., Kovancı, M. S., Özdemir, L., & Kalanlar, B. (2026). Infodemic experiences of post-earthquake victims: A descriptive qualitative study. *Psychology, Health & Medicine, 31*(3), 670–683. https://doi.org/10.1080/13548506.2025.2606184

Zhai, W., Yu, H., & Song, C. Y. (2024). Disaster misinformation and its corrections on social media: Spatiotemporal proximity, social network, and sentiment contagion. *Annals of the American Association of Geographers, 114*(2), 408–435. https://doi.org/10.1080/24694452.2023.2271549

Zhang, J.-T., Chen, J., & Wang, K. (2025). The effects of cognitive closure need and time pressure on individual risk decision making. *Acta Psychologica, 258*, 105240. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105240

SOSYAL HİZMETİN ÖZGÜRLEŞTİRİCİ NOSYONU: MESLEKİ ROLLER VE SORUMLULUKLAR

Doç. Dr. Serhat TEK

Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü

E-posta: stek@beu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7140-2099

Özet

Sosyal hizmetin özgürleştirici nosyonu, mesleki uygulamayı insani ihtiyaçların karşılanmasının yanı sıra eşitsizlik, dışlanma ve baskı üreten yapısal koşulların dönüştürülmesine yönelik bir süreç olarak ele almaktadır. İnsan onuru, özgürlük, katılım ve sosyal adalet temelinde şekillenen bu yaklaşım, bireysel güçlüklerin toplumsal, siyasal, ekonomik ve kurumsal ilişkilerle birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu bildirinin amacı, özgürleştirici sosyal hizmet anlayışı çerçevesinde sosyal hizmet uzmanlarının mesleki rollerini ve etik sorumluluklarını kavramsal düzeyde tartışmaktır. Bu doğrultuda katılım, güçlendirme, savunuculuk, kolektif eylem ve mesleki gücün eleştirel değerlendirilmesi arasındaki ilişkiler üzerinde durulmaktadır.

Özgürleştirici yaklaşımda bireyler ve topluluklar, yardımın pasif alıcıları yerine kendi yaşamlarına ilişkin bilgi, hak ve karar verme kapasitesine sahip özneler olarak kabul edilmektedir. Sosyal hizmet uzmanlarının savunuculuk, kolaylaştırıcılık, topluluk örgütlenmesi ve kurumsal değişim süreçlerindeki rolleri, bu özneliğin desteklenmesi açısından önem taşımaktadır. Katılımın anlamlı olabilmesi, bireylerin yalnızca görüşlerinin alınmasını değil, kararlar üzerinde gerçek bir etkiye sahip olmalarını da gerektirmektedir. Benzer biçimde güçlendirme, kişisel kapasitenin geliştirilmesiyle sınırlı tutulmayarak kaynaklara erişim ve eşitsiz güç ilişkilerinin dönüştürülmesiyle ilişkilendirilmektedir. Bu çerçevede mesleki sorumluluk, bireylerin mevcut koşullara uyumunu desteklemenin yanında, bu koşulları belirleyen ayrımcı uygulamaların ve dışlayıcı kurumsal düzenlemelerin sorgulanmasını da kapsamaktadır.

Bununla birlikte sosyal hizmet uzmanlarının mesleki otoritelerini, kurumsal uygulamaları ve baskıyı yeniden üretme ihtimallerini eleştirel biçimde değerlendirmeleri etik bir sorumluluktur. Hizmet kullanıcılarının deneyimsel bilgilerinin tanınması, erişilebilir iletişim ve karşılıklı hesap verebilirlik, özgürleştirici uygulamanın temel koşulları arasında yer almaktadır. Bildiri, bireysel destek ile yapısal dönüşüm arasında süreklilik kurulmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak özgürleştirici sosyal hizmet; dayanışma, iş birliği ve hak savunuculuğu aracılığıyla bireylerin yaşam koşullarını iyileştirmeyi ve eşitsizliği üreten toplumsal ilişkileri dönüştürmeyi birlikte hedefleyen bir mesleki yönelim olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Özgürleştirici sosyal hizmet, sosyal adalet, mesleki roller, etik sorumluluk.

THE EMANCIPATORY NOTION OF SOCIAL WORK: PROFESSIONAL ROLES AND RESPONSIBILITIES

Assoc. Prof. Dr. Serhat TEK

Bitlis Eren University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work

E-mail: stek@beu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7140-2099

Abstract

The emancipatory notion of social work regards professional practice as a process that addresses human needs and transforms the structural conditions producing inequality, exclusion, and oppression. Grounded in human dignity, freedom, participation, and social justice, this approach requires individual difficulties to be considered within social, political, economic, and institutional relations. This paper aims to discuss conceptually the professional roles and ethical responsibilities of social workers within an emancipatory framework. It examines the relationships between participation, empowerment, advocacy, collective action, and critical examination of professional power.

Within this approach, individuals and communities are recognised as subjects possessing knowledge, rights, and decision-making capacities, rather than passive recipients of assistance. Social workers' roles in advocacy, facilitation, community organising, and institutional change are essential to supporting this agency. Meaningful participation requires people to exercise real influence over decisions, beyond merely expressing their views. Similarly, empowerment extends beyond developing personal capacities to encompass access to resources and the transformation of unequal power relations. Professional responsibility therefore includes supporting people in their circumstances while questioning discriminatory practices and exclusionary institutional arrangements that shape those circumstances.

Social workers also have an ethical responsibility to critically examine their professional authority, institutional practices, and potential involvement in reproducing oppression. Recognising service users' experiential knowledge, ensuring accessible communication, and maintaining mutual accountability are fundamental conditions of emancipatory practice. The paper emphasises the need to sustain connections between individual support and structural transformation. It concludes that emancipatory social work constitutes a professional orientation that, through solidarity, collaboration, and rights advocacy, jointly seeks to improve people's living conditions and transform the social relations that produce inequality.

Keywords: Emancipatory social work, social justice, professional roles, ethical responsibility.

AMBİVALANS DUYGULARIN İKİLEMİNDE SOSYAL HİZMETTE MOTİVASYONEL GÖRÜŞME

Doç. Dr. Serhat TEK

Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sosyal Hizmet Bölümü

stek@beu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7140-2099

Özet

Ambivalans, bireyin değişmeyi istemesiyle mevcut davranışını sürdürme eğilimini birlikte yaşamasını ifade etmektedir. Sosyal hizmet uygulamalarında karşılaşılan bu ikilem, müracaatçının isteksizliği veya kişisel yetersizliği olarak yorumlandığında mesleki ilişkiyi güçleştirebilmektedir. Motivasyonel görüşme ise değişime ilişkin çelişkileri, iş birliğine dayalı ve empatik bir iletişim içinde ele alarak bireyin kendi değişim gerekçelerini ortaya çıkarmasını desteklemektedir. Bu bildirinin amacı, ambivalansın sosyal hizmet uygulamalarındaki anlamını ve motivasyonel görüşmenin bu ikilemin ele alınmasındaki işlevini literatür temelinde tartışmaktır. Çalışma, motivasyonel görüşmenin kuramsal açıklamaları, süreç araştırmaları ve bulgular üzerinden yürütülen kavramsal değerlendirme niteliğindedir.

Değerlendirmede, değişim yönündeki ifadeler ile mevcut davranışı sürdürmeye yönelik ifadeler arasındaki ilişkinin görüşme sürecindeki önemi üzerinde durulmaktadır. Açık uçlu sorular, yansıtıcı dinleme ve onaylama gibi beceriler, müracaatçının duygu ve düşüncelerini ifade etmesini destekleyen araçlar olarak ele alınmaktadır. Sosyal hizmet uzmanının rolü, bireyi tartışarak ikna etmeye çalışmak yerine, değişimle ilgili değerlerini, hedeflerini ve gerekçelerini keşfetmesine yardımcı olmak şeklinde konumlandırılmaktadır. Bununla birlikte araştırmalar, değişim konuşmasının tek başına olumlu sonuçları açıklamak için yeterli olmadığını; sürdürme konuşmasının ve iki konuşma biçimi arasındaki dengenin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Görüşmenin başlangıcında ambivalans içeren ifadelerin değerlendirilmesi, yaklaşımın müracaatçının değişime hazır oluşuna uygun biçimde kullanılmasına katkı sağlayabilecek bir unsur olarak tartışılmaktadır.

Sonuç olarak motivasyonel görüşme, ambivalansı yargılamadan ele alan ve müracaatçının özerkliğini gözeten bir iletişim yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir. Sosyal hizmet açısından yaklaşımın önemi, değişimi dışarıdan dayatmak yerine bireyin kendi gerekçeleriyle ilişkilendirmesinde görülmektedir. Etkili kullanımın, teknik becerilerin geliştirilmesini, görüşme sürecinin izlenmesini ve müdahalenin gereksinimlere göre uyarlanmasını gerektirdiği vurgulanmaktadır. Bu çerçevede ambivalansın anlaşılması, müracaatçının kararsızlığını etiketlemekten kaçınarak değişim sürecini birlikte anlamlandırmaya yönelik bir olanak sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ambivalans, motivasyonel görüşme, sosyal hizmet, değişim konuşması.

MOTIVATIONAL INTERVIEWING IN SOCIAL WORK AMID THE DILEMMA OF AMBIVALENT FEELINGS

Assoc. Prof. Dr. Serhat TEK

Bitlis Eren University, Faculty of Health Sciences, Department of Social Work

stek@beu.edu.tr | ORCID: 0000-0001-7140-2099

Abstract

Ambivalence refers to simultaneously wanting to change and tending to maintain an existing behaviour. In social work practice, interpreting this dilemma as unwillingness or personal inadequacy can undermine the professional relationship. Motivational interviewing addresses conflicting motivations through collaborative, empathic communication, supporting individuals in articulating their own reasons for change. This paper aims to discuss the meaning of ambivalence in social work practice and the role of motivational interviewing in addressing this dilemma, drawing on academic literature. It offers a conceptual assessment informed by theoretical accounts, process research, and relevant empirical findings.

The discussion examines the relationship between statements favouring change and statements favouring the continuation of existing behaviour. Open questions, reflective listening, and affirmations are considered tools that support clients in expressing their feelings and thoughts. The social worker's role is framed as helping individuals explore their values, goals, and reasons for change, rather than attempting to persuade them through argument. Research nevertheless indicates that change talk alone is insufficient to explain favourable outcomes; sustain talk and the balance between these forms of speech also require attention. Assessing ambivalent language early in a session is discussed as a potential means of adapting the approach to clients' readiness for change.

Motivational interviewing is consequently considered a professional communication approach that addresses ambivalence without judgement while respecting client autonomy. Its relevance to social work lies in connecting change with individuals' own reasons rather than imposing it externally. Effective application requires developing technical skills, monitoring the interviewing process, and adapting intervention to individual needs. Understanding ambivalence thus provides an opportunity to make sense of change collaboratively while avoiding labels based on clients' uncertainty.

Keywords: Ambivalence, motivational interviewing, social work, change talk.

HADİSLERDE VE MODERN TOPLUMDA SÜNNET MOTİVASYONLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Doç. Dr., Sümeyye SEVİNÇ[1]/ Merve KOYUNOĞLU[2]

[1]Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, Tefsir Anabilim Dalı Adı, sumeyye.sevinc@dpu.edu.tr, 0000-0002-3083-6453

[2]Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, merve.koyunoglu@ogr.dpu.edu.tr

Özet

Bu araştırmada ortaokul 8. sınıf öğrencilerinin gündelik hayata ilişkin sünnet pratiklerini uygulama sıklıklarını ve bu pratiklerin ardındaki motivasyon kaynaklarını karma yöntemle incelemiştir.[1] Araştırmanın temel amacı, modernleşme süreçlerinin dini pratiklerin gerekçelendirilme biçimini nasıl dönüştürdüğünü ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında, 100 ortaokul öğrencisine 15 hadis etrafında yapılandırılmış 105 soruluk bir anket uygulanmış ve 4 odak grup görüşmesi (toplam 20 öğrenci) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, öğrencilerin sünnet pratiklerini din ve Allah rızası gerekçesinden ziyade ağırlıklı olarak fayda temelli (hijyen, sağlık, psikolojik rahatlama) gerekçelerle gerçekleştirdiğini göstermektedir. Ayrıca öğrenci yanıtlarında misvak kullanımı, uyku düzeni ve sosyal ahlak gibi konularda motivasyonel tutarsızlıklar ve bilişsel çelişkiler tespit edilmiştir. Bu tutarsızlıklar, ergenlik dönemindeki dini kimlik inşası sürecinde yaşanan motivasyonel boşluğun bir kanıtı olarak yorumlanmıştır. Odak grup görüşmeleri, din eğitimi derslerinin monotonluğu, hadislerin günlük yaşamla bağdaştırılamaması ve akran baskısı gibi uygulama engellerini ortaya koyarken, öğrencilerin somutlaştırma ve görsel materyal kullanımına yönelik beklentilerini de belirlemiştir. Sonuçlar din eğitimi politikalarının ve ders materyallerinin öğrencilerin güncel motivasyon dillerine ve gelişim düzeylerine uygun olarak güncellenmesi gerektiğini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sünnet, Motivasyon, Din Eğitimi, Ortaokul Öğrencileri

[1] Bu araştırma TÜBİTAK 2209/A projesi kapsamında hazırlanan "Hadis ve Sünnetin Günlük Yaşamdaki Yansımalarına Dair Motivasyonel Değişim: Ahteri İmam Hatip Ortaokulu Örneği" başlıklı projeden üretilmiştir.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MOTIVATIONS FOR CIRCUMCISION IN THE HADITH AND IN MODERN SOCIETY

Assoc. Prof. Dr., Sümeyye SEVİNÇ[1]/ Merve KOYUNOĞLU[2]

[1]Kütahya Dumlupınar University Faculty of Theology, Department of Tafsir,

sumeyye.sevinc@dpu.edu.tr, 0000-0002-3083-6453

[2]Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İlahiyat Fakültesi, merve.koyunoglu@ogr.dpu.edu.tr

Abstract

This study examined, using a mixed-methods approach, the frequency with which Year 8 secondary school pupils practise Sunnah rituals in their daily lives and the motivations behind these practices.[1] The primary aim of the study was to reveal how processes of modernisation have transformed the way religious practices are justified. As part of the study, a 105-question questionnaire, structured around 15 hadiths, was administered to 100 secondary school pupils, and four focus group discussions (involving a total of 20 pupils) were conducted. The findings indicate that students perform Sunnah practices primarily for benefit-based reasons (hygiene, health, psychological comfort) rather than on the grounds of religion or seeking Allah's pleasure. Furthermore, motivational inconsistencies and cognitive dissonance were identified in the students' responses regarding issues such as the use of the miswak, sleep patterns and social ethics. These inconsistencies were interpreted as evidence of a motivational void experienced during the process of religious identity formation in adolescence. Focus group discussions highlighted practical barriers such as the monotony of religious education lessons, the inability to relate hadiths to daily life, and peer pressure, whilst also identifying students' expectations regarding the use of concrete examples and visual materials. The findings suggest that religious education policies and teaching materials need to be updated to align with students' current motivational language and developmental levels.

Keywords: Circumcision, Motivation, Religious Education, Secondary School Pupils

[1] This research stems from the project entitled 'Motivational Change Regarding the Reflections of Hadith and Sunnah in Daily Life: The Case of Ahteri Imam Hatip Secondary School', which was carried out under the TÜBİTAK 2209/A programme.

GİRİŞ

Sünnet, Müslümanların dinî düşünce ve gündelik hayatında temel başvuru kaynaklarından biridir. Bununla birlikte sünnet pratiklerinin nasıl anlaşıldığı ve hangi niyetlerle uygulandığı, tarihsel ve toplumsal şartlardan bağımsız değildir. Klasik hadis kaynaklarında niyet, Allah rızası, sevap, rahmet ve uhrevî fayda gibi kavramlar dinî davranışın anlam dünyasını şekillendirirken, günümüz bireyleri aynı davranışları sağlık, hijyen, psikolojik iyi oluş veya toplumsal ilişkiler gibi gündelik faydalarla da açıklayabilmektedir. Sünnetin güncel hayattaki yeri meselesinde dinî referansla gündelik faydanın nasıl ilişkilendirildiği ve davranışın hangi gerekçeyle sürdürüldüğü tartışma konusudur. Bu nedenle sünnet pratiklerini uygulama sıklığı ile bu pratiklerin ardındaki motivasyonları birlikte incelemek önem taşımaktadır.

Sünnetin otoritesi ve anlaşılması üzerine yapılan çalışmalar konunun farklı boyutlarına yön vermektedir. Sünnetin otoritesini ele alan *The Authority of Sunnah* adlı eser (Osmani, 1991), *Sünnet ve Hadisi Anlama Kılavuzu* (Görmez, 2020), çağdaşlaşma sürecindeki hadis tartışmalarını inceleyen "Hint Alt Kıtası, Mısır ve Türkiye'de Hadis Tartışmaları" adlı çalışma (Aksoy, 2005) ve hadis rivayetinin her dönemde yeniden anlam kazanabilen yönünü ele alan "Hadis Rivayeti Üzerine Felsefî Notlar" adlı çalışmadaki değerlendirmeler (Tatar, 2018) bu araştırmanın kavramsal arka planının tartışma konusuna girmektedir. Misvak hadisleri üzerinden araç-amaç ilişkisini ele alan tez çalışması (Koluman, 2017) da sünnet pratiğinin tarihsel biçimi ile taşıdığı değer veya amaç arasındaki ilişkinin incelenmesine katkı sunmaktadır. Bununla birlikte çağdaş dönemde hadis sosyakültürel bağlamı, modern ideolojiler ve dijital beşerî bilimler incelenmektedir (Çakır, 2023; Dokuz, 2018; Güldal, 2022). Ancak bu çalışmalar konu ve kapsamları gereği toplumda hadis ve sünnetin uygulanışına bütüncül bir şekilde odaklanmamaktadır. Bu araştırma söz konusu tartışmayı ortaokul öğrencilerinin gündelik hayatından elde edilen verilerle ele almaktadır. Temel araştırma sorusu, modern toplumda sünnet pratiklerinin ardındaki motivasyonların nasıl şekillendiği ve öğrencilerin bu pratikleri daha çok dinî bağlılık, gündelik fayda ya da bu iki yönün birlikteliği üzerinden mi açıkladığıdır.

1. YÖNTEM

Araştırmada karma yöntem benimsenmiştir (Creswell, 2009, s. 23; Creswell & Plano Clark, 2020). Nicel aşamada Ahteri İmam Hatip Ortaokulu 8. sınıf öğrencilerinden 100 katılımcıya 15 hadis temelinde hazırlanmış 105 soruluk anket uygulanmıştır. Her hadis için oluşturulan yedi soruluk yapı, hadisin daha önce duyulup duyulmadığını, ilgili davranışın uygulama sıklığını, dinî motivasyonu, fayda motivasyonunu, bilimsel fayda ile dinî motivasyon arasındaki ilişkiyi, hadis olmasaydı davranışın sürdürülüp sürdürülmeyeceğini ve bilimsel fayda bilgisinin dinî bağlılığa etkisini ölçmeyi amaçlamıştır. Likert tipi ifadeler beşli derecelendirmeyle yanıtlanmıştır.

Nitel aşamada, beşer öğrenciden oluşan dört odak grup görüşmesi gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler tematik olarak değerlendirilmiş ve nicel bulguların arkasındaki gerekçelerin anlaşılmasında kullanılmıştır. Araştırma dosyasında belirtildiği üzere, katılım gönüllülük esasına dayandırılmış, gerekli izin ve veli onam süreçleri yürütülmüş, gizlilik ilkelerine dikkat edilmiştir.

2. BULGULAR

Araştırmanın bulguları kapsamında ilk aşamada sünnet pratiklerinin uygulama sıklığı ve motivasyon kaynakları ele alınmaktadır. Bu aşamada katılım oranları, odak grup görüşmelerinin temaları ortaya koyulmaktadır. İkinci aşamada ise hadis motivasyonları ile öğrencilerin gerekçeleri mukayese edilmektedir.

2.1. Sünnet Pratiklerinin Uygulanma Sıklığı ve Motivasyon Kaynakları

Anket sonuçlarına göre öğrencilerin gündelik sünnet pratiklerini uygulama oranları pratikten pratiğe değişmektedir. Düzenli uygulama oranı en yüksek davranışlar, "kendinden aşağıdakilere bakarak şükretme"

(%54), "sağlığa zararlı alışkanlıklardan kaçınma" (%49) ve "insanlara tebessüm etme" (%48) olarak bildirilmiştir. Bu davranışlar dinî birer tavsiye olmanın yanı sıra sağlık, kişisel huzur ve sosyal ilişkilerle de bağlantılıdır. Dolayısıyla öğrencilerin bu pratikleri benimsemesinde dinî referansların yanında gündelik hayatta doğrudan karşılığı bulunan yararların da rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Düzenli uygulama oranı en düşük davranışlar ise erken yatıp erken kalkma (%14) ve misvak kullanımı (%15) olmuştur. Misvak kullanımında öğrencilerin %40'ının "hiçbir zaman" yanıtını verdiği aktarılmaktadır. Bu bulgu, misvak pratiğinin öğrencilerin mevcut temizlik alışkanlıkları ve alternatif ağız bakım araçlarıyla ilişkisi içinde değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. Erken yatıp erken kalkma davranışında ise öğrencilerin %34'ünün bu uygulamayı yalnızca sınav veya okul gibi zorunluluk durumlarında gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Bu örüntü, bazı davranışların dinî tavsiyeden ziyade günlük ihtiyaçlar ve işlevsel yararlar üzerinden hayata geçirilebildiğine işaret etmektedir.

"Sağ taraf üzerine uyumaya başlama" pratiğinde hiçbir öğrencinin "hiçbir zaman" seçeneğini işaretlememesi de dikkat çekici bir sonuçtur. Ancak bu oran, davranışın mutlaka sünnet bilinciyle yapıldığını göstermemektedir. Davranışın alışkanlık, aile yönlendirmesi veya kişisel tercih gibi başka kaynaklarla da sürdürülmesi mümkündür. Bu nedenle uygulama sıklığı, tek başına dinî motivasyonun göstergesi olarak değerlendirilmemelidir.

Araştırmada fayda motivasyonu ifadelerine katılım oranı %58, dinî motivasyon ifadelerine katılım oranı ise %32 olarak bildirilmiştir. Dinî motivasyon sorusunda öğrencilerin %44'ünün "kararsızım" yanıtını vermesi, davranışların dinî niyetle ilişkisine dair öğrencilerde belirgin bir belirsizlik bulunabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte bu kararsızlık tek başına öğrencilerin dinî bağlılığının zayıf olduğu biçiminde yorumlanmamalıdır. Bulgular daha çok öğrencilerin davranışlarının gerekçesini açık ve kesin biçimde tanımlamakta zorlanabileceklerini düşündürmektedir.

Karşı-olgusal soruda öğrencilerin %51'i, ilgili hadis olmasaydı da davranışı sürdüreceğini belirtmiştir. Bu sonuç, en azından bazı pratiklerin öğrenciler için dinî referanstan bağımsız gündelik gerekçelere de sahip olduğunu göstermektedir. Öte yandan bilimsel olarak desteklenen faydaları öğrenmenin dinî bağlılığa etkisini ölçen soruda katılım oranının %65 olduğu bildirilmiştir. Bu bulgu, bazı öğrencilerin bilimsel fayda ile dinî anlamı birbirine rakip değil, birbirini destekleyebilen unsurlar olarak değerlendirebildiğine işaret edebilir. Dolayısıyla bulgular, dinî motivasyonun bütünüyle ortadan kalktığını değil, gündelik fayda gerekçelerinin öğrencilerin açıklamalarında daha görünür olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmanın verileri, bu motivasyonların kimi öğrencilerde iç içe geçebileceğini de düşündürmektedir.

Odak grup görüşmelerinden elde edilen veriler beş ana tema altında toplanmıştır:

• Din eğitiminin sunumuna ilişkin sorunlar: Monoton ders işlenişi, ağır veya zor kitap dili ve hadislerle günlük yaşam arasında yeterli bağ kurulamaması.

• Uygulama önündeki bireysel engeller: Tembellik, üşengeçlik ve bazı davranışları uygularken utanma.

• Duyuşsal kazanımlar: Uygulama sonrasında huzur ve rahatlama hissedilmesi.

• Öğrenci önerileri: Konuların resimlerle anlatılması ve daha somut örneklerle işlenmesi.

• Motivasyonel belirsizlik: Fayda ile ibadet gerekçelerinin birbirine karışması ve hadis bilgisi eksikliği.

Bu temalar öğrencilerin sünnet pratiklerine yaklaşımının yalnızca bireysel inanç veya iradeyle açıklanamayacağını göstermektedir. Öğretim biçimi, gündelik hayatla kurulan bağlantı, davranışın uygulanabilirliği ve öğrencinin o davranışa yüklediği duygusal anlam da motivasyon üzerinde etkili görünmektedir.

2.2. Klasik Hadis Motivasyonları ile Öğrenci Gerekçelerinin Karşılaştırmalı Analizi

Klasik hadis kaynakları ile araştırmaya katılan öğrencilerin sünnet pratiklerine ilişkin gerekçeleri karşılaştırıldığında, öncelikle iki farklı açıklama dili dikkat çekmektedir. Klasik hadislerde davranışın anlamı çoğunlukla niyet, Allah rızası, sevap, rahmet ve uhrevî karşılık gibi dinî kavramlarla kurulur. Öğrencilerin yanıtlarında ise sağlık, hijyen, psikolojik rahatlama ve sosyal ilişkiler gibi gündelik hayatta doğrudan deneyimlenebilen yararlar daha görünürdür. Araştırmada fayda motivasyonu ifadelerine katılımın %58, dinî motivasyon ifadelerine katılımın %32 olarak bildirilmesi, bu örneklemde öğrencilerin sünnet pratiklerini açıklarken fayda temelli gerekçeleri daha sık öne çıkardığını göstermektedir.

Bu farklılık, klasik hadis anlayışının bütünüyle terk edildiği anlamına gelmemektedir. Daha isabetli yorum, dinî motivasyonun öğrencilerin açıklamalarında tek veya kendiliğinden belirleyici bir unsur olmaktan çıkıp, gündelik fayda gerekçeleriyle birlikte ve kimi zaman onların gerisinde ifade edilmesidir. Nitekim öğrencilerin %44'ünün dinî motivasyon sorusunda kararsız kalması, davranışın niyet ve dinî anlam bakımından nasıl açıklanacağına ilişkin belirsizliğe de işaret edebilir. Bu nedenle bulgular, kesin bir "dindarlıktan sekülerleşmeye geçiş" kanıtı olmaktan ziyade dinî davranışın gerekçelendirilme biçimindeki çeşitlenmenin göstergesi olarak ele alınmalıdır.

Klasik hadislerde davranış, çoğu zaman Allah'a yöneliş ve uhrevî sorumluluk çerçevesinde anlam kazanır. Araştırmadaki öğrencilerin gerekçelerinde ise davranışın bu dünyadaki sonuçları —söz gelimi sağlıklı olma, temiz hissetme, rahatlama veya sosyal açıdan olumlu karşılanma— daha belirgin görünmektedir. Buradaki değişim, davranışın kendisinden çok, davranışı açıklamakta kullanılan öncelikli gerekçede ortaya çıkmaktadır. Nitekim sağlığa zararlı alışkanlıklardan kaçınma (%49) ve insanlara tebessüm etme (%48) pratiklerinin düzenli uygulanma oranlarının görece yüksek olması, bu davranışların öğrencilerin gündelik yaşantısında anlaşılır ve karşılığı bulunan yararlar taşımasıyla ilişkili olabilir. Benzer biçimde şükretme pratiğinin en yüksek düzenli uygulama oranına (%54) sahip olması, dinî ve ahlaki bir davranışın öğrenciler tarafından kişisel değerlendirme ve psikolojik iyi oluşla da ilişkilendirilebildiğini düşündürmektedir. Ancak mevcut veriler öğrencilerin bu davranışları hangi gerekçeyle uyguladığını her bir pratik için ayrı ayrı göstermediğinden, uygulama oranı tek başına belirli bir motivasyonun kanıtı olarak değerlendirilmemelidir.

Karşılaştırmanın ikinci boyutu, bir davranışın uygulanması ile o davranışın sünnetle ilişkisinin bilinmesi arasındaki ayrımdır. Klasik hadis çerçevesinde davranışın dinî anlamı, onun kaynağı ve niyetle ilişkisi önem taşır. Modern gündelik hayatta ise kişi, bir davranışı dinî referansını bilmeden de alışkanlık, aile yönlendirmesi, kişisel tercih veya fayda beklentisiyle sürdürebilir. Ankette öğrencilerin %51'inin "ilgili hadis olmasaydı da bu davranışı sürdürürdüm" yönündeki karşı-olgusal ifadeye katılması, bazı davranışların dinî referanstan bağımsız gündelik dayanaklara sahip olabileceğini göstermektedir. Bu sonuç öğrencilerin sünnet pratiklerini uygulamadığı anlamına gelmemekle birlikte davranışın sürdürülme gerekçesinin her zaman sünnet bilgisi ve dinî niyet olmayabileceğini düşündürür. Ayrıca osyada belirtilen hadis bilgisi eksikliği ve odak grup görüşmelerindeki "hadislerin günlük yaşamla bağdaştırılmaması" teması da bu ayrımı anlamlandırmaya yardımcı olmaktadır. Davranış günlük hayatta yerleşik olsada öğrenci onun dinî kaynağını tanımayabilir veya bu kaynağı davranışının temel gerekçesi olarak görmeyebilir.

Diğer taraftan misvak kullanımı, klasik uygulama biçimi ile sünnetin taşıdığı değer veya amaç arasındaki ilişkiyi tartışmak açısından özellikle anlamlıdır. Araştırmada misvak kullanımının düzenli uygulama oranı %15 iken, öğrencilerin %40'ı bu pratiği hiçbir zaman uygulamadığını belirtmiştir. Bu oran, misvak kullanımının öğrencilerin günlük alışkanlıklarında sınırlı kaldığını göstermesine rağmen tek başına ağız temizliği veya sünnetin temsil ettiği değerlerin benimsenmediği sonucunu vermemektedir.

Burada araç ile amaç ayrımı açısından misvak, belirli bir tarihsel ve toplumsal bağlamda ağız temizliğiyle ilişkilenen bir araç olarak ele alınabilir. Öğrencilerin başka temizlik araçlarını kullanıp kullanmadığı ise dosyadaki verilerde ayrıntılı biçimde gösterilmemiştir. Dolayısıyla bu araştırmadan, alternatif araçların misvak

kullanımındaki düşüşe neden olduğu kesin biçimde çıkarılamayacağından uygulamanın arkasındaki değer ve amaçların günümüz şartlarında nasıl anlaşılacağı tartışma konusudur.

Dinî motivasyon ile fayda motivasyonu birbirini dışlayan iki ayrı kategori olmadığından bir öğrenci aynı davranışı hem sünnet olduğu için hem de sağlık, temizlik veya huzur sağladığı için sürdürebilir. Bu nedenle fayda gerekçesinin güçlü olması, dinî niyetin mutlaka bulunmadığı anlamına gelmeyebilir. Benzer şekilde bir davranışın sünnet olarak tanınması da onun her durumda bilinçli bir dinî niyetle uygulandığını ifade etmeyebilir. Bu noktada bilimsel fayda ile dinî bağlılık arasındaki ilişkiye yönelik bulgu önemlidir. Nitekim öğrencilerin %65'inin bilimsel olarak desteklenen faydaları öğrenmenin dinî bağlılığı artırabileceği yönündeki ifadeye katıldığı bildirilmiştir. Bu sonuç, bazı öğrenciler için bilimsel bilgi ile dinî anlamın çatışmak yerine birbirini destekleyebileceğine işaret edebilir. Dolayısıyla modern fayda dili, her zaman dinî anlamın yerini alan seküler bir açıklama olarak değerlendirilmemeli ve kimi durumlarda dinî pratiğe yönelmeyi kolaylaştıran veya mevcut bağlılığı pekiştiren bir ara gerekçe olarak da ele alınabilir.

Klasik hadislerdeki ahlaki ve uhrevî anlam çerçevesi ile öğrencilerin huzur ve rahatlama bildirimleri arasında bir süreklilik de bulunmaktadır. Odak grup görüşmelerinde öğrencilerin sünnet uyguladıklarında huzur ve rahatlama hissettiklerinin belirtilmesi, dinî pratiklerin duygusal deneyim yoluyla da yaşandığını göstermektedir. Bunun yanında tebessüm gibi sosyal davranışların görece yüksek uygulanma oranı, sünnet pratiklerinin toplumsal kabul ve kişiler arası ilişkiler bağlamında da anlamlandırılabileceğini düşündürmektedir. Fakat araştırma verileri, öğrencilerin tebessümü özellikle "sosyal kabul" için yaptığını kanıtlamamaktadır. Bu nedenle toplumsal fayda, doğrudan ölçülmüş bir sonuçtan çok, araştırmanın kuramsal çerçevesinde ve görüşme temalarında dikkate alınabilecek olası bir açıklama olarak sunulmalıdır.

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Araştırma bulguları incelenen 8. sınıf öğrencilerinde sünnet pratiklerinin çoğunlukla sağlık, hijyen, psikolojik rahatlama ve gündelik yaşamın ihtiyaçları gibi fayda temelli gerekçelerle açıklandığını göstermektedir. Fayda motivasyonu ifadelerine katılımın dinî motivasyon ifadelerinden yüksek olması, araştırmanın temel varsayımını bu örneklem düzeyinde desteklemektedir. Buna karşılık dinî motivasyon sorularındaki kararsızlık ve bazı davranışların hadis olmasaydı da sürdürüleceğine ilişkin yanıtlar, uygulama ile dinî gerekçenin her zaman aynı düzeyde örtüşmediğini ortaya koymaktadır.

Odak grup görüşmeleri, bu durumun eğitim ortamı ve öğrencilerin gelişim özellikleriyle birlikte ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Öğrencilerin hadisleri günlük hayatla ilişkilendiren, somut örneklerle açıklayan ve görsel materyallerden yararlanan bir öğretim yaklaşımına yönelik beklentileri bulunmaktadır. Bu nedenle din eğitimi materyallerinde hadislerin bağlamını ve taşıdığı temel değerleri açıklamak ve araç niteliğindeki tarihsel uygulamalarla daha genel ahlaki veya dinî amaçları birbirinden ayırarak ele almak yararlı olabilir. Ayrıca öğrencilerin fayda ve ibadet gerekçelerini birlikte tartışabilecekleri etkinliklere yer verilmesi, davranışların yalnızca "ne sıklıkla yapıldığı" değil, "hangi anlamlarla sürdürüldüğü" konusunu da görünür kılabilir.

Sonuçlar değerlendirilirken araştırmanın kapsamı göz önünde bulundurulmalıdır. Veriler tek bir okulun 8. sınıf öğrencilerinden oluşan 100 kişilik örneklemden ve dört odak grup görüşmesinden elde edilmiştir. Bu nedenle bulguların bütün ortaokul öğrencilerine veya modern toplumun tamamına genellenmesi uygun değildir. Ayrıca sunulan sonuçlar, motivasyonların zaman içinde nasıl değiştiğini tek başına kanıtlamamakla birlikte daha geniş ve farklı bölgelerden örneklemlerle yapılacak çalışmalar, bu örüntülerin yaygınlığını ve nedenlerini daha kapsamlı biçimde inceleyebilir.

Genel olarak araştırma, sünnetin günümüzdeki yaşanma biçimini değerlendirirken dinî motivasyon ile gündelik faydayı birbirine karşıt iki alan olarak ele almamak gerektiğini göstermektedir. Önemli olan, öğrencilerin davranışın kaynağını, anlamını ve kendi hayatlarındaki karşılığını kurabilmelerine yardımcı olmaktır. Bu

bakımdan hadis öğretiminin öğrencilerin güncel deneyimleriyle ilişkilendirilmesi ve farklı motivasyon biçimlerini birlikte değerlendirmesi, sünnet bilincinin gelişmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Aksoy, B. (2005). Çağdaşlaşma ve Hadis Tartışmaları "Hint Alt Kıtası, Mısır ve Türkiye'de Hadis Tartışmaları",. *Hadis Tetkikleri Dergisi*, *3*(2), 201-204.

Creswell, J. W. (2009). *Research Design:Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2020). *Karma Yöntem Araştırmaları Tasarımı ve Yürütülmesi* (Y. Dede & S. B. Demir, Ed.). Anı Yayıncılık.

Çakır, F. (2023). Yapay Zekâ ve Hadis. *Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, (32), 109-131. https://doi.org/10.35415/sirnakifd.1240725

Dokuz, A. (2018). *Çağdaş Hadis Yorumlarında Güncel Ön Kabullerin Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi]. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Görmez, M. (2020). *Sünnet ve Hadisi Anlama Kılavuzu*. Otto. https://katalog.isam.org.tr/yordam/?p=1&alan=kunyeDemirbasKN_str&q=9786058019782

Güldal, F. (2022). *Hadis Şerhçiliğinde Sosyokültürel Yapıya Ilişkin Bilgilerin Hadisin Anlaşılmasına Etkisi - Fethu'l-Bârî Bağlamında-* [Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi].

Koluman, R. (2017). *Hadis/Sünnette Araç-Amaç İlişkisi ve Araçların Değişebilirliği (Misvak Hadisleri Örneği)* [Yüksek Lisans Tezi, Şırnak Üniversitesi].

Osmani, M. T. (1991). *The Authority of Sunnah*. Kitab Bhavan.

Tatar, B. (2018). Hadis Rivayeti Üzerine Felsefi Notlar. *Dinbilimleri Akademik Araştırma Dergisi*, *18*(1), 13-20.

AİLE UYUMU İLE DİNDARLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Bilal KARTAL1/ Sevgi AKAR2

1Dicle Üniversitesi, İlahiyat Fakültesi, bilalkrtl@gmail.com, 0000-0001-9537-3835

2Diyanet İşleri Başkanlığı, Diyarbakır İl Müftülüğü, sevgiakar89@gmail.com, 0009-0006-4922-4664

Özet

Bu araştırmanın amacı, aile uyumu ile Müslüman dindarlık arasındaki ilişkiyi incelemek ve dindarlığın farklı boyutlarının aile uyumunu yordama düzeyini belirlemektir. Ayrıca aile uyumu ve dindarlık puanlarının cinsiyet, yaş ve eğitim durumuna göre farklılaşıp farklılaşmadığı araştırılmıştır. İlişkisel tarama modelinde yürütülen nicel araştırmaya 319 kişi katılmıştır. Veriler Kişisel Bilgi Formu, Aile Uyumu Ölçeği ve Müslüman Dindarlık Ölçeği aracılığıyla yüz yüze ve çevrim içi olarak toplanmıştır. Verilerin analizinde Pearson korelasyonu, çoklu doğrusal regresyon, bağımsız örneklemler t-testi, tek yönlü varyans analizi ve Spearman sıra farkları korelasyonu kullanılmıştır. Bulgular, aile uyumu ile Müslüman dindarlık arasında pozitif yönlü ve düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermiştir (r=.148, p=.008). Dindarlık boyutları arasında yalnızca içten dini yönelim aile uyumunun anlamlı ve pozitif yordayıcısıdır. Aile uyumu cinsiyete ve eğitim durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmamış; yaş grubu ile aile uyumu arasında düşük düzeyde pozitif ilişki bulunmuştur. Dindarlık puanları kadınlarda erkeklerden anlamlı düzeyde yüksekken yaş ve eğitim durumuyla anlamlı ilişki veya farklılık göstermemiştir. Bulgular, aile uyumu ile dindarlık arasındaki ilişkinin sınırlı olduğunu ve dindarlığın yaşanma biçiminin genel dindarlık düzeyinden ayrı değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Din Psikolojisi, Aile Uyumu, Dindarlık

THE RELATIONSHIP BETWEEN FAMILY COHESION AND RELIGIOSITY

Assist. Prof. Bilal KARTAL1/Sevgi AKAR2

1Dicle University, Faculty of Theology, bilalkrtl@gmail.com, 0000-0001-9537-3835

2Presidency of Religious Affairs, Diyarbakır Provincial Mufti's Office, sevgiakar89@gmail.com, 0009-0006-4922-4664

Abstract

This study examines the relationship between family cohesion and Muslim religiosity and investigates whether dimensions of religiosity predict family cohesion. It also explores differences in family cohesion and religiosity by gender, age group, and educational level. The study employed a quantitative correlational design and included 319 participants. Data were collected face to face and online using a Personal Information Form, the Family Cohesion Scale, and the Muslim Religiosity Scale. Pearson correlation, multiple linear regression, independent-samples t-tests, one-way analysis of variance, and Spearman rank-order correlation were used. The findings indicated a positive but weak association between family cohesion and Muslim religiosity ($r = .148$, $p = .008$). Among the dimensions of religiosity, only intrinsic religious orientation was a significant positive predictor of family cohesion. Family cohesion did not differ significantly by gender or educational level, while age group was weakly and positively associated with family cohesion. Women reported significantly higher religiosity scores than men. Religiosity was not significantly associated with age group and did not differ significantly by educational level. Overall, the findings suggest that the association between family cohesion and religiosity is modest and that the way religiosity is internalized may be relevant beyond general religiosity scores. Because the study is cross-sectional, the findings should be interpreted as associations rather than evidence of causal effects.

Keywords: Psychology of Religion, Family Cohesion, Religiosity

GİRİŞ

Aile, dinlerin önemli gördüğü konular arasında yer almaktadır. Dinlerin aileyi hayatın odak noktası olarak görmesi, aile aracılığıyla toplumun içine girmesi, ailenin toplumsal dengeyi sağlamadaki rolünün dinin emir ve yasaklarıyla uyum içinde olması gibi nedenler din ve aile arasında sıkı bir bağ oluşturmuştur. Dinler, bireylerin kişisel ve sosyal yaşantısını organize etmekte, bilişsel yöntemlerle bireylere bir duruş ve tutarlılık kazandırmakta, yaşanan herhangi bir hadiseye yansımanın nasıl olması gerektiğini sunmaktadır. Dindar bireylerin, günlük yaşamını düzenlerken inandığı dine göre davranması beklenir. Yahudilik, Hristiyanlık ve İslam gibi dinlerde, insanların yaş, medeni durum ve cinsiyetlerine bağlı olarak duygu, düşünce ve davranışlarının nasıl olması ve hangi yönde ilerlemesi gerektiği ana hatlarıyla belirtilmiştir. Dinler, hem kural belirleyici olarak evlilik ve aile hayatını koruma altına alır hem de aile içi birlik ve beraberliğe önem vermede, bireyler arası ilişkilerde istikrarlı olmada, aileyi huzur ve mutluluğa ulaştırmada destek sağlar. Dolayısıyla din ve ailenin iç içe ve sürekli etkileşim halinde olması, aile içi bireylerin hayatını da her yönden şekillendirmektedir (Geçioğlu & Kayıklık, 2019; Yılmaz et al., 2020; Balcı Arvas & Hökelekli, 2017).

Toplumun çekirdeğini oluşturan aile kurumunda dini inancın etkisi eşler arasındaki uyumla yakından ilişkilidir. Eşlerin dindarlık seviyesi ve mahiyeti; evliliğin ilk adımlarına, devamlılığına, evlilikteki huzur ve ahenge de etki etmektedir. Dindarlık ve evlilik uyumu üzerine yapılan araştırmalar, eşlerin dini ritüelleri birlikte yapmalarının çift uyumuna açık bir biçimde etki ettiğini, ibadethanelerin devamlı olarak ziyaret edilmesinin eşler arasında bir yakınlık oluşturduğunu göstermiş, dindarlık seviyesinin artmasıyla da bir taraftan eşler arasında çatışmaların engellendiği ve çözüme kavuşturulduğu diğer taraftan eşler arası yakınlığı artırdığı, sorunların üstesinden daha kolay bir şekilde gelindiği, eşlerin birbirine karşı fedakarlıkta bulunduğu ve hoşgörülü olduğu tespit edilmiştir (Balcı Arvas & Hökelekli, 2017; Selman, 2018).

Aile, çocukların kişiliğinin oluştuğu, dini duygu, düşünce ve davranışlarının geliştiği, sevgi, saygı, özveri ve dayanışma gibi hasletlerinin elde edildiği ilk ortamdır. Herkesin bir yaratıcıya inanma eğilimiyle doğduğu ve anne-babanın etkisiyle dini inancı şekillendiği ifade edilmektedir. Dolayısıyla ebeveynlerin dini inanç ve tutumları, çocuklara rol model olmakta ve yoğun bir şekilde yansımaktadır. Bu yüzden çocuklar, küçük yaştan itibaren anne ve babasını taklit yoluyla dini inanç, değer ve pratikleri elde etmektedir (Selman, 2018; Tekdemir & Gürses, 2020; Ceylan, 2019).

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Aile İçi İletişim ve Dini İnanç

Türk Dil Kurumu'na göre iletişim, "bireyler veya gruplar arasında, duygu, düşünce, bilgi ve haber alışverişinin, akla gelebilecek her türlü şekil ve yöntemle bireyden bireye veya gruptan gruba karşılıklı olarak aktarılması"dır. Aile içi iletişim ise "eşlerin birbiriyle, çocuklarla veya çocukların birbiriyle karşılıklı olarak duygu, düşünce ve bilgi aktarımı"dır. Bu tanımdan yola çıkarak aile içi iletişim ve dini inanç başlığını ele alırken, öncelikle eşlerin karşılıklı iletişimine, ardından da ebeveyn ve çocuklar arasındaki iletişime ve son olarak da çocukların birbiriyle olan iletişimine ayrı ayrı yer vermek gerekecektir (Türk Dil Kurumu, n.d.).

Lambert ve Dollahite'e göre dini inanç, eşler arasındaki iletişimde kilit rol oynamaktadır. Dindar eşler iletişim kurarken, karşılıklı ilişkilerinde birbirini affetme, sorunları çözümleme ve ortak amaçlar uğruna hareket etmektedirler. Dindar bir ailede iletişimin sağlıklı olması için dinlerin de ortak erdemleri sayılan, genelde tüm inananların özelde ise eşlerin birbirine karşı sevgi dolu ve saygılı olması, empatiyle yaklaşması ve alçakgönüllü davranması gerekir. Karşılıklı yapıcı iletişim ve rol paylaşımı eşler arasındaki en temel noktalardan biridir. Aile içi iletişimde bireyler, kendine uygun rollere göre hareket ederek uzlaşma sağlar. Aile hayatında en önemli role sahip bireyler ise karşılıklı olarak eşlerdir. Genellikle eşler arasındaki roller araçsal ve duygusal olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Aile bütünlüğünü koruma noktasında çok önemli bir işleve sahip olan araçsal roller gerçekçi

bir yapıya sahip olup, daha çok maddi kaynakların sağlanması, karar aşaması ve aile idaresi gibi fonksiyonları içinde barındırmakta ve araçsal rolde, erkekler kadınlara göre daha etkin olmaktadır. Ailedeki kişilerin bakımını üstlenmek, duygusal destek sağlamak ve duyguların sağlıklı bir zemine oturmasına yardımcı olmak gibi işlevlere sahip olan duygusal rollerde de kadınlar daha etkin olmaktadır. Ancak her ailenin dinamiği farklı olduğundan araçsal ve duygusal rolleri kesin çizgilerle ayırmamak gerekir. Çünkü günümüzde geleneksel rol anlayışı kadınların da çalışma hayatına dahil olmasıyla değişime uğramıştır (Balcı Arvas & Hökelekli, 2017; Selman, 2018).

Toplumsal yapının kalbi olan ailenin en önemli ürünü çocuklardır. Aile, çocukların duygu, düşünce, davranış, dini inanç, iletişim becerileri vb. şekillendiği ilk eğitim ortamıdır. Aile içinde ebeveynin çocuklara karşı sergilediği tutum ve davranışlar, olumlu-olumsuz bir iletişim biçiminin ortaya çıkmasını sağlar. Olumlu ve sağlıklı bir iletişimde göz temasına dikkat etmek, çocuk ve ebeveyn arasında duygusal tatmin ve kuvvetli bir bağın oluşumuna zemin hazırlar. Gözle temasın yanı sıra, ebeveynin çocuğunu öpmesi, sarılması, saçını okşaması, destek amaçlı omzuna dokunması gibi fiziksel temas da sağlıklı bir iletişimin gerçekleşmesi için önemlidir. Çünkü fiziksel temas çocuğun dolaylı olarak kendini güvende hissetmesini sağlar. Ebeveynin çocuğuyla empati yapabilmesi, onunla her yönden ilgili ve yol gösterici bir tutum içerisinde olması, sağlıklı bir iletişim için önemli bir etkendir (Apaydın, 2001).

Aile içi iletişimde ebeveynin çocuklara karşı sergilediği tutum çok önemlidir. Araştırmalara göre birbirinden farklı birçok ebeveyn tutumu bulunmaktadır. Ebeveynin sergilediği tutumun türüne göre; çocuğun kişiliği, iletişim becerileri, dinî inancı vb. değişkenlik göstermektedir. Baumrind'e göre ebeveyn ve çocuklar arasındaki iletişim biçimini yansıtmada kullanılan ebeveyn tutumu temelde talepkârlık ve duyarlılık olmak üzere iki temel unsurdan oluşmaktadır. Buna göre çok dayatmacı olanından çok esnek olanına, çok ilgili olanından çok ilgisiz olanına kadar farklı ebeveyn tutumu bulunmaktadır. Temelde ise dört tür ebeveyn tutumundan bahsedilebilir. Bunlar; baskıcı, aşırı kontrolcü, ilgisiz ve ilgili-demokratik ebeveyn tutumlarıdır. a) Baskıcı Ebeveyn: Baskıcı olan ebeveyn, çocuğuyla iletişim kurarken empati ile yaklaşmaz, çocuğun ebeveyninin istek ve arzularına göre hareket etmesini bekler. Ayrıca bu tür bir ebeveyn tutumunda çocuğun duygu ve düşünceleri pek önemsenmez. Çocuk baskıcı ebeveynin isteğine göre hareket etmediğinde ise ebeveyn çocuğa karşı fiziksel şiddet ve duygusal baskı uygular. Dolayısıyla böyle bir ortamda yetişen çocuklar saldırganlaşır veya öz güven eksikliği hisseder ve kendini değersiz görür. b) Aşırı Kontrolcü Ebeveyn: Aşırı kontrolcü bir tutum sergileyen ebeveyn, çocuğuna hiçbir sorumluluk yüklemediği gibi çocuğunun yapması gereken her şeyi kendi üstlenir, çocuğu aşırı derecede kollar, sınırsız bir hoşgörü gösterir ve çocuğunun her türlü istek ve arzusunu yerine getirmeye özen gösterir ve çocuklar hayatın odak noktasıdır. Böyle bir ortamda yetişen çocuklarda öz güven eksikliği, kendi başına karar alamama, sürekli birilerine bağımlı bir şekilde yaşama ve bencillik hakimdir. Dolayısıyla aşırı kontrolcü ebeveyn tutumunun sergilendiği bir ailede olumlu ve sağlıklı bir iletişimden bahsetmek pek mümkün değildir. c) İlgisiz Ebeveyn: Çocuklar üzerinde en fazla hasarı bırakan ise ilgisiz ebeveyn tutum ve davranışlarıdır. Ekonomik açıdan yetersiz olan ailelerde veya fazla çocuk sahibi olan ailelerde, ilgisiz tutum ve davranışlar daha fazla sergilenmektedir. Ebeveyni ilgisiz olan çocuklar, kendini çok değersiz görür ve öz güven eksikliğini fazlasıyla hisseder. Çünkü her çocuk doğduğu andan itibaren hem fiziksel hem de duygusal açıdan bakıma muhtaçtır. Ebeveynin bu ihtiyaçları karşılamaması çocuğun her türlü gelişimine zarar verir. Dolayısıyla ilgisiz bir aile ortamında yetişen çocukların ebeveyniyle sağlıklı bir iletişiminden söz etmek mümkün değildir. Hatta böyle bir ortamda iletişimsizlik hakimdir. Özetle belirtmek gerekirse yukarıda değindiğimiz ve itidal üzere olmayan ebeveyn tutumları, çocukların fiziksel ve duygusal yönde olumsuz etkilenmelerinin yanı sıra, ebeveyn ve çocuklar arasında sağlıklı bir iletişimin oluşmasına da engel olmaktadır. d) İlgili- Demokratik Ebeveyn: İtidal üzere olan, çocuklarla iletişimde en olumlu sonuçları ihtiva eden ve en çok istenilen tutum ise ilgili-demokratik ebeveyn tutumudur. Demokratik ebeveyn; çocuğa empati, güvenilir, yardımsever, anlayışlı, değer verme, ifade özgürlüğü, içtenlik ve merhamet gibi olumlu iletişim ve sağlıklı ilişkileri kurmaya yönelik temel ahlaki değerleri kazandırdığı

gibi çocuğun duygu, düşünce ve davranışlarının istendik düzeyde ilerlemesine katkıda bulunur (Erkılınç, 2020; Balcı Arvas & Hökelekli, 2017; Selman, 2018).

Aile içi iletişimde dini inanç, ritüel ve kabullere göre hareket eden ilgili ve demokratik olan ebeveynler, çocuklarına karşı tutum ve davranışlarında yukarıda değinilen ahlaki değerleri yansıtırken, mensubu olduğu dinin öğretileri üzere hareket eder. Dolayısıyla dindar- ilgili ve demokratik bir ailede yetişen çocuklarda istisnası olmakla birlikte genellikle dinî eğilim üst düzeyde ve pozitif yönlü olacaktır. Nitekim batıda ve ülkemizde yapılan bazı araştırmalara göre, dindar olan ebeveyn ile olumlu iletişim ve sağlıklı ilişkiler geliştirebilen çocukların dindarlığı arasında pozitif bir ilişki söz konusudur. Ancak bir taraftan dindar olup diğer taraftan baskıcı, aşırı kontrolcü ve ilgisiz olan ebeveyn tutumlarında, çocukların dindarlığa eğilimi alt düzeyde ve negatif yönlü olacaktır (Kimter, 2015).

1.2. Dini İnanç ve Aile Dayanışması

Aile ortamında çoğu kez içinden çıkılması zor durumla karşılaşmak mümkündür. Kimi aileler yaşanılan problemleri aşmakta güçlük çekebilmekte veya çözememekteyken, kimi aileler de tam aksine hiç yılmadan aile içi zorlukların üstesinden gelebilmekte hatta zorlukların çözüme kavuşturulmasının ardından dayanışma ruhu artmakta ve daha fazla güçlenebilmektedirler. Yapılan bazı araştırmaların sonucuna göre yaşanılan zorlukların üstesinden gelen ailelerin çoğunda, aile içi itimat, pozitif bakış açısı, maharetlilik, şeffaf iletişim biçimleri, dayanışmaya dayalı problem çözme vb. ortak özelliklerle karşılaşılmış, ayrıca ortak inanç veya dinî inancın aile bireylerine manevi güç verdiği, dinî değerlerin sorunları çözüme kavuşturmada çok etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Tekdemir & Gürses, 2020).

Evlilik ve aile hayatı çok kapsamlı bir yapı olduğundan, aile içinde dayanışmaya, huzur ve mutluluğa kaynaklık eden birçok faktör söz konusudur. Bu faktörler arasında dinî inanç önemli bir konumda yer almaktadır. Dinî inanç ve öğretiler; eşler arası uyum, çocuk yetiştirme, sosyal çevre gibi hayatın birçok alanında yol gösterici konumdadır. Lambert ve Dollahite gibi bazı araştırmacılar, dindar aileler üzerinde yaptıkları anket çalışmalarının sonucunda, aile içindeki bireylerin dini inancın verdiği manevi güçle ilişki devamlılığına bağlılık, herhangi bir sorunla karşılaştıklarında birbirlerini affetme ve ortak bir paydada uzlaşabilmelerinden bahsetmişlerdir. Dollahite ve Marks'a göre din; evlilikteki sadakat ve bağlılığı, eşler arası uyumu veya ebeveyn ile çocuk arasındaki uyumu, sevgi ve saygıyı, problemlerin üstesinden gelebilmeyi artırmaktadır. Dollahite ve Marks, dindar ailelerin dayanışma halinde olmasının sebepleri arasında şu ortak yöntemleri açıklamışlardır: 1) Yaratıcının kudretine, yol göstericiliğine inanmak, 2) birtakım dini ritüellere dayanarak problemlerin üstesinden gelmek, 3) özelde aile bireylerine genelde ise tüm inananlara sevgi ve saygı göstermek, 4) ortak dini değerleri paylaşarak problemleri gidermek, 5) dinin emir ve nehiylerine göre hareket etmek, 6) eğitim aracılığıyla manevi yükselişte olmak, 7) dünyevi arzu ve isteklerin yerine dini ve ailevi değerleri ön planda tutmak (Balcı Arvas & Hökelekli, 2017).

2. YÖNTEM

2.1. Verilerin Toplanması

Araştırmanın verileri katılımcılardan yüz yüze ve çevrim içi yöntemlerle toplanmıştır. Veri toplama sürecinde katılımcılara araştırmanın amacı doğrultusunda hazırlanan kişisel bilgi formu ile Aile Uyumu Ölçeği ve Müslüman Dindarlık Ölçeği uygulanmıştır. Araştırmaya toplam 319 katılımcı dahil edilmiştir.

2.2. Verilerin Analizi

Araştırmadan elde edilen verilerin analizinde istatistiksel analiz programından yararlanılmıştır. Analizlere başlamadan önce veri setinin kodlaması ve ölçek maddelerinin puanlama yönleri kontrol edilmiştir. Ölçek puanlarının oluşturulmasında kullanılan ölçeklerin puanlama yönergeleri esas alınmış ve ters maddeler uygun biçimde yeniden kodlanmıştır.

Kullanılan ölçme araçlarının iç tutarlılığını belirlemek amacıyla Cronbach alfa katsayıları hesaplanmış, ardından değişkenlere ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri belirlenmiştir. Aile uyumu ile Müslüman dindarlık arasındaki ilişkinin belirlenmesinde Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Dindarlığın hangi boyutlarının aile uyumunu yordadığını belirlemek amacıyla çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizde aile uyumu bağımlı değişken; içten dini yönelim, dıştan dini yönelim ve sorgulayıcı dini yönelim bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilmiştir.

Aile uyumu ve Müslüman dindarlık puanlarının cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklemler t-testi, eğitim durumuna göre farklılıkların incelenmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Yaş değişkeni sürekli yaş değeri yerine sıralı yaş grupları biçiminde kodlandığından, yaş ile aile uyumu ve dindarlık arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde Spearman sıra farkları korelasyon katsayısı kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiştir.

2.3. Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplamak amacıyla Kişisel Bilgi Formu, Aile Uyumu Ölçeği ve Müslüman Dindarlık Ölçeği kullanılmıştır.

Kişisel Bilgi Formu: Katılımcıların sosyodemografik özelliklerini belirlemek amacıyla yaş, cinsiyet ve eğitim durumuna ilişkin sorular kullanılmıştır.

Aile Uyumu Ölçeği: Aile uyumunu belirlemek amacıyla kullanılan ölçek 5 maddeden oluşmakta ve 5'li Likert tipi derecelendirme kullanılmaktadır. Ölçekte aile yaşamının sağlıklılığı, aile ilişkilerindeki huzur, aile üyelerinin birbirleriyle iyi geçinmesi, aileden gurur duyma ve aile içindeki uyum gibi özellikler değerlendirilmektedir. Ölçek formunda 1 ile 5 arasında derecelendirme yapılmaktadır.

Müslüman Dindarlık Ölçeği: Katılımcıların dindarlık düzeylerini belirlemek amacıyla kullanılan ölçek 25 maddeden oluşmakta ve 5'li Likert tipi derecelendirme kullanılmaktadır. Ölçek formunda Allah'a inanma ve bağlanma, dini şüphe ve sorgulama, dua, ibadet, dini tecrübe ve dinin teselli/huzur işlevi gibi dindarlığın farklı yönlerine ilişkin ifadeler yer almaktadır. 6. ve 14. maddeler ters madde olarak belirtilmiştir.

2.4. Araştırma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu toplam 319 katılımcı oluşturmaktadır. Katılımcılara ilişkin sosyodemografik bilgiler yaş, cinsiyet ve eğitim durumu değişkenleri üzerinden değerlendirilmiştir. Yaş değişkeni 18-30, 31-40, 41-50 ve 50 yaş ve üzeri olmak üzere dört kategori halinde; eğitim durumu ise ilkokul-ortaokul, lise, önlisans, lisans ve lisansüstü olmak üzere beş kategori halinde ele alınmıştır.

2.5. Araştırmanın Modeli ve Araştırma Soruları

Bu araştırma, aile uyumu ile dindarlık arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen nicel bir araştırmadır. Araştırmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmada aile uyumu temel bağımlı değişken, dindarlık ise temel bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Ayrıca cinsiyet, yaş ve eğitim durumu değişkenleri bakımından aile uyumu ve dindarlık düzeylerinin farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiştir.

2.6. Araştırma Soruları

1. Aile uyumu ile dindarlık arasında ilişki var mıdır?
2. Dindarlığın hangi boyutları aile uyumunu yordamaktadır?
3. Aile uyumu cinsiyete göre farklılaşmakta mıdır?
4. Dindarlık cinsiyete göre farklılaşmakta mıdır?

5. Yaş ile aile uyumu ve dindarlık arasında ilişki var mıdır?

6. Eğitim durumuna göre aile uyumu ve dindarlık farklılaşmakta mıdır?

3. BULGULAR

Araştırmaya 319 kişi katılmıştır. Betimsel istatistikler incelendiğinde aile uyumu puan ortalamasının 3,824 (SS = 0,814), Müslüman dindarlık puan ortalamasının 3,662 (SS = 0,394) olduğu görülmektedir. Dindarlığın alt boyutlarına ilişkin ortalamalar içten dini yönelim için 3,849 (SS = 0,466), dıştan dini yönelim için 3,378 (SS = 0,603) ve sorgulayıcı dini yönelim için 3,687 (SS = 0,539) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Ölçek ve dindarlık alt boyutlarına ilişkin betimsel istatistikler

Değişken	N	Ort.	SS
Aile Uyumu	319	3,824	0,814
Müslüman Dindarlık	319	3,662	0,394
İçten Dini Yönelim	319	3,849	0,466
Dıştan Dini Yönelim	319	3,378	0,603
Sorgulayıcı Dini Yönelim	319	3,687	0,539

Ölçme araçlarının iç tutarlılıkları incelendiğinde Aile Uyumu Ölçeği için Cronbach alfa katsayısı .902, Müslüman Dindarlık Ölçeği için .729 olarak hesaplanmıştır. Dindarlık alt boyutlarında alfa katsayıları içten dini yönelim için .794, dıştan dini yönelim için .689 ve sorgulayıcı dini yönelim için .569'dur. Sorgulayıcı dini yönelim alt boyutunun iç tutarlılığı diğer boyutlara kıyasla daha düşüktür.

Tablo 2. Ölçeklerin ve dindarlık alt boyutlarının güvenirlik katsayıları

Ölçek/Boyut	Madde sayısı	Cronbach α
Aile Uyumu Ölçeği	5	.902
Müslüman Dindarlık Ölçeği	25	.729
İçten Dini Yönelim	12	.794
Dıştan Dini Yönelim	6	.689
Sorgulayıcı Dini Yönelim	7	.569

Birinci araştırma sorusu olan "Aile uyumu ile dindarlık arasında ilişki var mıdır?" sorusunu test etmek amacıyla Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Aile uyumu ile Müslüman dindarlık arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı, ancak düşük düzeyde bir ilişki bulunmuştur ($r = .148$, $p = .008$, $N = 319$).

Tablo 3. Aile uyumu ile Müslüman dindarlık arasındaki Pearson korelasyonu

Değişken 1	Değişken 2	r	p	N
Aile Uyumu	Müslüman Dindarlık	.148	.008	319

İkinci araştırma sorusunu cevaplamak amacıyla aile uyumu bağımlı değişken; içten dini yönelim, dıştan dini yönelim ve sorgulayıcı dini yönelim bağımsız değişkenler olacak şekilde çoklu doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Regresyon modeli istatistiksel olarak anlamlıdır, $F(3, 315) = 5.329$, $p = .001$; model aile uyumundaki varyansın %4,8'ini açıklamaktadır ($R^2 = .048$; düzeltilmiş $R^2 = .039$). Yordayıcılar ayrı ayrı incelendiğinde yalnızca içten dini yönelimin aile uyumunu pozitif ve anlamlı biçimde yordadığı görülmüştür ($\beta = .220$, $p = .001$). Dıştan dini yönelim ($\beta = -.028$, $p = .685$) ve sorgulayıcı dini yönelim ($\beta = -.049$, $p = .379$) anlamlı yordayıcılar değildir.

Tablo 4. Dindarlık boyutlarının aile uyumunu yordamasına ilişkin çoklu regresyon analizi

Yordayıcı	B	SH	β	t	p
Sabit	2,741	0,443	-	6,193	.000
İçten Dini Yönelim	0,335	0,104	.220	3,210	.001
Dıştan Dini Yönelim	-0,031	0,077	-.028	-0,406	.685
Sorgulayıcı Dini Yönelim	-0,064	0,072	-.049	-0,880	.379

Not. Bağımlı değişken: Aile Uyumu. $R^2 = .048$; düzeltilmiş $R^2 = .039$; $F(3, 315) = 5.329$; $p = .001$.

Üçüncü araştırma sorusu kapsamında aile uyumu puanlarının cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığı bağımsız örneklemler t-testiyle incelenmiştir. Kadın ve erkek katılımcılar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($t = -1.900$, $p = .058$). Kadın katılımcıların ortalaması 3,760 (SS = 0,840), erkek katılımcıların ortalaması 3,941'dir (SS = 0,752).

Dördüncü araştırma sorusu kapsamında Müslüman dindarlık puanlarının cinsiyete göre farklılaştığı belirlenmiştir ($t = 2.282$, $p = .023$). Kadın katılımcıların dindarlık puan ortalaması 3,698 (SS = 0,360), erkek katılımcıların ortalaması 3,594'tür (SS = 0,444). Buna göre kadın katılımcıların dindarlık puanları erkek katılımcılara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir.

Tablo 5. Cinsiyete göre aile uyumu ve Müslüman dindarlık puanlarının karşılaştırılması

Değişken	Kadın Ort. (SS)	Erkek Ort. (SS)	t	p
Aile Uyumu	3,760 (0,840)	3,941 (0,752)	-1,900	.058
Müslüman Dindarlık	3,698 (0,360)	3,594 (0,444)	2,282	.023

Beşinci araştırma sorusu kapsamında yaş grubu ile aile uyumu ve Müslüman dindarlık arasındaki ilişkiler, yaş değişkeni dört sıralı grup olarak kodlandığı için Spearman sıra farkları korelasyonu ile incelenmiştir. Yaş grubu ile aile uyumu arasında pozitif yönlü ve düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($\rho = .181$, $p = .001$, $N = 319$). Buna karşılık yaş grubu ile Müslüman dindarlık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($\rho = -.042$, $p = .452$, $N = 319$).

Tablo 6. Yaş ile aile uyumu ve Müslüman dindarlık arasındaki ilişkiler

Değişken	Spearman ρ	p	N
Aile Uyumu	.181	.001	319
Müslüman Dindarlık	-.042	.452	319

Altıncı araştırma sorusu olan "Eğitim durumuna göre aile uyumu ve dindarlık farklılaşmakta mıdır?" sorusunu cevaplamak amacıyla tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Aile uyumu puanları eğitim durumuna göre anlamlı biçimde farklılaşmamıştır ($F = 1.410$, $p = .230$). Benzer biçimde Müslüman dindarlık puanlarında da eğitim durumuna göre anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($F = 1.393$, $p = .236$).

Tablo 7. Eğitim durumuna göre aile uyumu ve Müslüman dindarlık puanlarının karşılaştırılması

Değişken	F	p
Aile Uyumu	1,410	.230
Müslüman Dindarlık	1,393	.236

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada aile uyumu ile dindarlık arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun yanı sıra dindarlığın farklı boyutlarının aile uyumunu yordama düzeyi ile aile uyumu ve dindarlığın cinsiyet, yaş ve eğitim durumu açısından farklılaşıp farklılaşmadığı araştırılmıştır. Araştırma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde aile uyumu ile dindarlık arasında pozitif yönlü ancak düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunduğu; dindarlığın alt boyutları içerisinde özellikle içten dini yönelimin aile uyumunun anlamlı bir yordayıcısı olduğu görülmüştür. Buna karşılık dıştan dini yönelim ve sorgulayıcı dini yönelim aile uyumunu anlamlı biçimde yordamamıştır. Ayrıca aile uyumunun cinsiyete göre farklılaşmadığı, dindarlığın ise kadınlar lehine anlamlı biçimde farklılaştığı; yaş ile aile uyumu

arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunurken yaş ile dindarlık arasında anlamlı bir ilişki olmadığı ve eğitim durumunun her iki değişken bakımından anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Araştırmanın ilk sorusu kapsamında aile uyumu ile dindarlık arasında pozitif yönlü düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (r=.148, p=.008). Bu sonuç, dindarlık düzeyinin yükselmesiyle aile uyumunun da belirli ölçüde yükseldiğini göstermektedir. Bununla birlikte ilişkinin düşük düzeyde olması, aile uyumunun yalnızca dindarlık değişkeni üzerinden açıklanamayacağını göstermesi bakımından önemlidir. Bu bulgu, dindarlık ile aile ve evlilik ilişkileri arasında olumlu ilişkiler bulunduğunu ortaya koyan önceki araştırmalarla genel olarak örtüşmektedir. Geçioğlu ve Kayıklık (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada dindarlık ile evlilik uyumu arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda dindarlığın evlilik uyumuyla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde Balcı Arvas ve Hökelekli'nin (2017) 562 evli birey üzerinde gerçekleştirdiği araştırmada dindarlık ile evlilik doyumu ve evlilikte sorun çözme arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Uluslararası araştırmalar da dinî değişkenlerin çift ve aile ilişkileriyle bağlantılı olabileceğini göstermektedir. Olson et al. (2015) araştırmasında dini inançların paylaşılması, eş için dua etme ve bağışlama gibi dinî unsurların evlilik doyumuyla pozitif ilişkili olduğu; ayrıca bazı dinî unsurların stres ve önceki boşanma gibi risklerin evlilik doyumu üzerindeki olumsuz etkilerini tamponlayabildiği bulunmuştur.

Bununla birlikte mevcut araştırmada ilişkinin düşük düzeyde olması ayrıca dikkate alınmalıdır. Aile uyumu, iletişim biçimi, kişilik özellikleri, ekonomik koşullar, aile içi roller, sosyal destek, evlilik süresi ve aile üyeleri arasındaki ilişki kalitesi gibi çok sayıda değişkenden etkilenebilecek karmaşık bir yapıdır. Dolayısıyla dindarlığın aile uyumuyla ilişkili olması, aile uyumunun doğrudan veya yalnızca dindarlık tarafından belirlendiği anlamına gelmemektedir. Nitekim mevcut araştırmada regresyon modelinin aile uyumundaki varyansın yalnızca %4,8'ini açıklaması da bu yorumu desteklemektedir.

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, dindarlığın alt boyutları arasında yalnızca içten dini yönelimin aile uyumunu anlamlı biçimde yordamasıdır. Regresyon modeli anlamlı bulunmuş (F(3,315)=5.329, p=.001) ve üç dindarlık boyutu birlikte aile uyumundaki varyansın %4,8'ini açıklamıştır. İçten dini yönelimin standartlaştırılmış regresyon katsayısı β=.220 olup bu değişken aile uyumunun pozitif ve anlamlı bir yordayıcısıdır (p=.001). Buna karşılık dıştan dini yönelim ve sorgulayıcı dini yönelim anlamlı yordayıcılar değildir. Bu sonuç, dindarlığın niteliğinin yalnızca düzeyinin değil, aile ilişkileri açısından önemli olabileceğine işaret etmektedir. İçten dini yönelim, dinin bireyin hayatında başlı başına bir amaç ve anlam kaynağı olarak yaşanmasıyla ilişkilendirilmektedir. Böyle bir dini yönelimin aile ilişkilerinde sabır, bağışlama, sorumluluk, fedakârlık, empati ve bağlılık gibi değerlerin davranışa aktarılmasını kolaylaştırabileceği düşünülebilir. Bu sonuç önceki araştırmalarla da dikkat çekici biçimde paralellik göstermektedir. Mirghafourvand et al. (2019) tarafından İran'da Müslüman kadınlarla gerçekleştirilen bir çalışmada içsel dini yönelim ile evlilik uyumu arasında anlamlı ilişki bulunurken dışsal dini yönelimle anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Araştırmacılar içsel dini yönelimin evlilik uyumunu artırabilecek bir unsur olabileceğini belirtmişlerdir. Bu açıdan çalışmamızın önemli katkılarından biri, dindarlık ile dindarlığın yaşanma biçimi arasındaki ayrımı görünür kılmasıdır. Genel dindarlık ile aile uyumu arasındaki korelasyon düşük düzeyde iken, içten dini yönelimin regresyon analizinde anlamlı yordayıcı olarak ortaya çıkması, aile uyumuyla ilişkili olan unsurun yalnızca dini inanç veya dini pratiklerin yoğunluğu değil, dinin bireyin kişisel hayatında ne ölçüde içselleştirildiği olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık dıştan dini yönelimin anlamlı bir yordayıcı olmaması da dikkat çekicidir. Dini yönelimin bireyin sosyal kabul, statü veya başka dünyevi amaçları için araçsal biçimde kullanılması, aile ilişkilerinde doğrudan olumlu bir ilişki oluşturmayabilir. Dolayısıyla dinin aile yaşamındaki işlevi bakımından dinin ne kadar yaşandığından ziyade nasıl içselleştirildiği önemli olabilmektedir. Sorgulayıcı dini yönelimin anlamlı bir yordayıcı olarak ortaya çıkmaması ise dinî sorgulamanın tek başına aile uyumunu olumlu veya olumsuz biçimde belirleyen bir unsur olmadığını düşündürmektedir. Dini sorgulama; bireyin entelektüel gelişimi, dini düşüncesinin yeniden yapılandırılması ve

anlam arayışıyla ilişkili olabilir. Ancak bunun aile ilişkilerine nasıl yansıyacağı, sorgulamanın içeriği ve bireyin bunu nasıl yönettiği gibi başka değişkenlere bağlı olabilir.

Araştırmanın üçüncü sorusunda aile uyumunun cinsiyete göre farklılaşıp farklılaşmadığı incelenmiş ve kadınlar ile erkekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (t=-1.900, p=.058). Her ne kadar erkeklerin aile uyumu ortalaması kadınlardan biraz daha yüksek olsa da bu fark .05 anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bu sonuç, aile uyumunun cinsiyetten bağımsız olarak değerlendirilebilecek çok boyutlu bir ilişki niteliğine sahip olduğunu düşündürmektedir. Aile uyumu yalnızca bireyin cinsiyetiyle açıklanabilecek bir özellik olmayıp aile içi iletişim, eşler arasındaki ilişki kalitesi, problem çözme biçimleri, aile içi roller ve sosyal destek gibi birçok faktörün ortak etkisiyle şekillenebilir. Öte yandan mevcut sonuç, Balcı Arvas ve Hökelekli'nin (2017) araştırmasında erkeklerin evlilik doyumu ve sorun çözme puanlarının kadınlardan daha yüksek bulunmasıyla tamamen örtüşmemektedir. Söz konusu araştırmada cinsiyet farklılıkları evlilik doyumu ve sorun çözme bakımından anlamlı bulunmuştur. Bu farklılık, araştırmaların kullandığı ölçme araçlarının, örneklemlerin ve ele alınan aile/evlilik değişkenlerinin farklı olmasıyla ilişkili olabilir.

Dördüncü araştırma sorusu kapsamında dindarlığın cinsiyete göre farklılaştığı görülmüştür. Kadınların dindarlık ortalaması (Ort.=3.698), erkeklerin ortalamasından (Ort.=3.594) daha yüksek bulunmuş ve fark istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır (t=2.282, p=.023). Bu bulgu, Türkiye'deki geniş örneklemler üzerinden yapılan araştırmalarla önemli ölçüde uyumludur. Doğan ve Karaca'nın (2021) Türkiye'deki lisansüstü tezleri temel alan meta-analizinde 177 çalışma ve toplam 83.460 katılımcı değerlendirilmiş; cinsiyetin dindarlık üzerindeki etkisinin kadınların lehine, ancak etki büyüklüğü bakımından çok küçük düzeyde olduğu belirlenmiştir (d=.064). Dolayısıyla mevcut araştırmada kadınların dindarlık puanlarının daha yüksek bulunması, Türkiye bağlamında gözlenen genel eğilimle uyumludur. Bununla birlikte farkın büyüklüğünün sınırlı olduğu ve cinsiyetin dindarlığı açıklayan tek veya temel değişken olarak değerlendirilmemesi gerektiği belirtilmelidir. Bu sonuç aynı zamanda Balcı Arvas ve Hökelekli'nin (2017) araştırmasından farklıdır. Anılan çalışmada kadın ve erkeklerin dindarlık düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu farklılık, kullanılan dindarlık ölçme araçlarının farklı olmasıyla ilişkili olabilir. Nitekim dindarlık tek boyutlu bir yapı değildir; dini inanç, ibadet, dini yönelim ve dini hayatın farklı boyutları cinsiyet değişkeniyle farklı biçimlerde ilişkilenebilir.

Araştırmanın beşinci sorusu kapsamında yaş grubu ile aile uyumu arasında pozitif yönlü ve düşük düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (ρ=.181, p=.001). Buna göre yaş grubu yükseldikçe aile uyumu puanlarının da belirli ölçüde yükseldiği görülmektedir. Bu sonuç, aile ilişkilerinin zaman içerisinde farklılaşabileceğini düşündürmektedir. Yaş ilerledikçe bireylerin aile ilişkilerinde daha fazla deneyim kazanması, aile içi sorumluluklara alışması, çatışma çözme konusunda daha fazla deneyim edinmesi ve aile bağlarının önemine ilişkin farkındalıklarının artması mümkün olabilir. Bununla birlikte araştırmanın kesitsel yapısı nedeniyle yaş ile aile uyumu arasındaki bu ilişkinin nedenini doğrudan açıklamak mümkün değildir. Yaş ile dindarlık arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (ρ=-.042, p=.452). Bu sonuç, dindarlığın yaşla birlikte otomatik olarak artan bir özellik olmadığını düşündürmektedir. Bununla birlikte önceki bazı araştırmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Balcı Arvas ve Hökelekli'nin (2017) araştırmasında dindarlığın genel olarak yaşla birlikte yükseldiği bildirilmiştir. Mevcut araştırmada böyle bir ilişkinin bulunmaması, örneklemin özellikleri ve yaşın sürekli değişken yerine yaş grupları biçiminde ölçülmüş olması gibi yöntemsel farklılıklarla ilişkili olabilir.

Araştırmanın altıncı sorusu kapsamında eğitim durumuna göre aile uyumu ve dindarlık puanları incelenmiş ve her iki değişkende de anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu sonuç, eğitim düzeyinin bu araştırmanın örnekleminde aile uyumunu veya dindarlığı tek başına belirleyen bir değişken olmadığını göstermektedir. Özellikle aile uyumu bakımından bu sonuç anlamlıdır. Eğitim düzeyinin yükselmesi bireyin bilişsel ve sosyal kaynaklarını artırabilse de aile uyumu yalnızca eğitim düzeyi üzerinden açıklanabilecek bir yapı değildir. Aile içi iletişim, ekonomik koşullar, kişilik özellikleri, evlilik süresi, sosyal destek ve dini-kültürel değerler gibi birçok faktör aile uyumunun oluşumunda rol oynayabilir. Dindarlık açısından ise mevcut sonuç bazı önceki

araştırmalardan ayrışmaktadır. Balcı Arvas ve Hökelekli'nin (2017) araştırmasında eğitim düzeyinin yükselmesiyle genel dindarlık düzeyinde düşüş tespit edilmiştir. Ancak bu ilişkinin mevcut araştırmada ortaya çıkmaması, dindarlık ile eğitim arasındaki ilişkinin örnekleme ve kullanılan dindarlık ölçümünün niteliğine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Apaydın, H. (2001). Aile içi iletişimin çocuğun dinsel gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, *12*(12–13), 319–337. https://doi.org/10.17120/omuifd.43994

Balcı Arvas, F., & Hökelekli, H. (2017). Dindarlık ile evlilik doyumu ve evlilikte sorun çözme ilişkisi üzerine bir inceleme. *Değerler Eğitimi Dergisi*, *15*(34), 129–160. https://izlik.org/JA64GE47ZX

Ceylan, İ. (2019). Kişilik gelişimi din ilişkisi. *Din ve Bilim: Muş Alparslan Üniversitesi İslami İlimler Fakültesi Dergisi*, *2*(2), 50–72. https://izlik.org/JA99XZ62ET

Doğan, M., & Karaca, F. (2021). Cinsiyetin dindarlık üzerine etkisi: Bir meta analiz çalışması. *Bilimname*, *45*, 219–260. https://doi.org/10.28949/bilimname.953816

Erkılınç, M. M. (2020). *Aile içi iletişim kalıpları, benlik kavramı ve evlilik uyumu arasındaki ilişkinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Işık Üniversitesi].

Geçioğlu, A. R., & Kayıklık, H. (2019). Dindarlık ve evlilik uyumu ilişkisi: Evli bireyler üzerine bir inceleme. *Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 202–224. https://doi.org/10.30627/cuilah.536797

Kimter, N. (2015). İlgili-seven anne-baba tutumları ile din ve dindarlık arasındaki ilişki üzerine. *Dini Araştırmalar*, *18*(46), 9–44. https://doi.org/10.15745/da.69845

Mirghafourvand, M., Farshbaf-Khalili, A., & Ghanbari-Homayi, S. (2019). Marital adjustment and its relationship with religious orientations among Iranian infertile and fertile women: A cross-sectional study. *Journal of Religion and Health*, *58*(3), 965–976. https://doi.org/10.1007/s10943-018-0566-6

Olson, J. R., Marshall, J. P., Goddard, H. W., & Schramm, D. G. (2015). Shared religious beliefs, prayer, and forgiveness as predictors of marital satisfaction. *Family Relations*, *64*(4), 519–533. https://doi.org/10.1111/fare.12129

Selman, A. (2018). Aile-din ilişkisi ve aile içi roller. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, *4*, 13–20. https://izlik.org/JA73UK68LU

Tekdemir, V., & Gürses, İ. (2020). Aile krizleri karşısında aile yılmazlığı üzerinde dinin etkisi: Dindar aileler örneği. *Kocaeli İlahiyat Dergisi*, *4*(2), 253–295. https://izlik.org/JA28KS39HX

Türk Dil Kurumu. (n.d.). İletişim. In Güncel Türkçe Sözlük. Retrieved June 10, 2026, from https://sozluk.gov.tr/

Yılmaz, Z. S., Apaydın, H., & Yüksel, B. N. (2020). Dindarlık ile eşler arası uyum arasındaki ilişkinin incelenmesi: Kahramanmaraş örneği. *Amasya İlahiyat Dergisi*, *15*, 617–648. https://doi.org/10.18498/amailad.811110

RURAL NEIGHBOURHOODS IN TÜRKİYE AS TRANSITIONAL SPACES FROM THE RURAL TO THE URBAN IN THE PROCESS OF RURBANIZATION

Res. Asst. Ahsen Begüm ALTUNTAŞ[1]

[1]Afyon Kocatepe University, Faculty of Science and Letters, Department of Sociology, Urban and Rural Sociology, aaltuntas@aku.edu.tr, ORCID: 0009-0006-1274-9256

Abstract

This study aims to evaluate the process of rural neighbourhood formation, one of the new settlement units emerging from the mutual influence and transformation of urban and rural areas today, within the framework of rurbanization, defined as the urbanization of rural areas. Designed as a theoretical discussion based on secondary literature and legal regulations, the study examines the rural neighbourhood through David Harvey's capital accumulation, Neil Smith's rent gap and Sharon Zukin's cultural transformation of space. The conversion of villages into neighbourhoods under Law No. 6360 and the rural neighbourhood status introduced by Law No. 7254 in 2020 have produced a hybrid settlement form: these areas have been urbanized administratively, while rural ways of life largely persist. The main argument of the study is that rural neighbourhoods, particularly those on the urban fringe, are not merely a product of changing lifestyle preferences. Capital's search for new sites of accumulation, rising land rents and the revaluation of the countryside as a living space intersect in these areas. The rural neighbourhood form produced by rurbanization thus emerges from the intersection of multiple dynamics, including economic, administrative and social change. In this context, evaluating and discussing the formation and transformation of rural neighbourhoods from a sociological perspective also provides an analytical framework for today's increasingly blurred urban and rural phenomena. Rural neighbourhoods, which emerge through the urbanization of the countryside and can be defined as rurban areas, are significant formations in that they represent both the transformation of rural areas and the increasing spatial and sociocultural expansion of cities.

Keywords: Rural Neighbourhood, Rurbanization, Urbanization of the Countryside, Rural-Urban Interaction.

INTRODUCTION

Today, the urban and the rural can no longer be defined through opposition. Evaluating areas defined as urban and rural solely on the basis of their physical distinction offers an insufficient perspective for grasping the contemporary urban-rural relationship. Developments since the twentieth century in particular (such as industrialization, urbanization, technological change and globalization) have caused urban and rural areas to become intertwined not only geographically but also in economic, sociocultural and social terms. In this context, Tekeli (2016), referring particularly to the effects of globalization on urban and rural areas, states that the characteristics specific to these areas have changed and become blurred.

In connection with globalization, the relationship and interaction between rural and urban areas are steadily increasing. This interaction and mobility encompass not only economic activities but also the sociocultural dimension. The spread of functions and activities specific to urban areas towards rural areas has given rise to new forms of rural land use. This, in turn, has created a need for new perspectives on the interaction between urban and rural areas. The concepts of rurban and rurbanization were developed in response to this need. The term rurban, formed by combining the words rural and urban, was first used in 1929. In 2007, Lacour and Puissant defined the outcome of the ruralization of urban space as “rurbanity”. With new developments, however, the definitions of the concept have diversified and become more coherent. Revi et al. (2006, p. 58) defined rurbanism as the integration and co-evolution of urban and rural areas. While rurbanity emphasizes spatial characteristics, it is also used to analyse transformations in peri-urban areas. In other words, the concepts of rurban, rurbanization and rurbanity refer to a process of rural transformation that expresses the interconnectedness of rural and urban areas in a rapidly urbanizing world and the increasing blurring of the distinction between them (Hoffmann et al., 2023, pp. 1739-1745). This transformation denotes the integration of rural areas with urban forms, functions and characteristics. Rurbanization, that is, the urbanization of the countryside, is thus the reproduction of rural areas under the pressure of urbanization. This reproduction takes place not only in the spatial dimension but also in cultural, class, economic, administrative and social dimensions. In this respect, the urbanization of the countryside is important for understanding the formation and sociological transformation of rural neighbourhoods, particularly in rapidly urbanizing countries such as Türkiye.

This study aims to examine the role of the urbanization of the countryside in the formation and transformation of rural neighbourhoods through certain related concepts and theories of David Harvey, Neil Smith and Sharon Zukin. Drawing on these concepts and theories, it discusses how rural neighbourhoods are structured as transitional spaces from the rural to the urban. The study draws attention to the need to treat the urbanization of rural neighbourhoods through various laws and policies as a process in which neighbourhoods are dynamic structures reshaped spatially, socioculturally and economically.

1. THE URBANIZATION OF THE COUNTRYSIDE (RURBANIZATION)

Today, the functions of rural areas have become highly differentiated and diversified. Whereas rural areas once mainly served functions such as the supply of goods, labour and food, they are now urbanizing in ways that cater to tourism, the economy, culture, the environment and new lifestyles. Indeed, in some countries, developments geared towards a semi-rural lifestyle have emerged in areas close to cities. This is linked to rural transformation and is explained through the concept of rurbanization. In its most common usage and definition in the literature, rurbanization refers to rural urbanization or the partial urbanization of rural settlements. The process of rurbanization has reversed the direction of migration from rural-to-urban to urban-to-rural. This process is observed in both developed and developing countries, although its outcomes vary according to countries’ levels of development. Rural urbanization has generally led to changes in land use, in the demographic structure of neighbourhoods, in agricultural and tourism activities and in housing types. Today, rural urbanization has become widespread in many parts of the United States, Australia, Asia and Europe. Among the factors that have spread

this process are the acquisition of rural land on urban fringes and in coastal areas, mostly by the upper class, and the construction of urban lifestyles in these areas (Roberts, 2016, pp. 4-5, 13-14).

Orîndaru et al. (2020, pp. 2-3) note that processes such as economic globalization and neoliberalism have increased the interdependence of rural and urban areas. This growing interdependence, in turn, changes the traditional roles of rural and urban areas. In this process, not only do rural areas take on urban characteristics and functions, but urban areas also come to accommodate activities previously specific to rural areas, such as agriculture. The urbanization of the countryside shows that rural areas have lost their position as centres of agricultural activity and have also come to the fore through non-agricultural production activities.

Delgado-Campos and Ruiz (n.d.) argue that some of the theoretical models and perspectives used to define the forms and functions of rural areas are inadequate for defining and assessing the relationship between urban and rural areas. Noting that the increasing mobility between urban and rural areas today occurs not only in economic activities but also in social and cultural terms, they state that this inadequacy has given rise to new perspectives on rural areas. For them, the urbanization of the countryside is a highly complex process, and the most important contributions to understanding it have been made by social sciences such as sociology and anthropology. Some studies have evaluated this process within the framework of the "new rurality", focusing solely on the diversification of economic and production activities. This perspective, however, is insufficient for analysing the new settlement areas that emerge in the course of rural urbanization, the sociocultural dimension or migration movements.

Rurbanization is an important conceptualization that, in connection with structures and processes in various dimensions such as the economy, politics, society, space and culture, helps us understand the urban-rural relationship in a rapidly urbanizing world, move beyond the increasingly debated blurring of the urban-rural divide, and evaluate holistically both the factors that give rise to rural neighbourhoods and this process of transformation.

2. NEIGHBOURHOOD AND RURAL NEIGHBOURHOOD

Galster notes that social scientists have difficulty defining the neighbourhood, even though it is something everyone recognizes when they see it. He emphasizes that there are different perspectives in the literature on how to define it. Some define the neighbourhood by foregrounding its geographical and spatial dimension, as a place with physical and symbolic boundaries, an area that can be traversed on foot or a geographical entity, while others offer definitions that also include its social and relational dimensions. In these definitions, the neighbourhood is described as a place of interaction, a space where social relations exist, and a unit containing social networks and public spaces. Galster, however, argues that these definitions are incomplete and proposes a new definition: the neighbourhood is "the bundle of spatially based attributes associated with clusters of residences, sometimes in conjunction with other land uses". The key argument of this definition is that the attributes constituting the neighbourhood are spatially based. In other words, spatial attributes are geographical (infrastructure, buildings, etc.) but are above all related to the individuals in that space. Thus, the characteristics of residents (such as age, income level, race and ethnicity) play an important role in determining the identity of the neighbourhood. However, a neighbourhood's identity can be analysed only after its boundaries have been determined. Accordingly, Galster's definition requires first delimiting the neighbourhood geographically and then identifying the attributes that make up its identity or profile. The neighbourhood is both a physical entity and the product of a social collectivity (Galster, 2001, pp. 2111-2113).

Caplow and Forman (1950, pp. 357-360) note that few studies have been conducted on the neighbourhood and that these studies have generally treated it either as a local community or as a process through which neighbourly relations are formed. In their view, this offers an incomplete perspective: the neighbourhood should be addressed in terms of both its spatial and its social dimensions. To this end, drawing on their study of 134 neighbourhoods,

they emphasize that the neighbourhood should be considered not only in its geographical dimension but also as a space in which social relations are materialized.

Kearns and Parkinson (2001, pp. 2103-2110) address the economic and political dimensions that are usually overlooked in definitions of the neighbourhood, describing it as a multi-layered structure in which social relations, identity and economic factors intersect. One of the central questions of their study is whether the neighbourhood still matters in a globalized world. For them, neighbourhoods are among the most important arenas: they are shaped by global influences, are sites of social transformation and constitute the basic unit of everyday life. Neighbourhoods are built on social interaction involving face-to-face communication and a certain degree of proximity. Kearns and Parkinson also point out that neighbourhoods not only generate social capital but also reproduce social and spatial exclusion. In addition, the authors note that neighbourhoods have become markers of status and reputation.

According to Karakaş (2024), neighbourhoods are important socio-spatial units in which individuals establish social relations, develop a sense of belonging and transmit cultural values. In this sense, neighbourhoods are seen not merely as residential areas but also as centres of social interaction and solidarity.

The neighbourhood is defined as a space inhabited by a community whose members know one another and among whom social solidarity exists (Ergenç, 1984, p. 69). Neighbourhoods are spatial forms that express both a form of space and a particular way of life, and in which human relations therefore play a central role. They are settlements with a distinctive structure shaped by values, beliefs, rituals and traditions. Because they embody notions such as solidarity, neighbourliness, commonality, similarity and belonging, they also carry a symbolic meaning. As the basic building block of the city, the neighbourhood is an indispensable element of urban life; in this sense, it also signifies inclusion in the city, that is, being urban (Alver, 2010, p. 117).

As the definitions above suggest, the neighbourhood has generally been regarded as a unit that exists together with the city and as its smallest settlement unit. Under recently implemented laws and policies, however, some rural areas (villages) have also acquired neighbourhood status. This change has altered both urban and rural population figures and the administrative boundaries of urban and rural areas. The distribution and transformation of the urban and rural population in Türkiye reflect historical processes and conditions. Interpreting changes in the urban and rural population solely through demographic and statistical data would be misleading and insufficient; this process of change should not be considered independently of economic, social and political processes. In the first census of the early Republican period, approximately 75% of Türkiye's population lived in rural areas, and the primary economic activity was agricultural production. From 1950 onwards, the effects of industrialization also shaped the distribution of the urban and rural population. In particular, the increasing mechanization of agriculture affected the employment and labour of the rural population, while growing industrialization in cities and the resulting demand for labour led the rural population to migrate to cities. As a result, the urban population exceeded the rural population for the first time in 1985, and the country entered a period of rapid urbanization. Moreover, the neoliberal policies implemented in this period devalued rural areas and agricultural production while making urban areas attractive in many respects. By the 2000s, the urban-rural balance had completely reversed, with the urban population reaching around 70% (Yıldırım, 2013).

Law No. 6360, adopted on 12 November 2012, came fully into force with the 2014 local elections. Under this law, the boundaries of metropolitan municipalities were extended to provincial administrative boundaries, and the legal personalities of villages and township municipalities in these provinces were abolished, converting them into neighbourhoods. With subsequent regulations, the number of metropolitan municipalities reached 30. This administrative change caused the rural population to fall statistically from approximately 23% to 9% (TÜİK, 2013). This process reveals the multidimensional nature of urban-rural population change. According to Tekeli (2015, p. 58), Law No. 6360 enabled cities to be represented areally on maps and eliminated the urban-rural

distinction. Yet Law No. 6360 does not simply mean an increase in the urban population or a decrease in the rural population. Although the rural population has declined statistically, rural lifestyles, sociocultural structures and economic activities persist in many settlements (Sertkaya Doğan & Gökburun, 2019, p. 75). Indeed, after Law No. 6360, the urban-rural distinction based on administrative boundaries lost its meaning. The Turkish Statistical Institute (TÜİK) therefore began to use a new classification based on the Degree of Urbanisation (DEGURBA) method of the Statistical Office of the European Union (Eurostat). According to this density-based classification, 17.3% of Türkiye's population lived in rural areas in 2022 (TÜİK, 2023). Many settlements that are administratively neighbourhoods are still statistically classified as rural. This shows that the phenomenon of the rural neighbourhood emerges precisely in the gap between administrative and social reality. The concept of the rural neighbourhood is used to describe exactly this reality. In 2020, Law No. 7254 added Additional Article 3 to Metropolitan Municipality Law No. 5216. This article allows settlements within metropolitan boundaries that were converted into neighbourhoods from villages or township municipalities to be designated as "rural neighbourhoods". Where a neighbourhood does not qualify as a whole, parts of it of at least 10,000 m^2 may be designated as "rural settled areas". The designation is made by the metropolitan municipal council upon the proposal of the district municipal council. The criteria taken into account include whether rural settlement characteristics persist, distance from the city centre, access to municipal services and the character of the built environment. Socio-economic characteristics such as agriculture and animal husbandry are also among the criteria (Regulation on Rural Neighbourhoods and Rural Settled Areas, 2021, Art. 4). In places granted rural neighbourhood status, certain properties are exempt from property tax, building construction and zoning-related fees are not charged, and water tariffs are reduced. The aim of the regulation is to integrate these settlements into the metropolitan area over time while preserving their rural characteristics (TBMM, 2020, p. 16). However, these exemptions may have a dual effect. While they aim to protect residents who maintain a rural way of life, they may also make these areas more attractive for new housing demand by lowering construction costs. Moreover, the conversion of villages into neighbourhoods has, over time, led to the formation of settlements that are neither fully rural nor fully urban. This is the result of complex and diverse factors: certain contemporary trends (such as sustainable living, living close to nature, the perceived insecurity of urban life and expanding opportunities for remote work), neoliberal policies, the commodification of space, the role of the state in governing and shaping space, and the demands of the middle and upper classes. Rural neighbourhoods are one of these hybrid settlement forms. In this sense, they constitute one of the most concrete examples of a transitional space in the process of rural urbanization. Although rural neighbourhoods, marked by the coexistence of urban and rural characteristics, have acquired neighbourhood status through legal regulation, it is hardly possible for them to acquire urban characteristics and functions rapidly. Likewise, because these neighbourhoods have long had a rural character, their rural characteristics and functions cannot be expected to disappear suddenly in the process of rural urbanization. Rural neighbourhoods are therefore areas undergoing an ongoing transformation in economic, administrative, cultural and social dimensions.

3. A SOCIOLOGICAL ANALYSIS OF THE RURAL NEIGHBOURHOOD

This section offers a sociological evaluation of the rural neighbourhood as a transitional space emerging in the process of rural urbanization. The factors and dynamics that give rise to rural neighbourhoods are analysed under three subheadings, through the concepts of capital accumulation, the rent gap and the cultural transformation of space. The study treats rural neighbourhoods as spaces where the distinction between the urban and the rural is becoming increasingly blurred and intertwined.

3.1. The Urbanization of Capital and the Rural Neighbourhood: David Harvey

In *The Urbanization of Capital*, David Harvey explains the city, urbanization and the transformation of space through the concept of capital accumulation. Harvey's views and theoretical framework are important for evaluating the urbanization of the countryside and the formation of rural neighbourhoods in the context of

capitalist relations of production. They draw attention to how rural areas, and the rural neighbourhoods that emerge through their transformation, are connected to the commodification of space. Harvey discusses the role of capitalism in the production and functioning of space. He criticizes Marxist analyses for focusing too heavily on production processes while neglecting the circulation of capital and consumption. For him, capitalism and capital make sense only when the surplus value produced is realized through consumption, in other words, when it is turned into profit. Today, the impact of capitalism on space is being reshaped and manifested through both urban and rural areas. For Harvey, urbanization cannot be explained merely as spatial expansion or sprawl. Capital accumulation requires the continuous reproduction and restructuring of space. This process involves not only the restructuring of urban areas but also the alteration and transformation of rural areas through capital accumulation. Rural areas thus become targets for new urban formations. In this context, Harvey uses the concept of the "urbanization of capital" to show how capitalism creates the physical and spatial infrastructure that capital needs. In other words, Harvey argues that urbanization is one of the spatial strategies that ensure the continuity of capital (Harvey, 1985, pp. 14-15).

Within Harvey's theoretical framework, two concepts are particularly useful for explaining the formation of rural neighbourhoods. The first is the secondary circuit of capital. According to Harvey, when overaccumulation occurs in industrial production, capital shifts from the primary circuit (production) to the secondary circuit, which comprises the built environment, such as housing, infrastructure and land (Harvey, 1985). Following the conversion of villages into neighbourhoods, development plans are prepared, infrastructure investment increases and land is opened up for housing. This process turns rural areas into a new link in the secondary circuit. The second concept is the spatial fix. Harvey argues that capitalism temporarily resolves its crises of overaccumulation by expanding into new geographical areas and reorganizing space (Harvey, 2001). From this perspective, rural areas on the urban fringe can be read as new sites of spatial fix towards which capital turns. This shift takes place at a time when land with potential for valorization within cities is becoming scarce.

Hence, laws, measures and practices aimed at urbanizing rural areas constitute new arenas of capital accumulation and circulation. Capitalism no longer merely produces and shapes urban spaces and forms; it also brings about the reproduction and transformation of rural areas through spatial restructuring and reclassification. In the case of Türkiye, the conversion of villages on the fringes of metropolitan cities into neighbourhoods is not merely an administrative arrangement. It can also be read as a process that paves the way for meeting capital's need for new investment areas. Consequently, in connection with the urbanization of the countryside, rural neighbourhoods should be understood as reflecting the spatial, economic and sociocultural expansion of capital beyond the city into rural areas, and the emergence of new spatial forms in response to the crises and needs of the capitalist system.

3.2. The Rent Gap and the Rural Neighbourhood: Neil Smith

Building on Harvey, Neil Smith's concept of the "rent gap" is an important tool for emphasizing that rural neighbourhood formation is not merely a spatial or administrative transformation. Smith develops this concept in the context of urban regeneration and gentrification (displacement). For him, urban regeneration arises from the drive to close the rent gap; it is the restructuring of capital through space and the reinvestment of capital in space. The rent gap is defined as "the disparity between the potential ground rent level and the actual ground rent capitalized under the present land use" (Smith, 1979, p. 545). In the context of rural neighbourhoods, the rent gap is particularly pronounced. There is a large difference between the current value of land under agricultural use and the potential value the same land could reach if opened up for residential or commercial use. The transition from village to neighbourhood status and the subsequent zoning regulations pave the way for closing this gap, that is, for realizing the rent.

With this theory, Smith emphasizes that profitability increases when existing, undervalued areas or properties are transformed, revalued and reshaped by capital. The transformation of space means the creation of new areas for capital. Discussing this issue through urban regeneration and displacement, Smith argues that capital does not focus solely on sites of production; every settlement form (housing, neighbourhood, village, etc.) can be reproduced and reshaped in a profit-oriented manner. In this context, rural neighbourhoods have also become part of this process. Opening the countryside to urbanization through the neighbourhood form indicates that space has entered an investment-oriented transformation. In other words, rural neighbourhood formation can be regarded as a form of commodification of rural space. The transition from village to neighbourhood status also increases land values as well as infrastructure services and investment in the area. This may lead investors and urban newcomers to turn to the area. Smith's theoretical framework thus offers an account of how rural neighbourhoods have become sites from which rent can be extracted, as well as of a class-based process of social change. Through rural neighbourhoods, rural areas become new spaces of accumulation for capital.

3.3. The Cultural Transformation of Space and the Rural Neighbourhood: Sharon Zukin

The economic transformation emphasized by Smith proceeds together with the cultural re-signification of space. Here, Sharon Zukin argues that space is transformed not only economically but also culturally. In her study of the conversion of former industrial buildings into loft housing in New York, Zukin shows that culture and aesthetics have become tools for increasing the market value of space (Zukin, 1982/2014). In her later work, she focuses on the concept of "authenticity", discussing how the perception of authenticity attributed to certain places turns into a marketable value. She also shows how the former residents of these places can be displaced in the same process (Zukin, 2010). Zukin's approach is also illuminating for rural neighbourhoods. Today, rural areas are being re-signified as calm, natural, safe and authentic living environments, and village houses, rural housing projects and hobby gardens are marketed through these images. Thus, the cultural reproduction of the countryside also serves to close the rent gap emphasized by Smith.

In the international literature, this process is discussed under the concept of rural gentrification. Phillips (1993) emphasizes that the settlement of urban groups in rural areas transforms the social structure, housing market and local culture of these areas. D. P. Smith and Phillips (2001), in turn, call this transformation, shaped around images of green space, nature and rural landscape, "greentrification". The transformation observed in rural neighbourhoods on the urban fringe in Türkiye should also be considered in light of these concepts. Read together, these perspectives show that rural neighbourhood formation is not merely a change in administrative status but a process concerning for whom, and with what meanings, space is reproduced. All these processes show that the commodification of space for capital circulation extends beyond urban areas into rural areas.

3.4. The Limits of the Framework

It should be stressed, however, that the framework presented in this study does not apply equally to all rural neighbourhoods. Law No. 6360 extended metropolitan boundaries to provincial administrative boundaries, thereby converting into neighbourhoods even mountain and forest villages located dozens of kilometres from city centres. In many of these settlements, it is difficult to speak of a clear orientation of capital or urban newcomers towards the area; instead, processes such as population loss and ageing come to the fore. The approaches of Harvey, Smith and Zukin are therefore explanatory particularly for rural neighbourhoods on the urban fringe, where urbanization pressure is most intensely felt. Nor can the transformation of rural neighbourhoods be explained solely by capital and market dynamics. The state plays a direct role in this transformation by reorganizing space through zoning decisions and legal regulations. Similarly, the former residents of these areas are not passive objects of the process; through strategies such as selling their land, requesting zoning changes or seeking rural neighbourhood status, they are among the actors of the transformation. Understanding the

differentiated forms of rural neighbourhoods and the experiences of local actors requires studies based on field research.

4. CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

The relationship between the urban and the rural has changed fundamentally owing to factors such as neoliberalism, globalization and developments in transport and communication technologies. This change has necessitated rethinking the concepts of the urban and the rural, which the social sciences long defined through opposition. Conceptualizations such as rurban, rurbanization and rurbanity have emerged in response to this need. This study has discussed the formation of rural neighbourhoods in Türkiye within the framework of the urbanization of the countryside (rurbanization) and through the approaches of Harvey, Smith and Zukin.

The first finding of the study is that the rural neighbourhood emerges in the gap between administrative and social reality. Law No. 6360 administratively converted villages into neighbourhoods. In many of these settlements, however, rural ways of life, economic activities and sociocultural structures have persisted. The rural neighbourhood regulation introduced in 2020 shows that this situation has also been acknowledged by the state. In this sense, the rural neighbourhood is a hybrid settlement form that is neither fully rural nor fully urban.

Second, rural neighbourhood formation is not merely a change in administrative status but also a process of economic and cultural transformation. Harvey's concepts of the secondary circuit of capital and the spatial fix explain how rural areas on the urban fringe become new investment areas for capital. Smith's concept of the rent gap reveals one of the main driving forces of this transformation: the difference between the current value of land under agricultural use and the value it could reach once opened to development. Zukin's approach shows that the countryside is being re-signified as a calm, natural and authentic living space. This re-signification culturally legitimizes and accelerates the economic transformation in question.

Nevertheless, the framework proposed in this study does not apply equally to all rural neighbourhoods. In rural neighbourhoods far from city centres, different processes such as population loss and ageing come to the fore. Moreover, as a theoretical discussion based on secondary literature and legal regulations, the study's arguments need to be tested empirically. Three directions can be proposed for future research: a comparative examination of rural neighbourhoods on the urban fringe and those far from city centres; an investigation of the effects of rural neighbourhood status on land values and construction; and field research focusing on the experiences of former residents and newcomers. Such studies would contribute to a more holistic understanding of the rural neighbourhood phenomenon.

REFERENCES

Alver, K. (2010). Mahalle: Mekân ve hayatın esrarlı birlikteliği [Neighbourhood: The mysterious unity of space and life]. *İdealkent: Kent Araştırmaları Dergisi*, (2).

Caplow, T., & Forman, R. (1950). Neighborhood interaction in a homogeneous community. *American Sociological Review, 15*(3), 357-366.

Delgado-Campos, J., & Ruiz, N. (n.d.). Rurbanization in the regional periphery of Central Mexico. In *Human settlement development* (Vol. II). Oxford, UK: EOLSS Publishers. Retrieved from https://www.eolss.net/ebooklib/sc_cart.aspx?File=E1-18-04-04

Ergenç, Ö. (1984). Osmanlı şehrindeki mahallenin işlev ve nitelikleri üzerine [On the functions and characteristics of the neighbourhood in the Ottoman city]. *Osmanlı Araştırmaları, 4*, 69-78.

Galster, G. (2001). On the nature of neighbourhood. *Urban Studies, 38*(12), 2111-2124.

Harvey, D. (1985). *The urbanization of capital*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Harvey, D. (2001). Globalization and the "spatial fix". *Geographische Revue, 3*(2), 23-30.

Hoffmann, E.M., Schareika, N., Dittrich, C. *et al.* (2023). *Rurbanity*: a concept for the interdisciplinary study of rural-urban transformation. *Sustain Sci* 18, 1739-1753. https://doi.org/10.1007/s11625-023-01331-2

Karakaş, M. (Ed.). (2024). *Mekânın toplumsallığı: Kentte sosyomekânsal sistemler* [The sociality of space: Socio-spatial systems in the city]. İstanbul, Türkiye: Ketebe Yayınları.

Kearns, A., & Parkinson, M. (2001). The significance of neighbourhood. *Urban Studies, 38*(12), 2103-2110. http://www.jstor.org/stable/43198188

Law No. 7254. (2020). Kamu Malî Yönetimi ve Kontrol Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun [Law amending the Public Financial Management and Control Law and certain other laws]. *Resmî Gazete* [Official Gazette].

Orîndaru, A., Constantinescu, M., Ţuclea, C.-E., Căescu, Ş.-C., Florescu, M. S., & Dumitru, I. (2020). Rurbanization-Making the city greener: Young citizen implication and future actions. *Sustainability, 12*(17), 7175. https://doi.org/10.3390/su12177175

Phillips, M. (1993). Rural gentrification and the processes of class colonisation. *Journal of Rural Studies, 9*(2), 123–140. https://doi.org/10.1016/0743-0167(93)90026-G

Regulation on Rural Neighbourhoods and Rural Settled Areas. (2021). Kırsal Mahalle ve Kırsal Yerleşik Alan Yönetmeliği. *Resmî Gazete* [Official Gazette], 15 April 2021, No. 31455.

Revi, A., Prakash, S., Mehrotra, R., Bhat, G. K., Gupta, K., & Gore, R. (2006). Goa 2100: The transition to a sustainable RUrban design. *Environment and Urbanization, 18*(1), 51-65. https://doi.org/10.1177/0956247806063941

Roberts, B. H. (2016). Rural urbanization and the development of small and intermediate towns. *Regional Development Dialogue, 35*, 1-23.

Sertkaya Doğan, Ö., & Gökburun, İ. (2019). İstanbul'da köyden mahalleye evrilen yerleşmeler [Settlements evolving from villages into neighbourhoods in Istanbul]. *Coğrafya Dergisi, 39*, 73-87. https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0020

Smith, D. P., & Phillips, D. A. (2001). Socio-cultural representations of greentrified Pennine rurality. *Journal of Rural Studies, 17*(4), 457-469. https://doi.org/10.1016/S0743-0167(01)00014-6

Smith, N. (1979). Toward a theory of gentrification: A back to the city movement by capital, not people. *Journal of the American Planning Association, 45*(4), 538-548. https://doi.org/10.1080/01944367908977002

TBMM. (2020). *Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Teklifi (2/3113) ile Plan ve Bütçe Komisyonu Raporu* [Bill (2/3113) amending the Public Financial Management and Control Law and certain other laws, and the report of the Planning and Budget Committee]. Ankara, Türkiye: TBMM. Retrieved from https://www.tbmm.gov.tr/sirasayi/donem27/yil01/ss228

Tekeli, İ. (2015). Dünya'da değişen yerleşme yapısının yarattığı temsil sorunları ve demografiye yansımaları üzerine [On the representation problems created by the changing settlement structure in the world and their reflections on demography]. *Nüfusbilim Dergisi, 37-38*, 65-78.

Tekeli, İ. (2016). *Dünyada ve Türkiye'de kent kır karşıtlığı yok olurken yerleşmeler için temsil sorunları ve strateji önerileri* [Representation problems and strategy proposals for settlements as the urban-rural opposition disappears in the world and in Türkiye]. Ankara, Türkiye: İdealkent Yayınları.

TÜİK. (2013). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi sonuçları, 2012* [Address-Based Population Registration System results, 2012]. Ankara, Türkiye: Türkiye İstatistik Kurumu.

TÜİK. (2023). *Kent-kır nüfus istatistikleri, 2022* [Urban-rural population statistics, 2022]. Ankara, Türkiye: Türkiye İstatistik Kurumu.

Yıldırım, H. (2013). Türkiye'de kırsal nüfusun değişimi ve illere göre dağılımı (1980-2012) [Change in Türkiye's rural population and its distribution by province (1980-2012)]. *Doğu Coğrafya Dergisi, 18*(29), 239-256. https://doi.org/10.17295/dcd.71070

Zukin, S. (2010). *Naked city: The death and life of authentic urban places*. New York, NY: Oxford University Press.

Zukin, S. (2014). *Loft living: Culture and capital in urban change*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

EVLİLİKTE DENKLİK (KEFÂET) KONUSUNDA GENÇ KUŞAK VE EBEVEYNLERİNİN TUTUM FARKLILIKLARI: NİTEL BİR ARAŞTIRMA

Yüksek Lisans Öğrencisi, Elif Nur KAPLAN

Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Din Sosyolojisi Anabilim Dalı, eliffnuurr00@gmail.com, ORCİD: 0009-0000-7104-3460

Özet

Çalışmada ilk olarak denklik (kefâet) kavramı, denklikle ilgili mezhep görüşleri ile bu konudaki deliller kısaca ele alınmış; Hanefî mezhebinin benimsediği denklik şartları ve günümüzde denkliğin gerekliliği ayetler ve hadis rivayetleri bağlamında değerlendirilmiştir. Ardından kuşak kavramı ve kuşakların karakteristik özellikleri incelenmiştir. Araştırmanın nitel boyutunda yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmış; çalışma grubu 5 genç kadın ve bu genç kadınların anne-babalarından (toplam 15 katılımcı) oluşturulmuştur. Genç kuşak ve ebeveynleri için üçer adet mülakat sorusu hazırlanmış; elde edilen veriler temalara ayrılarak analiz edilmiştir. Bu çalışma, evlilikte denkliği kuşaklararası dönüşüm bağlamında sosyolojik açıdan incelemesi yönüyle önem taşımaktadır. Araştırmanın amacı ise kuşaklararası dönüşümün etkisiyle genç kadınlarla ebeveynlerinin denklik hususunda farklı tutum ve beklentilere sahip olduğunu ve denklik şartlarının günümüzde ne derece geçerliliğini koruduğunu ortaya koymaktır. Yapılan mülakatlar sonucunda elde edilen bulgulara göre, eş seçiminde öne çıkan kriterler, istenmeyen özellikler ve evlilikte aşkın yeterliliği hususunda kuşaklar arasında hem ortak noktalar hem de farklılıklar bulunmaktadır. Genç kadınlar (Z kuşağı) eş seçiminde en çok fiziksel görünüşün beğenilmesi, ahlaki özellikler, karşılıklı sevgi ve saygıya önem verirken; ebeveynler (X kuşağı ve Y kuşağı) dindarlık, ahlaki nitelikler ve inançlı olma kriterlerini ilk sırada değerlendirmektedir. Tüm kuşakların ortak paydası ise "kötü alışkanlıkların bulunması" durumunu, evlilik için en büyük engel olarak görmeleridir. Bununla birlikte araştırmada dikkat çeken en önemli sonuç; tüm kuşakların büyük bir çoğunluğunun evlilikte aşk ve sevgiyi tek başına yeterli bulmayıp mantık, ahlak ve sorumluluk gibi gerçekçi kriterleri esas almasıdır. Sonuç olarak evlilikte denklik (kefâet) anlayışında, ebeveynlerin daha çok geleneksel ve din odaklı bir tutum sergilediği; genç kuşağın ise ebeveynlerinden farklı olarak tercihlerinde duygusal ve görsel hazza daha fazla önem verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Din Sosyolojisi, Kuşaklararası Dönüşüm, Kefâet, Kefâet Şartları, Eş Seçimi.

ATTITUDE DIFFERENCES BETWEEN THE YOUNG GENERATION AND THEIR PARENTS REGARDING EQUIVALENCE IN MARRIAGE (KEFA'AH): A QUALITATIVE RESEARCH

Graduate Student, Elif Nur KAPLAN

Kirikkale University, Institute of Social Sciences, Department of Sociology of Religion, eliffnuurr00@gmail. com, ORCİD: 0009-0000-7104-3460

Abstract

In this study, firstly, the concept of equivalence in marriage (kefa'ah), the views of Islamic jurisprudence sects on equivalence, and the evidence regarding this subject were briefly discussed; the conditions of equivalence adopted by the Hanafi school and the necessity of equivalence today were evaluated in the context of Quranic verses and hadith narrations. Subsequently, the concept of generation and the characteristic traits of generations were examined. In the qualitative dimension of the research, the semi-structured interview technique was utilized; the study group comprised 5 young women and their parents (a total of 15 participants). Three interview questions were prepared for the younger generation and their parents, and the obtained data were analyzed by categorizing them into themes. This study is significant as it examines marital compatibility from a sociological perspective in the context of intergenerational transformation. The aim of the research is to reveal that young women and their parents have different attitudes and expectations regarding compatibility under the influence of intergenerational transformation, and to demonstrate the extent to which the conditions of equivalence maintain their validity today. According to the findings obtained from the interviews, there are both common points and differences between generations regarding the prominent criteria in mate selection, undesirable traits, and the sufficiency of love in marriage. While young women (Gen Z) place the highest emphasis on physical appearance, moral qualities, and mutual love and respect in mate selection; parents (Gen X and Gen Y) consider religiosity, moral attributes, and faith as top-priority criteria. The common denominator of all generations is that they regard "having bad habits" as the greatest obstacle to marriage. Furthermore, the most striking finding of the study is that the vast majority of all generations do not consider love alone sufficient in marriage, but rather value realistic criteria such as logic, morality, and responsibility. In conclusion, it has been determined that in the understanding of marital compatibility (kefa'ah), parents exhibit a more traditional and religion-oriented attitude, whereas the younger generation, unlike their parents, attaches more importance to emotional and visual pleasure in their preferences.

Keywords: Sociology of Religion, Intergenerational Transformation, Kefa'ah, Conditions of Kefa'ah, Mate Selection.

GİRİŞ

Toplumsal dönüşüm süreci, aile kurumunu ve evlilik normlarını şekillendiren geleneksel kabulleri derinden etkilemektedir. İslam Hukukunda evliliğin huzur ve sürdürülebilirliğini esas alan temel ölçütlerden biri olan "kefâet" ilkesi de bu dönüşümden bağımsız değildir. Literatürü incelediğimizde kefâetle ilgili yapılan çalışmalarda konunun yalnızca İslâm Hukuku açısından ele alındığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda genel olarak denklik kavramından, denkliğin arandığı taraftan, denkliğin aranacağı zamandan, denklik hususunda mezheplerin görüşlerinden, denkliği kabul edenler ile kabul etmeyenlerin delillerinden ve denklik şartlarından bahsedilmiştir (Akçay Biçen, 2018). Bunun haricinde yazılan bir makalede Osmanlı'da denkliğin uygulanmasıyla ilgili hususlar ele alınmıştır (Karagöz, 1999). Bir diğer makalede de Hanefî ve Şâfiî mezhebine göre evlilikte kefâetin arandığı yerlerin karşılaştırılması yapılmıştır (Buğda ve Gürdeniz, 2018). Konuyla ilgili yazılan yüksek lisans tezlerinde de denklik yine İslâm Hukuku çerçevesinde ele alınmıştır (Çatlı, 2002). Bunlardan farklı olarak bir yüksek lisans tezinde denkliğin günümüz Türk toplumuna yansıması, yapılan anket çalışması bağlamında değerlendirilmiştir (Çakır, 2006). Yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışma, geleneksel fıkhi bir kavram olan kefâet ile evlilikte denklik kriterlerinin, Z kuşağı ve ebeveynler arasındaki dönüşümünü doğrudan saha verileriyle sosyolojik açıdan incelemesi yönüyle önem taşımaktadır. Araştırmanın amacı ise kuşaklararası dönüşümün etkisiyle genç kadınlarla ebeveynlerinin denklik hususunda farklı tutum ve beklentilere sahip olduğunu ve denklik şartlarının günümüzde ne derece geçerliliğini koruduğunu ortaya koymaktır. Çalışmada ilk olarak denklik (kefâet) kavramı, denklikle ilgili mezhep görüşleri ile bu konudaki deliller kısaca ele alınmış; Hanefî mezhebinin benimsediği denklik şartları ve günümüzde denkliğin gerekliliği ayetler ve hadis rivayetleri bağlamında değerlendirilmiştir. Ardından kuşak kavramı ve kuşakların karakteristik özellikleri incelenmiştir. Araştırmanın nitel boyutunda yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmış; çalışma grubu 5 genç kadın ve bu genç kadınların anne-babalarından (toplam 15 katılımcı) oluşturulmuştur. Genç kuşak ve ebeveynleri için üçer adet mülakat sorusu hazırlanmış; elde edilen veriler temalara ayrılarak analiz edilmiştir.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Kefâet

1.1.1. Kefâet Kavramı ve Kefâetin Gerekliliği

Kefâet, İslâm aile hukukunda evlenecek erkeğin, dini, iktisadi ve sosyal statü açısından kızdan aşağı olmaması anlamına gelmektedir (Köse, 2018, s.283). İslâm hukukçularına göre evlilikte denkliğin gözetilmesindeki temel amaç; kadının huzurlu bir evlilik yapmasını sağlamak ve ailenin itibarını korumaktır. Evlilikte denklikle ilgili hükümler de bu iki amaç doğrultusunda şekillenmiştir. Örfün de etkisiyle kadının kendisine denk olmayan bir erkekle evlenmesi, kızın ailesi açısından utanç vesilesi sayılmıştır. Çünkü böyle bir evlilik yapıldığı durumda toplum tarafından kızın bir noksanlığının bulunduğu düşünülmüştür. (Köse, 2018). Yapılan bazı değerlendirmelerde de denklikle ilgili uygulamaların ve konan hükümlerin Cahiliye Dönemi örflerine ve toplum kabullerine göre şekillendiği; bununla beraber bu hükümlerin örf ve maslahat çerçevesinde güncellenebileceği ifade edilmektedir (Öztürk, 2012; Pekdemir, 2015).

1.1.2. Denklikle İlgili Mezhep Görüşleri

Hanefî mezhebi, İslam hukukunda kefâet konusunu ve bu konuya dair kriterleri en ayrıntılı şekilde ele alan mezheplerdendir. Hanefî fakihlere göre erkekte aranan denklik şartları; soy, Müslüman oluş, hürriyet, meslek, dindarlık ve zenginlik şeklinde sıralanmaktadır. İmam Şâfiî ise kefâetin şartlarını dindarlık, soy, meslek ve sanat, hürriyet, bedensel ve zihinsel özürlü olmamak şeklinde belirlemiştir. Ahmed b. Hanbel'e göre de sadece din ve takvâ ile meslek ve sanat denklik şartlarındandır. Fakat Hanbelî fakihler, bu şartlara zenginlik ve hürriyeti de eklemişlerdir (Aktan, 2022). İmam Mâlik'e göre denklik şartları sadece din ve bununla beraber nikâhın feshine yol açabilecek kusurlardan uzak olma şeklindedir. Ca'feri mezhebinde ise denklik şartlarının kapsamı daha da

daraltılmıştır. Onlara göre denklik şartları sadece iman ve erkeğin nafakayı ödemeye güç yetirebilmesi şeklindedir (Köse, 2018).

1.1.3. Denkliğin Şartları

Denklik şartlarından nesep, dar anlamda çocukla anne ve babası arasındaki soy bağını ifade etmektedir. (Dönmez, 2006, s.573). Evlilikte nesep yani soyun bir kriter olarak sayılıp sayılamayacağı hakkında farklı görüşler vardır. Ebû Hanîfe ve Süfyân es-Sevrî, üstünlüğün yalnızca takva ve amel ile olduğunu bildiren ayet ve hadis rivayetlerinden yola çıkarak soyu, denklik kriterlerinden saymamaktadır. Evlilikte soy açısından denkliğin aranması gerektiğini düşünen âlimler ise Hz. Muhammed'in savaş esnasında tarafların denkliğini gözettiğine vurgu yapan rivayetlerden yola çıkarak denkliğin sadece savaşta değil evlilikte de aranması gerektiğini düşünmüşlerdir (Serahsî, 2008). Tekâsür Sûresi'nde de mal, evlat gibi şeylerin çokluğuyla övünme, Cahiliye Araplarının bakış açısı üzerinden eleştirilmiş; üstünlüğün belirleyicisinin yalnızca takva olduğu vurgulanmıştır (Karaman, Çağrıcı, Dönmez ve Gümüş, 2020). Peygamberimizin de Cahiliye döneminin kabilecilik anlayışına dayanan soy sopla övünme ve başkalarının nesebini kötüleme gibi âdetleri yasakladığı görülmektedir.

Evlilikte denklikte aranan şartlardan biri de Müslüman oluştur. Konuyla ilgili olarak Bakara Sûresinin 221. ayetinde Allah; "İman etmedikleri sürece Allah'a ortak koşan kadınlarla evlenmeyin. Şundan emin olun ki imanlı bir cariye, sizin hoşunuza gitse de müşrik bir hür kadından iyidir. İman etmedikleri sürece Allah'a ortak koşan erkeklerle de kadınlarınızı evlendirmeyin. Şundan da emin olun ki imanlı bir köle, sizin hoşunuza gitse bile müşrik bir hür kişiden daha iyidir…" (Bakara, 2:221) buyurmaktadır. Bu ayetin nüzul sebebine göre, Müslüman olmadan evvel gayrimüslim bir kadınla ilişki yaşayan Ebû Mersed, hicret sonrası Mekke'ye gittiğinde bu kadınla karşılaşmış ve kadın, kendisiyle ilişki yaşamak istemiştir. Fakat Müslüman olan Ebû Mersed, İslam'ın zinayı yasaklaması sebebiyle bu teklifi geri çevirmiş, durumu Hz. Muhammed'e danışmıştır. Bunun üzerine nazil olan ayette kadının müşrik olması sebebiyle, iman etmediği takdirde onunla evlenemeyeceği belirtilmiştir (Karaman vd., 2020). Ancak ayette Müslüman erkek veya kadınların, ehl-i kitaptan olanlarla evlenip evlenemeyeceğine dair açık bir hüküm yer almamaktadır. Buna karşılık daha sonra indirilen Maide Suresi'nin beşinci ayeti çoğu müctehid tarafından delil alınmış ve Müslüman erkeklerin, ehl-i kitaptan olan kadınlarla evlenebileceği hükmüne varılmıştır. Bu sebeple İslam âlimleri, Müslüman bir kadının ehl-i kitaptan olan bir erkekle evlenemeyeceği hususunda ittifak etmişlerdir (Karaman vd., 2020).

Kefâet şartlarından bir diğeri de hürriyettir. İslâm hukukunda köleliğin zıddı olan hürriyet, kişinin doğuştan sahip olduğu asli ve tabii statüyü ifade etmektedir (Çağrıcı, 1998, s.502). Mebsût'ta ise köleliğin küfürle ilişkilendirilerek ele alındığı görülmektedir. Köle statüsündeki erkekler ya da sonradan azat edilip hürriyetine kavuşan erkekler, hür olan kadınlara denk görülmemiştir (Serahsî, 2008).

Evlilikte denklik şartlarından bir diğeri de servet ve meslek şartıdır. Zenginlik, fıkıh literatüründe temel ihtiyaçlar haricinde mal varlığına sahip olunması durumunu ifade etmektedir (Erkal, 2013, s.276). İslam hukukunda mali ibadetlerin yerine getirilmesinde zenginlik bir ölçüt olarak kabul edilmekle beraber bu durum hiçbir zaman bir ayrıcalık sebebi sayılmamıştır. Hz. Muhammed de hadis rivayetlerinde mal ve mülkün yalnızca Allah'tan istenmesi gerektiğini belirtmiş ve insanları, mal mülk kazanmaları için çalışıp çabalamaya yönlendirmiştir (Erkal, 2013). Bununla beraber Ebû Hanîfe, mesleği, denklik şartlarına dâhil etmezken Ebû Yûsuf, örfe göre bir değerlendirme yapmış ve erkeğin mesleği ile kadının babasının mesleğini karşılaştırmıştır. Ebû Yûsuf'a göre geliri ve itibarı daha düşük meslek gruplarında olan kimseler, daha itibarlı mesleklere sahip babaların kızlarına denk kabul edilmemiştir (Serahsî, 2008).

Denklik şartlarından bir diğeri de dindarlık şartıdır. Dindarlık sadece inanç ve ibadet boyutundan ibaret bir olgu değildir. Bir çalışmasında dindarlığın bütün boyutlarını Bakara Sûresinin 177. ayeti üzerinden değerlendiren Peker'e göre (2012), bahsi geçen ayette dindarlığın iman, ibadet ve ahlak olmak üzere üç farklı boyutundan bahsedilmektedir. Fakat genel anlamda Kur'an ayetleri ele alındığında inanç, ibadet ve ahlak boyutlarıyla beraber

dindarlığın düşünce, bilgi ve duygu boyutlarına vurgu yapan ayetlerin varlığından da söz edilebilir. Örneğin Kur'an'da insanı düşünmeye sevk eden ayetler düşünce boyutuyla ilgiliyken insanın Allah ile ilişkisinde sevgi, korku, ümit gibi duyguları barındırması duygu boyutu; insanın yaratıcısıyla, kendisiyle ve toplumla ilişkisinin niteliğinden bahseden ayetler ise bilgi boyutu kapsamında değerlendirilmektedir. İnsanların dini anlama, yorumlama ve yaşantılarına yansıtma biçimleri de birbirinden farklıdır. Bu sebeple kişilerin dindarlık düzeylerinin de birbirinden farklı olması kaçınılmazdır.

1.2. Kuşak Kavramı ve Teorik Yaklaşımlar

Mannheim'e göre (1952, s. 170) sosyal bir olgu olarak kuşak kavramı, tarihi-sosyal bir süreç içine gömülmüş ilgili yaş gruplarını kapsayan, belirli bir konum kimliğinden başka bir şey temsil etmemektedir. Kuşak kavramını yalnızca biyolojik unsurlarla açıklamak yetersizdir; zira bireylerin toplumsal süreçte paylaştıkları ortak kader, tarihsel olaylardan etkilenme biçimleri ve karşılıklı etkileşimleri kuşak bağının kurulmasına yardımcı olmaktadır. Toplumsal değişim hızı ile beraber kuşaklar sürekli olarak birbirini etkilemektedir. Bu etkileşim, genç ve yaşlı kuşaklar arasında sürekli bir hareketlilik yaratmakta, bu durum da bireylerin zihin ve davranış dünyasını dönüştürmektedir.

Mannheim'in teorisini genişleten bir diğer önemli yaklaşım Strauss ve Howe'a (1991) aittir. Strauss ve Howe (1991, s. 35) kuşağı, "Uzunluğu temel bir yaşam evresine denk gelen, son üç yüzyılda yaklaşık yirmi yıl olan, özel bir kohort grubu" şeklinde tanımlamaktadır. Strauss ve Howe, insan hayatını yirmi ikişer yıllık dört temel evreye ayırarak bu kuşakların akran kişilik özelliklerini ele almakta; kuşakları idealist, tepkisel, yurttaş ve uyumlu olmak üzere dört temel akran kişiliği grubuna ayırmaktadır. Akran kişiliği, kuşakları birbirinden ayıran ve kuşaklar hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayan önemli bir faktördür. Ayrıca aynı kuşağa mensup bireyler arasında farklılıklar ve akran kişiliğinden sapmalar görülebilmektedir.

Mannheim ile Strauss ve Howe yaklaşımları karşılaştırıldığında, her iki tarafın da kuşağı yalnızca biyoloji ile açıklamanın yetersiz olduğunu savunduğu görülmektedir. Mannheim (1952), aynı yıllarda doğmuş olmanın tek başına gerçek bir kuşak bağı kuramayacağını, toplumsal olayları ortak bir kader çerçevesinde deneyimlemenin şart olduğunu savunurken; Strauss ve Howe (1991) ise aynı dönemde yaşayan farklı yaş gruplarının, olaylara kendi yaş pencerelerinden baktıklarını belirtmektedir.

Benzer biçimde Kuran (2022) da kuşak aralıklarının belirlenmesinde teknolojiden ziyade insan ömrünün ve yaşam evrelerinin temel alındığına dikkat çekmektedir. Her yirmi yılda bir yeni bir kuşak dönemi meydana gelmekte ve her kuşak, kendine has ortak karakteristik yapısı ve tarihsel süreçte elde ettiği tecrübesiyle toplumsal yapı içerisindeki yerini almaktadır. Bu bağlamda kuşak olgusu; bireylerin toplumsal olayları deneyimleme şekillerini, tutumlarını ve kuşaklararası aktarım süreçlerini anlamada önemli bir araçtır.

1.2.1. Kuşaklar ve Karakteristik Özellikleri

G.I. Kuşağı: Doğum yılları 1901 ile 1924 arasını kapsayan bu kuşak; Strauss ve Howe'a (1991) göre kendine güvenen, problem çözme becerisine sahip, iyimser bir kuşaktır. Hükümet tarafından çocukluktan yaşlılığa kadar hayatın her döneminde desteklenmiş; bu sebeple refah içinde yaşamış, diğer kuşaklara kıyasla intihar, suç ve yoksulluk oranlarının en düşük olduğu, ahlaki erdemlerin önemsendiği, uyumlu bir kuşaktır.

Sessiz Kuşak: Strauss ve Howe'a (1991) göre 1925-1942, Evrim Kuran'a (2022) göre ise 1927-1945 yılları arasında doğan bu kuşak; yetişkin kurallarına uyum sağlayan, otoriter ve aşırı korumacı ebeveynler tarafından yetiştirilmiş, geleneksel normlara sıkı sıkıya bağlı yapısıyla öne çıkmaktadır. "Geçiş kuşağı" veya "Gelenekçiler" olarak da adlandırılan bu nesil; Strauss ve Howe'a (1991) göre erken yaşlarda çalışma hayatına atılan, dezavantajlı gruplara karşı duyarlı ve yaşlılık dönemlerinde refah içinde yaşamış bir kuşaktır.

Baby Boomers / Bebek Patlaması Kuşağı: İkinci Dünya Savaşı sonrası doğum oranlarının hızlanmasıyla ortaya çıkan ve doğum yılları 1943-1960 arasını kapsayan bu kuşak; Strauss ve Howe'a (1991) göre idealist ve toplumu dönüştürmeyi görev edinmiş bir kuşaktır. Kuran'ın belirttiğine göre (2022) hem ebeveynlerine hem çocuklarına aynı anda bakmak zorunda kalmaları nedeniyle "Sandviç Kuşak" olarak nitelendirilmiştir. Strauss ve Howe'a (1991) göre bireysel gelişime, adalete ve çevre sorunlarına duyarlı olan, aynı zamanda iş ortamına sadakatiyle bilinen bu nesil, Kuran'a göre (2022) ülkemizde 1980 Darbesi'nin sonuçlarından oldukça derin etkilenmiştir.

X Kuşağı: Strauss ve Howe'a göre (1991) "Kayıp Kuşak" veya "13. Kuşak" olarak adlandırılan bu kuşağın doğum yılları 1961 ile 1981 arasını kapsamaktadır. Ekonomik sıkıntılar ve dağılmış aile yapıları ile karşı karşıya kalan, çalışan annelerin çocukları olarak "boyunlarında anahtarla" büyüyen bu kuşaktır. Yetişkinler tarafından umutsuz vaka olarak görülmeleriyle beraber özgüvenleri düşük ama hayatta kalmayı öğrenmek zorunda kalmış bir kuşaktır. Bu sebeple Kuran (2022), Türkiye özelinde bu nesli "Survivor Kuşak" olarak tanımlamaktadır. Kuran'a göre (2022) doğum yılları 1965 ile 1979 yılları arasını kapsayan bu kuşak bireyselliğe, liderliğe, çalışkanlığa önem veren ve kendi başının çaresine bakmak zorunda kalan bir kuşaktır.

Y Kuşağı / Milenyum Kuşağı: Strauss ve Howe'a (1991) göre 1982 ve sonrasını (2000'li yıllara kadar uzanan süreci) kapsayan bu kuşak, çocukların yeniden kazanılmaya çalışıldığı, kitaplarda ve filmlerde çocukların olumlu tasvir edildiği bir dönemde dünyaya gelmiştir. Bu süreçte bebek bakımına ilgi artmış, kürtaj ve boşanma oranları azalmış; çocukların korunması, eğitimi ve sağlığı önemli hale gelmiştir. Ebeveynlerin otoritesinin güçlendiği, babaların da çocuk yetiştirmede aktif rol üstlendiği bu nesilde evliliklerin sürdürülmesine önem verilmiştir. Büyük işler başarma potansiyeline sahip olduğu düşünülen Y Kuşağı, geleceğin kurtarıcıları olarak görülmüştür. Kuran'a (2022) göre ise doğum yılları 1980 ile 1999 arasını kapsayan Y Kuşağı; eğlence odaklı teknolojik gelişmelerin içine doğmuştur. Sadece başarıya odaklanmak yerine süreçten keyif almayı önemseyen, saygıyı yalnızca hak edenlere göstermeyi tercih eden, aynı anda birden fazla işi yapabilen bu nesil, aynı işte uzun yıllar boyunca kalmaya mesafeli yaklaşsa da aile, adalet ve sağlık gibi değerleri dikkate değer bulmaktadır. X kuşağı, "başarı mutluluk getirir" derken, Y kuşağı "mutlu olmak başarıyı getirir" anlayışını benimsemiştir. Bu bağlamda Twenge'in (2009) "Ben Nesli" yaklaşımı da önem taşımaktadır. Twenge'e göre (2009) bu nesil; sorumluluk almaktan ziyade kendi istek, ihtiyaç ve mutluluklarını önceleyen, bireyselliği ilk sıraya koyan ve onaylanma ihtiyacı duymayan bir yapı sergilemektedir. Evlilik ve din algısında da önceki kuşaklardan ayrılan "Ben Nesli", dini inancı kişisel bir mesele olarak görmekte ve güvenilecek tek kişinin yine kendisi olduğunu düşünmektedir.

Z Kuşağı: Teknolojiyi kullanmada ustalaşmış, özgürlüğe, saygıya ve hakkaniyete önem veren Z Kuşağı; 2000-2018 yılları arasında dünyaya gelmiş, teknolojiyle çok erken yaşlarda tanışmış bir nesildir. Kuran'a göre (2022) bu nesil kendini ifade etme, yaratıcılık empati ve çevre sorunlarına duyarlılık hususlarında öne çıkmakta; dijital çağın çocukları olmaları sebebiyle dikkat süreleri kısa olsa da iletişime açık, uzlaşma yanlısı olarak nitelendirilmektedir. Kuran'ın (2019) Ankara, İzmir ve İstanbul'da farklı gelir gruplarıyla yaptığı yüz yüze görüşmeler, Z Kuşağı içinde de semtler ve gelir düzeyleri arasında belirgin farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur. Örneğin iki farklı mahalledeki gençlerin müzik zevkleri ve hayalleri farklılaşabilmektedir; arka mahallelerde mafya, şoför, esnaf gibi meslekler hayal edilirken, yüksek gelirli ailelerde mühendislik, doktorluk ve mimarlık gibi alanlar öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, her iki grubun da hayallerini gerçekleştireceğine dair umudu vardır. Ayrıca bu kuşağın güçlü oldukları temel alanlar problem çözme ile sorumluluk alabilme şeklinde belirlenmiştir.

2. YÖNTEM

Araştırmada nitel tekniklerden olan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmış ve soru-cevap şeklinde veriler toplanmıştır. Hem genç kuşak hem de anne babaları için üçer adet mülakat sorusu hazırlanmıştır. Yapılan görüşmelerde elde edilen veriler temalara ayrılarak analiz edilmiştir.

Genç kuşaktan cevaplamaları istenen mülakat soruları sırasıyla şu şekildedir:

1. Evlilik düşündüğünüz kişinin hangi özelliklerini öncelersiniz? Nedenlerini açıklayabilir misiniz?
2. "Kesinlikle evlenmem" dediğiniz kimsenin özelliklerini açıklayabilir misiniz?
3. Evlilik için sadece âşık olmak/sevmek yeterli midir? Neden?

Ebeveynlerden cevaplamaları istenen mülakat soruları sırasıyla şu şekildedir:

1. Kızınızı evlendirmeyi düşündüğünüz kişinin hangi özelliklerini öncelersiniz? Neden?
2. "Kesinlikle kızımı evlendirmem" dediğiniz kimsenin özelliklerini açıklayabilir misiniz?
3. Kızınızın evlilik için sadece âşık olması/sevmesi yeterli midir? Neden?

2.1. Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın örneklemi, toplamda 15 katılımcıdan oluşmaktadır. Katılımcıların cinsiyet dağılımına bakıldığında 10'unun kadın, 5'inin erkek olduğu görülmektedir. Kuşak ve yaş aralıkları incelendiğinde; 2000-2006 doğumlu (20-26 yaş aralığında) 5 genç kız Z kuşağını temsil ederken; anne babalardan 1980-1999 doğumlu (27-46 yaş aralığı) 4 katılımcı Y kuşağını, 1965-1979 doğumlu (47-61 yaş aralığı) 6 katılımcı ise X kuşağını oluşturmaktadır. Tüm katılımcılar bir ilçede yaşamaktadır. Medeni duruma göre ise 10 katılımcı evli, 5 katılımcı ise bekârdır. Eğitim durumu açısından örneklemin 6'sı ilkokul, 1'i ortaokul, 5'i lise, 2'si ön lisans ve 1'i lisans mezunu kişilerden oluşmaktadır. Katılımcıların meslek ve çalışma durumları incelendiğinde; 5 kişinin ev hanımı, 3 kişinin esnaf, 2 kişinin serbest meslek sahibi, 2 kişinin çalışmayan, 1 kişinin özel sektör öğretmeni, 1 kişinin büro personeli ve 1 kişinin öğrenci olduğu görülmektedir. Bireysel gelir algıları incelendiğinde katılımcıların çoğunluğunun (9 kişi) gelirini orta düzeyde, 3 kişinin iyi, 2 kişinin düşük ve 1 kişinin çok düşük düzeyde algıladığı görülmektedir. Son olarak anne ve babaların evlenme şekillerine ilişkin veriler incelendiğinde; 10 ebeveynden 8 ebeveynin akraba evliliği yaptığı, 2 ebeveynin ise kaçarak evlendiği belirlenmiştir. Örneklemde flört veya görücü usulüyle evlenen ebeveyn ise bulunmamaktadır.

Örneklemin kişisel veri gizliliğini korumak amacıyla genç kızlar G1, G2, G3, G4 ve G5 şeklinde; anneler A1, A2, A3, A4 ve A5 şeklinde; babalar ise B1, B2, B3, B4 ve B5 şeklinde kodlanmıştır.

3. BULGULAR

Bu bölümde, katılımcılarla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler çözümlenmiş; araştırma soruları doğrultusunda ortaya çıkan bulgular; eş/damat seçiminde öncelendirilen kriterler, eş/damat seçiminde kaçınılan özellikler ve evlilikte aşkın/sevginin yeterliliği ana temaları çerçevesinde sunulmuştur.

3.1. Eş ve Damat Seçiminde Öncelendirilen Kriterler

Mülakat sorularından ilki doğrultusunda katılımcıların eş/damat seçiminde tek bir kritere bağlı kalmadığı, aksine birden fazla niteliği aynı anda önemsediği görülmektedir. Araştırmada elde edilen veriler incelendiğinde; genç kızlar (Z Kuşağı), eş adayı seçiminde en çok "Fiziksel Görünüşün Beğenilmesi" (5 kişi) ve "Ahlaki Özellikler" (5 kişi) niteliklerini öncelemiştir. Genç kızlardan G1 dış görünüşün önemini "Öncelikle dış görünüşünü beğenmem gerekiyor. Uzun, geniş omuzlu, kumral olsun." şeklinde dile getirirken; G4 "Ne çok esmer ne çok sarışın olsun, kaş ve el yapısı düzgün olsun." ifadeleriyle aynı hususu vurgulamıştır. Ahlaki özelliklerle ilgili olarak G2 "Dürüst, saygılı, merhametli, anlayışlı biri olsun", G3 ise "Güvenilir, dürüst, iyimser olsun. Kaba olmasın, kibar olsun" diyerek beklentilerini belirtmiştir. Bu kriterleri "Karşılıklı Sevgi ve Saygı" (4 kişi) takip etmektedir. Örneğin G2, "Beni çok sevmesi lazım, hayatındaki tek insan benmişim gibi davranması lazım." şeklinde görüş bildirmiştir. Ayrıca genç kızlar için eş adayının inançlı olması (3 kişi) ve meslek sahibi olması (3 kişi) da önem arz etmektedir.

Anneler, kızlarının evleneceği erkekte en fazla kişi sayısıyla "Dindar Olma" (5 kişi) kriterini öncelemiştir. A3 bu durumu "Namaz kılsın, dindar olsun, orucunu tutsun, kızımı hacca umreye götürsün" diyerek ifade etmiştir. Dindarlık kriterini "İnançlı Olma" (4 kişi), "Meslek Sahibi Olma" (4 kişi) ve "Ahlaki Özellikler" (4 kişi) izlemektedir. Annelerin inançlı olma konusunda çoğunlukla "Müslüman olması önemli" (A1) dedikleri; meslek konusunda ise memuriyeti öne çıkardıkları görülmüştür. A3 "Memur olmasını isterim çünkü maaşı, tatili, geliş gidiş saati belirli olur" diyerek, A4 ise "İyi bir mesleği olmasını isterim, devlete sırtını yaslasın" ifadeleriyle bu beklentiyi yansıtmıştır.

Babalar ise en çok "Dindar Olma" (4 kişi) ve "Ahlaki Özellikler" (4 kişi) üzerinde durmuştur. B3 bu doğrultuda "Dindar olsun, namaz kılsın, kızıma da kıldırsın" diyerek dindarlığı namazla ilişkilendirmiştir. Ahlaki özellikler bakımından B5 "Dürüst, güzel ahlaklı, hoşgörülü, terbiyeli biri olsun" ifadesini kullanmıştır. Bu kriterleri "İnançlı Olma" (3 kişi) takip etmiştir. Babalar arasında soy/aile yapısı kriteri sadece 1 katılımcı (B2: "Aile yapısı önemlidir") tarafından dile getirilmiştir. Ayrıca babalardan yalnızca B5, annelerle benzer şekilde "Özel sektör olmasın, devlet memuru olsun" diyerek meslek şartına değinmiştir.

3.2. Eş ve Damat Seçiminde Kaçınılan Özellikler

Mülakat sorularından ikincisi doğrultusunda katılımcıların eş/damat seçiminde istenmeyen özellikleri belirtirken birden fazla unsurdan bahsettikleri görülmektedir. Araştırmada elde edilen veriler incelendiğinde; genç kızlar için en yüksek kişi sayısıyla (5 kişi) "Kötü Alışkanlıklarının Olması" ilk sırada yer almaktadır. G2 bu durumu "Alkol, gece hayatı, kumar olmaması benim için çok önemli. Bunlar insanı saptıran şeyler" şeklinde belirtirken; genel olarak genç kızların alkolü ilk sırada saydığı görülmüştür. Bunu "Fiziksel Beklentileri Karşılamama" (2 kişi; örn. G1: "Sarışın biriyle evlenmem", G3: "Kısa boylu ve esmer olmasın") ve aynı oranla "Uygunsuz Arkadaş Çevresi" (2 kişi; örn. G5: "Kız arkadaş çevresi çok olan birini istemem") ile "Tembellik ve Sorumluluk Alamama" (2 kişi) takip etmektedir. Genç kızların olumsuz ahlaki özelliklere de (1 kişi) değindiği, buna karşın ırk ve siyasi görüş farklılığı konusunda herhangi bir görüş bildirmediği görülmüştür.

Anneler için en fazla istenmeyen özellik "Kötü Alışkanlıklarının Olması"dır (4 kişi; örn. A5: "Alkolik biriyle evlendirmem, alkolün olduğu yerde huzur, mutluluk, bereket olmaz"). Bunu sırasıyla "Dini İnanç Farklılığı" (3 kişi; örn. A2: "Müslüman olmayan biriyle evlendirmem"), "Olumsuz Ahlaki Özellikler" (3 kişi; örn. A4: "Huysuz, sinirli biri de olmaz") ile "Tembellik ve Sorumluluk Alamama" (3 kişi; örn. A1: "Eviyle, eşiyle, çocuğuyla ilgilenmeyecek biriyse vermem") izlemektedir.

Babalar da damat seçiminde en çok "Kötü Alışkanlıklarının Olması" (4 kişi; örn. B5: "Alkolü, kumarı olan birine vermem çünkü sürekli huzursuzluk yaşarlar") üzerinde durmuştur. Ardından "Dini İnanç Farklılığı" (3 kişi) gelmektedir. Babaların annelerden farklı olarak siyasi görüş farklılığı (2 kişi; örn. B2: "Siyasi görüşü benim görüşümden farklı olan biri olmaz"), ırk farklılığı (1 kişi; örn. B3: "Başka ırktan biri olmaz"), işsiz olma (1 kişi; örn. B3: "Kızımı işsiz birine vermem") ve olumsuz ahlaki özellikler ile sorumluluk alamama gibi hususlara da değindikleri görülmüştür.

3.3. Evlilikte Aşkın/Sevginin Yeterliliği

Mülakat sorularından üçüncüsü doğrultusunda evlilikte aşk ve sevginin tek başına yeterli olup olmadığına dair katılımcıların görüşlerinin nasıl şekillendiği görülmektedir. Araştırmada elde edilen veriler incelendiğinde; genç kızlarda, aşk ve sevginin evlilik için tek başına yeterli olmadığını düşünenler çoğunluktadır (4 kişi). G1'in "Yeterli değil. Kafa yapılarımızın uyuşması gerekiyor, hayattan beklentilerimizin aynı düzeyde olması gerekiyor." ifadesini ve G5'in "Yeterli değil çünkü insanlar aşk adı altında normalde kabullenmeyeceği tavırları kabul ediyorlar. Evlendikten sonra o perde kalkıyor ve davranışlar normal gelmemeye başlıyor, boşanmalar başlıyor. Aşkın ve sevginin altında mantık olmalı" şeklindeki ifadesini zikredebiliriz. Bununla birlikte genç kızlar arasında evlilikte aşk/sevgiyi yeterli bulan bir katılımcı (G3) yer almaktadır. G3, "Sevdikten sonra her şeyin

üstesinden gelinebileceğini düşünüyorum. Önceliğim sevmek, sevmediğim bir insanla maddi açıdan iyi olsak da mutlu olamayız" şeklindeki ifadesiyle sevginin maddi açıdan denkliğin önüne geçebileceğini düşündüğü, bu sebeple duygusal bağı yeterli saydığı görülmektedir.

Annelerin tamamı (5 kişi), aşkın/sevginin evlilik için yeterli olmadığını düşünmektedir. A2 ve A3'ün aynı ifadeleri kullanarak "Yeterli değil çünkü aşk karın doyurmuyor" şeklinde görüş bildirdikleri görülmektedir. Yine A5'in de aşkın geçici olduğunu ve mantığın da beslenmesi gerektiğini dile getirdiği "Yeterli değil. Aşk belli bir süre yaşanan, çok duygusal bir şeydir. Aşık olmaları güzel ama mantığın da beslenmesi gerekiyor. Aşkla hiçbir yere varılmaz. Duygular biter, gerçek hayat başlar." şeklindeki görüşü bunu desteklemektedir.

Babalarda da benzer bir durum görülmektedir. Babaların tamamı (5 kişi) aşkın/sevginin evlilikte tek başına yeterli olmadığını ifade etmiştir. B3'ün "Yeterli değil. Aşk gelip geçici; aile, dürüstlük, kişilik özellikleri önemlidir." şeklindeki görüşü ve B2 ile B5'in "Yeterli değil, tanımak daha önemli" şeklindeki ifadeleri bu doğrultudadır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Genç kızlar ile anne babalar karşılaştırıldığında, kefâet algısında belirgin bir farklılaşma olduğu görülmektedir. Z Kuşağı genç kızlar dış görünüş, karşılıklı sevgi/saygı ve ahlaki nitelikleri ön plana çıkarırken; ebeveynler (X ve Y Kuşağı) için öncelik dini inanç, namaz gibi ibadetlerin yerine getirilmesi ve ahlaki niteliklerdir. Babaların dış görünüşten hiç bahsetmemesi dikkat çekicidir. Literatür incelendiğinde; Özteke Kozan ve diğerleri (2019) ile Aksakal ve Akkaş (2023) tarafından yapılan araştırmalarda genç kızların eş seçiminde ahlak, dış görünüş ve sosyoekonomik duruma verdikleri önem, çalışmamızın bulgularıyla örtüşmektedir. Buna karşın, çalışmamızda genç kızlar için maddi gelir ve dindarlığın öncelikli olmadığı görülmüştür. Nitekim Uyanık, Seymen ve Demirdil (2025) de genç kızların eş seçiminde dindarlık kriterinin düşük ortalamaya sahip olduğunu tespit etmiştir. Ebeveynlerin ve özellikle annelerin dindarlık ve meslek odaklı tercihlerine ilişkin bulgularımız Çakır (2006) ve Özkan'ın (2022) çalışmalarıyla paralellik göstermektedir. Çakır'ın (2006) çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da kadınlar ve anneler için eşin iyi bir mesleğe ve ahlaki niteliklere sahip olması önceliklidir; ancak zenginlik tek başına belirleyici bir şart olarak görülmemektedir. Son olarak Pınar (2008) tarafından yapılan çalışmadaki gençlerin eş seçiminde iyi huylu olmaya verdikleri önem bulgularımızı desteklemektedir.

Genç kızlar ile anne babalar karşılaştırıldığında, istenmeyen özellikler konusunda ortak paydanın "Kötü Alışkanlıklar" olduğu görülmektedir. Her üç grup da bu durumu en büyük engel olarak görmektedir. Ancak genç kadınlar (Z Kuşağı) dış görünüş, arkadaş çevresi ve sorumluluk gibi kriterlere daha çok dikkat ederken; ebeveynler (X ve Y Kuşağı) için dini inanç, siyasi görüş ve ırk farklılığı ile işsizlik gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır. Babaların siyasi görüş ve ırk farklılığı ile işsizlik gibi konuları özellikle dile getirmesi dikkat çekmektedir. Literatür incelendiğinde ise yapılan araştırmaların sonuçlarına göre eş seçiminde dini ve siyasi görüş bakımından benzerliğin, erkeklere kıyasla kadınlar için daha fazla önem taşıdığı tespit edilmiştir (Aydın ve Çakır, 2025).

Genç kızlar ile anne ve babalar karşılaştırıldığında, her iki tarafın da çoğunlukla "Aşk/sevgi tek başına yeterli değildir" noktasında birleştiği görülmektedir. En büyük fark; anne ve babaların tamamının bu konuda görüş birliğiyle evlilikte aşkı/sevgiyi yetersiz bulması, genç kızlardan ise çok sınırlı sayıda da olsa bir kişinin aşkı/sevgiyi yeterli bulabilmesidir. Literatür incelendiğinde; yapılan bir araştırma sonucuna göre Z kuşağının evlilikte aşkın varlığına yüksek düzeyde önem verdiği görülmüştür (Uyanık, vd., 2025). Aksakal ve Akkaş'ın (2023) çalışmasında da Z kuşağının eş seçiminde mantıktan ziyade duygusal faktörleri dikkate aldığı görülmüştür. Bizim çalışmamızda ise tam tersi bir sonuç ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla genç kuşak, genel olarak evlilikte aşkın/sevginin tek başına yetmeyeceğini, başka şartların da gerektiğini savunurken; aşkı/sevgiyi diğer unsurların önüne koyan bir kişiyi de göz ardı etmemek gerekir. Yine bulgularımızdan farklı olarak Çakır'ın (2006) çalışmasında kadınlar için karşılıklı aşkın varlığı oldukça önem arz etmektedir. Benzer şekilde yapılan çalışmalardan birinde, elde ettiğimiz bulgulardan farklı olarak X ve Y kuşağına mensup erkeklerin de aynı

kuşaktaki kadınlara kıyasla evlilikte aşkı tek başına yeterli bir unsur olduğuna daha yüksek düzeyde katıldığı görülmüştür (Sungur, Duyar, Yıkılmaz, Boyacı, Urhan, Çetin, Arıkan, Çiçek ve İspaha, 2017). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç, ebeveynlerin, evlilikte duygusal bağdan ziyade denklik şartlarını aradığını göstermektedir.

Sonuç olarak fıkhî bir kavram olan kefâetin günümüz toplumunda kuşaklararası bir dönüşüm geçirdiği açıkça görülmektedir. Kefâet şartları açısından değerlendirecek olursak; ebeveynler evlilikte dini pratikleri, ahlaki nitelikleri ve ekonomik/sosyal güvenceyi ararken; Z kuşağı genç kadınlar estetik uyumu, karşılıklı sevgiyi ve karakteri öncelemektedir. Dolayısıyla ebeveynler evliliği ve evliliğin sürdürülebilmesini daha çok geleneksel, gerçekçi ve kefâet şartlarıyla paralel beklentilere bağlarken; genç kuşak evlilikte duygusal ve görsel yönden tatmin olmayı daha dikkate değer bulmaktadır. Bununla birlikte alkol ve kumar gibi kötü alışkanlıkların tüm kuşaklar tarafından en büyük engel olarak görülmesi ve tüm kuşakların bu ortak kırmızı çizgide buluşması, ahlaki hassasiyetlerin kuşaklararası dönüşümde hâlâ korunduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, Z kuşağı genç kadınlar ile anne babalarının evlilikte kefâet algısını nitel bir perspektifle incelemiştir. Benzer araştırmaların farklı sosyo-ekonomik düzeylerde ve farklı örneklem gruplarıyla genişletilmesi, kefâet algısında toplumsal dönüşüm izlerinin daha kapsamlı anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Akçay Biçen, S. (2018). İslâm aile hukukunda eşler arasında denklik (dindarlık ve zenginlik örneği). *Batman Üniversitesi İslâmi İlimler Fakültesi Hakemli Dergisi,* 2(1), 92-101.

Aksakal, İ. ve Akkaş, İ. (2023). Z kuşağının eş seçme stratejileri: Erzincan örneği. *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS),* 14(51), 273-292.

Aktan, H. (2022). Kefâet. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (c. 25, s. 166-168). TDV Yayınları. https://islamansiklopedisi.org.tr/

Aydın, E. ve Çakır, L. (2025). Üniversite öğrencilerinin evlilik tutumları ile eş seçme stratejileri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi*, 9(2), 243-260.

Buğda, A. ve Gürdeniz, İ. H. (2018). Hanefî ve Şâfiî mezhebine göre evlilikte kefâetin arandığı yerler. *Atlas Ulusal Sosyal Bilimler Dergisi*, 61-78.

Çağrıcı, M. (1998). Hürriyet. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (c. 18, s. 502-505). TDV Yayınları. https://islamansiklopedisi.org.tr/

Çakır, L. (2006). İslâm hukuku kaynaklarında evlilikte denklik meselesi ve günümüz Türk toplumundaki yansıması. Yüksek Lisans Tezi. *Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,* Adana.

Çatlı, İ. H. (2002). İslâm hukukuna göre evlilikte denklik. Yüksek Lisans Tezi. *Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,* Diyarbakır.

Dönmez, İ. K. (2006). Nesep. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (c. 32, s. 573-575). TDV Yayınları. https://islamansiklopedisi.org.tr/

Erkal, M. (2013). Zenginlik. İçinde *Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi* (c. 44, s. 276-278). TDV Yayınları. https://islamansiklopedisi.org.tr/

Gümüş, E. (1999). İslâm hukukuna göre eşler arasında denklik. Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,* Sakarya.

Güneş, M. (2019). İslâm hukukunda evlilikte kefâet konusunda ileri sürülen görüşler ve bunların eleştirel değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,* Konya.

Karagöz, M. (1999). Osmanlı aile hukukunda küfüvün (denklik) tatbikatı ile ilgili bir değerlendirme. *Türk Kültürü İncelemeleri Dergisi*, 123-138.

Karaman, H., Çağrıcı, M., Dönmez, İ. K. ve Gümüş, S. (2020). *Kur'an yolu Türkçe meâl ve tefsir*. Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları.

Köse, S. (2018). Aile hukuku. İçinde T. Türcan (Edt.), *İslâm Hukuku* (ss. 281-372). Ankara: Grafiker Yayınları.

Kuran, E. (2019). *Z: Bir kuşağı anlamak*. İstanbul: Mundi Yayınları.

Kuran, E. (2022). *Telgraftan tablete*. İstanbul: Mundi Yayınları.

Mannheim, K. (1952). The problem of generations. P. Kecskemeti (Ed.), *Essays on the sociology of knowledge* içinde (ss. 276-320). London: Routledge & Kegan Paul.

Özkan, M. A. (2022). Y kuşağı bekâr kadınların evlilik beklentisine yönelik bir araştırma: Erzurum ili örneği. Yüksek Lisans Tezi. *Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,* Erzurum.

Özteke Kozan, H. İ., Baloğlu, M., Kesici, Ş. ve Kamer, Z. (2019). Genç kızların evliliğe ilişkin görüşlerinin incelenmesi: Neden evlenirim? Neden evlenmem? *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 50, 303-323.

Öztürk, M. (2012). Toplumsal cinsiyet meselesine Kur'an zaviyesinden genel bir bakış. *Dini ve Toplumsal Boyutlarıyla Cinsiyet I: Tartışmalı İlmi İhtisas Toplantısı* İçinde (ss. 165-191). Ensar Neşriyat.

Pekdemir, Ş. (2015). Evlilikte denklik konuları üzerine bir değerlendirme. *Din bilimleri Akademik Araştırma Dergisi,* 15(1), 113-149.

Peker, H. (2012). Kur'an'a göre dindarlığın boyutları. *Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi*, 41-49.

Pınar, G. (2008). Üniversite son sınıf öğrencilerinin evliliğe bakış açısı. *Aile ve Toplum: Eğitim-Kültür ve Araştırma Dergisi,* 14(14), 49-60.

Serahsî, Ş. M. (2008). *el-Mebsût*: Cilt 5. (C. Akşit, Çev.). (ss. 34-76). İstanbul: Gümüşev Yayıncılık.

Strauss, W. ve Howe, N. (1991). *Generations: The history of America's future, 1584 to 2069*. New York: William Morrow & Co.

Sungur, M.A., Duyar, N., Yıkılmaz, H., Boyacı, R., Urhan, H. M., Çetin, G., … İspaha, T. (2017). Evlilik ve eş seçme tutumuna kuşakların etkisi: X ve Y kuşaklarının karşılaştırması. *Toplum Ve Sosyal Hizmet*, 28(1), 69-92.

Twenge, J. M. (2009). *Ben nesli* (2. baskı). (E. Öztürk, Çev.). İstanbul: Kaknüs Yayınları.

Uyanık, A., Seymen, Ö. ve Demirdil, G. (2025). Yeni evlenecek çiftlerin eş seçim önceliklerinin incelenmesi. *TOGÜ Sağlık Bilimleri Dergisi,* 2(3), 262-276.

İNCİLİ ÇAVUŞ FIKRALARINDA OTORİTE KARŞISINDA DOLAYLI ANLAM VE SÖYLEMSEL STRATEJİLER

Dr. Ceyhun KAÇMAZ[1]

[1]Bağımsız Araştırmacı, Türk Dili ve Edebiyatı, ceyhunkacmaz@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-1819-6254

Özet

Bu çalışma, İncili Çavuş fıkralarında otorite karşısında dolaylı anlamın nasıl kurulduğunu, otoritenin sözünün bağlam içinde nasıl yeniden yorumlandığını ve bu söyleyişlerin konuşmanın ilerleyişindeki işlevlerini incelemektedir. Araştırma, sözün anlaşılmasını, konuşurun amacına ulaşmasını ve ilişki içindeki konumunu korumasını birbirinden ayrı değerlendirmektedir. Yüz fıkralık metin havuzundan, otorite ilişkisi içeren diyaloglar, dolaylı anlamın veya bağlamsal yeniden yorumlamanın çözümlenebilirliği ve konuşmanın ilerleyişinin izlenebilmesi ölçütleriyle on yazılı aktarım seçilmiştir. Sekiz anlatı çekirdeğini temsil eden bu seçki nitel yakın okumayla incelenmiştir. Avlanma ve hizmetkârlık konulu iki varyant çifti ayrıca karşılaştırılmıştır. Kuramsal çerçevede Searle'ın dolaylı söz edimleri ve Grice'ın konuşma sezdirimi yaklaşımları temel alınmıştır. İroni ve örtük söyleyişin yorumunda yankılama ve yüz tehdidi açıklamalarından yararlanılmıştır. Bulgular, eleştirinin öngörü, ironik övgü, retorik soru ve benzetmeyle iletildiğini; bazı karşılıkların ise otoritenin sözünü bilerek başka türlü yorumlamaya dayandığını göstermektedir. Müsellim anlatısında açık nakil talebinin gerekçesi olan şikâyet, övgü üzerinden dolaylı biçimde iletilir. Avlanma çiftinde konuşma sıraları, dinleyici katılımı ve sonuçlar değişirken hizmetkârlık çiftinde çıkarımı açıklaştıran kişi değişmesine rağmen iş ilişkisi iki aktarımda da sona erer. Elçi anlatısındaki eleştiri padişahın desteğiyle yürütülür; cimri paşa anlatısında ise davetin kesilmesiyle karşılık bulur. Karşılaştırma, nükteli sözü tek başına başarı ölçütü almanın yetersizliğini ortaya koymaktadır. Çalışmanın katkısı, ortak mizahi çekirdeğin farklı ilişkiler içinde nasıl işlediğini önceki talep, verilen cevap ve anlatılan sonuçla birlikte göstermesidir. İncelenen anlatılar, dolaylı anlamın işlevinin sözcenin biçimi yanında muhatabın yetkisi ve konuşurun aldığı destekle de ilişkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İncili Çavuş, dolaylı anlam, söz edimleri, otorite, fıkra varyantları.

INDIRECT MEANING AND DISCURSIVE STRATEGIES IN İNCİLİ ÇAVUŞ ANECDOTES: ENCOUNTERS WITH AUTHORITY

Dr. Ceyhun KAÇMAZ[1]

[1]Independent Researcher, Turkish Language and Literature, ceyhunkacmaz@yahoo.com
ORCID: 0000-0002-1819-6254

Abstract

This study examines how indirect meaning is constructed and authoritative speech is contextually reinterpreted in İncili Çavuş anecdotes and how these processes function as conversations unfold. It distinguishes understanding an utterance from achieving the speaker's purpose and preserving the speaker's position within a relationship. Ten written versions were purposively selected from a pool of one hundred anecdotes using three criteria: dialogue involving authority relations, the potential for analysing indirect meaning or contextual reinterpretation, and traceable conversational development. Qualitative close reading covers eight narrative cores, including two variant pairs concerning hunting and domestic service. Searle's indirect speech acts and Grice's conversational implicature provide the main framework, supplemented by echoic accounts of irony and politeness theory's account of face threat. Criticism emerges through predictions, ironic praise, rhetorical questions, and analogy; other responses deliberately reinterpret authoritative speech. In the oppressive official's transfer, the complaint is conveyed through praise while the transfer request remains explicit. The hunting variants differ in conversational sequences, audience participation, and outcomes. In the service variants, the participant who makes the inference explicit changes, although both versions end in dismissal. Criticism of the envoy receives the ruler's support, whereas criticism of the miserly pasha ends in exclusion from his household. The comparison shows the limits of treating repartee alone as evidence of success. Its contribution is to examine a shared humorous core through the preceding demand, the response, and the reported outcome. The narratives examined suggest that the function of indirect meaning is related not only to the form of the utterance but also to the hearer's authority and the support available to the speaker.

Keywords: İncili Çavuş, indirect meaning, speech acts, authority, anecdote variants.

GİRİŞ

İncili Çavuş fıkralarında bir sözün nükteli bulunması, konuşurun istediğini elde etmesiyle her zaman örtüşmez. Bir paşanın cimriliğini açığa vuran cevap, İncili'nin konaktan uzaklaştırılmasına yol açabilir. Benzer bir söz oyunu başka bir anlatıda istenmeyen bir av görevinden kurtulmasını sağlar. Hazırcevaplığın sonucu, sözün keskinliği kadar başka etkenlere de bağlıdır. Sözün kime, hangi talebin ardından ve hangi konumdan söylendiği de anlatının sonucunu belirleyen unsurlar arasındadır. Bu çalışma, dolaylı anlamın kuruluşunu otoriteyle konuşmanın koşulları ve sonuçlarıyla birlikte ele almaktadır.

İncili Çavuş üzerine yapılan çalışmalar, fıkra kişilerinin çeşitliliğini ve mizahın oluşma yollarını farklı açılardan incelemiştir. Kaçmaz (2024), şahıs kadrosunu ele alarak padişah, vezir ve diğer toplumsal kişilerin anlatılardaki yerlerini değerlendirmiştir. Ekici ve Çiftçi (2023), fıkraları uyumsuzluk teorisi bakımından çözümlemiştir. Bu inceleme ise eleştirinin belirli bir konuşmada nasıl anlaşılır hâle geldiğine ve mizahi karşılıktan sonra ilişkinin nasıl sürdüğüne odaklanmaktadır. Aynı nüktenin farklı aktarımlarındaki konuşma sıralarını ve sonuçlarını karşılaştırmak, bu iki soruyu birlikte değerlendirme imkânı sağlar.

Şenocak ve Alsaç (2020, ss. 137–138), İncili Çavuş'un yönetici sınıfa yönelttiği eleştirileri kış/taşlama miti çerçevesinde değerlendirir. Bu yaklaşım, mizahi cevabı toplumsal değerler adına karşıt gücün eleştirilmesiyle ilişkilendirir. Buradaki çalışma, bu eleştirel işlevi belirli konuşmaların ilerleyişi içinde incelemektedir. Nükteli karşılığın otoriteyi zor durumda bırakması ile konuşurun anlatı sonunda istediği değişikliği elde etmesi ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

İncili Çavuş'un tarihî kimliği ile onun adına anlatılan fıkraların kişisi birbirinden ayrılmalıdır. Albayrak (2000), hayatına ilişkin bilgilerin sınırlılığına ve rivayetlerin çeşitliliğine dikkat çeker. Boratav (1969, ss. 93–94) da İncili'yi, gerçek yaşamı ile kendisine yakıştırılan fıkralar arasındaki ilişki kesin olarak bilinemeyen fıkra tipleri arasında sayar. Ona göre İncili hikâyelerde padişahın musahibidir ve kendisine saray halkının, "hattâ Padişaha kadar, aksayan taraflarını çekinmeden alaya alma yetkisi" tanınmıştır (Boratav, 1969, s. 94). Musahiplik konumu, otoriteye yöneltilen sözün anlatılarda ne ölçüde serbest kaldığı ve bu serbestliğin nerede sınırlandığı sorusunu doğurur. Görkem (2012, ss. 102–103) de Nasreddin Hoca üzerinden tarihî şahsiyet ile fıkra tipi arasındaki ayrımı vurgular. Buradaki inceleme de bu ayrımı esas alarak yazılı anlatıların kurduğu toplumsal ilişkileri ve konuşmaları ele almaktadır.

Araştırmanın temel sorusu, İncili'nin eleştiri, itiraz ve otoritenin sözüne karşılık verme biçimlerinde dolaylı anlamın nasıl kurulduğu ve otoritenin sözünün bağlam içinde nasıl yeniden yorumlandığıdır. Bu soruya iki karşılaştırma eşlik etmektedir: Aynı anlatı çekirdeğinin varyantları arasında söz edimleri ve konuşma sıraları nasıl değişmektedir? Eleştirinin anlaşılması, konuşurun amacına ulaşması ve otorite karşısındaki yerini koruması arasında nasıl bir ilişki bulunmaktadır? Bu sorulara on metnin nitel yakın okumasıyla cevap aranmıştır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

1.1. Dolaylı söz edimi ve konuşurun amacı

Searle'ın dolaylı söz edimleri yaklaşımı, cümlenin anlamı ile o cümle kullanılarak gerçekleştirilen edimin aynı düzlemde olmadığını gösterir. Konuşur bir bildirimde bulunurken bu bildirim aracılığıyla bir isteği veya reddi de iletebilir. Searle'ın tartıştığı örnekte, sinemaya gitme önerisine sınava çalışması gerektiğini söyleyerek karşılık veren kişi, durumunu bildirmenin yanında öneriyi reddeder. Ret ediminin anlaşılması, yalnızca cümlenin sözlük ve dil bilgisi anlamına değil, önceki konuşma sırasına ve paylaşılan bilgiye bağlıdır (Searle, 1979, ss. 31–35). Searle'ın terimleriyle bildirim, sözcük anlamıyla gerçekleştirilen ikincil edim; öneriyi reddetmek ise bunun aracılığıyla gerçekleştirilen birincil edimdir. Bu ayrım, incelemede bir ifadenin soru veya bildirim biçimini onun konuşmadaki eleştiri ya da ret işlevinden ayırmak için kullanılmaktadır.

Searle (1979, ss. 30–31), bir edimin başka bir edim aracılığıyla gerçekleştirilmesi ile sözün ardından bir davranışın ortaya çıkmasını ayırır. Fıkralarda muhatabın ne anladığı ile ne yaptığı da bu yüzden ayrı ayrı ele alınmalıdır. Bir karşılığın hangi edimi ilettiği, sözcenin konuşma içindeki yeri ve muhatabın cevabıyla gerekçelendirilmelidir.

İncelemede bu nedenle üç husus ayrı tutulmuştur: Sözcüklerle hangi önerme dile getirilmiştir, bu önerme bağlam içinde hangi edimi yerine getirmektedir ve anlatıcı bunun ardından hangi sonucu bildirmektedir? Örneğin bir nakil talebi açıkça dile getirilirken talebi gerekli kılan şikâyet dolaylı bırakılabilir. Aynı konuşmanın bir bölümünün açık, başka bir bölümünün dolaylı olması mümkündür. Çözümleme, bütün bir fıkrayı tek bir söz edimi etiketiyle açıklamak yerine, anlamın belirginleştiği sözcelere ve bunların sırasına yönelmektedir.

1.2. Söylenen anlam ve konuşma sezdirimi

Grice (1989, ss. 24–26), konuşurun söylediği ile söyleyerek sezdirdiğini ayırır. Muhatap, söylenenin bağlamdaki ilgisini açıklamak için açıkça dile getirilmeyen bir anlama ulaşabilir. Bu çıkarımda sözcenin anlamı, konuşmanın bağlamı, tarafların paylaştığı bilgi ve konuşmaya ilişkin beklentiler birlikte rol oynar. Grice'ın nicelik, nitelik, bağıntı ve tarz başlıkları altında tartıştığı konuşma ilkeleri, özellikle sözcenin ilk bakışta yetersiz, ilgisiz veya inanılmaz göründüğü durumlarda çıkarımın kurulmasını açıklamaya yardımcı olur (1989, ss. 26–31).

Grice'ın tartışmasında ortak konuşma yönelimi ile tarafların daha uzak amaçları farklılaşabilir; konuşma çatışma da içerebilir (1989, s. 29). Hükümdarla nedim arasındaki güç farkı da böylece çözümlemenin dışında kalmaz. Sözü söyleme hakkı ve yaptırım gücü eşitsiz dağıldığında muhatabın anlamı nasıl yorumladığı ile bu anlama nasıl karşılık verdiği ayrı sorular hâline gelir.

Sezdirim çözümlemesinde, sözcenin açık anlamından bağlam içinde yorumlanan anlama geçişin basamakları gösterilmelidir. Bu geçişte anlatıcının verdiği bilgiler ile konuşma sıralarındaki ipuçları birlikte değerlendirilir. Grice'ın çıkarımın yeniden kurulabilmesine ilişkin vurgusu (1989, s. 31), incelemede bir karşılığın yalnızca sezdirim içerdiğini belirtmek yerine, hangi bilgilerden hareketle eleştiri veya itiraz olarak yorumlandığını açıklamak için temel alınmıştır.

Fıkra, türü gereği dinleyicisinden bu türden bir çıkarım bekler. Boratav (1969, s. 92) fıkranın asıl özelliğini, bitişte nüktenin bütün gücünü duyurmak için "az kelimede çok anlamlı ve oldukça örtülü anlatımlı" olmasında görür; fıkracının dinleyiciden beklediği de nüktenin değerini tartacak bir anlayıştır. Attardo (1994, ss. 271–273, 286–287) ise fıkraların Grice'ın ilkelerini ek bir anlama ulaştırmak üzere açıkça çiğnemekten (flouting) çok ihlal ettiğini, dinleyicinin de bu ihlali mizahi iletişim kipine geçerek karşıladığını ileri sürer. Bu incelemede, anlatı kişisinin çıkarımı ile fıkra dinleyicisinin yorumunu birbirinden ayırmak gerekir. Cimri paşaya söylenen söz, anlatının içinde paşanın yeniden kurabileceği bir eleştiri taşır; aynı sözün dinleyiciyi güldürmesi, fıkranın anlatılışına ilişkin ayrı bir sorudur. Buradaki sezdirim çözümlemesi birincisiyle sınırlıdır.

1.3. İroni ve bağlamsal yeniden yorumlama

Grice, ironiyi nitelik ilkesinin açıkça karşılanmadığı örnekler arasında tartışır. Konuşur, inanmadığı bir övgüyü dile getirerek olumsuz bir değerlendirme iletebilir; dinleyen bu tutumu bağlam yardımıyla çıkarır (1989, s. 34). İroninin anlaşılması, muhatabın konuşurun değerlendirmesini benimsemesiyle aynı şey değildir. Muhatap, kendisinin katılmadığı bir eleştirinin ironik olarak iletildiğini de fark edebilir. Çözümlemede ironi söyleyişin kuruluşunu, konuşma sezdirimi ise bu söyleyişten hangi bağlamsal bilgilerle hangi anlama ulaşıldığını açıklamak için kullanılmaktadır.

İroniyi yalnızca söylenenin tersini kastetmekle açıklamak ise bazı örneklerde yetersiz kalır. Wilson ve Sperber (1992, ss. 59–61), sözlü ironiyi, bir başkasına atfedilen düşüncenin, bir beklentinin veya bir normun yankılanması ve konuşurun buna yönelik onaylamayan tutumunu iletmesi üzerinden açıklar. Yankılama onay bildirmek için de

kullanılabildiğinden tek başına ironi ölçütü değildir. İronik yorumda belirleyici olan, konuşurun yankıladığı değerlendirmeye mesafe almasıdır.

Yankı, sözcüklerin aynen tekrarlanmasını gerektirmez; atfedilen düşünceyle yorumlayıcı benzerlik taşıyan bir yeniden anlatımı, abartmayı veya karikatürleştirmeyi de kapsayabilir (Wilson & Sperber, 1992, ss. 64–66). Bu yaklaşım, valinin müsellim hakkındaki olumlu değerlendirmesini sürdürüyor görünen İncili'nin, o değerlendirmeye nasıl itiraz ettiğini incelemek için kullanılmaktadır. Searle ve Grice'ın sağladığı ayrımlara ek olarak övgünün kaynağını ve konuşurun bu övgü karşısındaki tutumunu belirginleştirir.

Retorik sorunun işlevi de önceki sözce ve ardından gelen tepkiyle belirlenir. Bilgi isteme biçimindeki bir sözce, bağlam içinde eleştiri veya alay işlevi üstlenebilir. Avlanma varyantlarında, aynı köpeklere yöneltilen farklı hitapların ayrı kişilere verilmiş adlar gibi ele alınması bu işleyişe örnektir. Sorunun hangi değerlendirmeyi ilettiği ve konuşmanın devamını nasıl etkilediği, bulgular bölümünde iki aktarım karşılaştırılarak incelenmektedir.

Bağlamsal yeniden yorumlama ise bir sözün olağan konuşma amacından koparılarak başka bir anlamıyla işletilmesini ifade etmektedir. Kızgınlıkla söylenmiş bir uzaklaştırma sözünü somut bir eylem talimatı gibi anlamak veya mecazi bir sınırı fiziksel bir sınırla karşılamak buna örnektir. Bu işlem her durumda Searle'ın tanımladığı dolaylı söz edimiyle özdeş değildir. Bazı fıkralarda mizah, zaten anlaşılmış bir edimin bilerek başka türlü ele alınmasından doğar. Attardo'nun (1994, s. 273) tartıştığı örnekte saatin kaç olduğunu bilip bilmediği sorulan kişi yalnızca "Evet" der; Attardo bu karşılığı dolaylı isteğin yanlış yorumlanması olarak açıklar. Seçkideki yeniden yorumlama örneklerinde ise yanlış anlama bir görünümden ibarettir. Bu ayrım, otoritenin sözünü anlamamak ile o söze karşı bir yorum geliştirmek arasındaki farkı korur. Kullanılan kavramlar farklı düzlemlerde çalışır: Retorik soru sözcenin biçim ve işlevini, yeniden yorumlama anlamın nasıl dönüştürüldüğünü, dolaylı söz edimi ise bir edimin başka bir edim aracılığıyla gerçekleştirilmesini belirtir. Aynı karşılık bu özellikleri birlikte taşıyabilir.

1.4. Yüz tehdidi ve kayıt dışı söyleyiş

Brown ve Levinson (1987, ss. 61, 65–66), eleştiri ve itirazın muhatabın toplumsal benlik sunumunu, kendi terimleriyle "olumlu yüz"ünü tehdit edebileceğini belirtir. Kayıt dışı (off-record) söyleyiş, konuşurun tek bir iletişimsel niyete bağlanmasını güçleştirerek yorumu kısmen açık bırakır; ima, ironi, metafor ve retorik soru bunun dilsel araçları arasındadır (Brown & Levinson, 1987, ss. 211–227). Bu araçların kayıt dışı sayılması, yalnızca dilsel biçimlerine değil, bağlamda birden fazla savunulabilir yoruma izin vermelerine bağlıdır (1987, s. 212). Attardo (1994, s. 287) da mizahi sözün konuşura, söylediğini gerçekten kastetmediğini öne sürerek sözünden geri çekilme imkânı verdiğine dikkat çeker. Bu açıklama sayesinde anlamın dolaylı kuruluşu ile dolaylılığın ilişkiyi koruma imkânı aynı çerçevede ele alınabilir. İncelemede ayrıca hangi yorumun açıklaştırıldığı ve muhatabın ilişki üzerindeki yetkisini nasıl kullandığı izlenmiştir.

2. YÖNTEM

İncelemenin metin havuzu, kaynakçada yer alan yayınlardan yararlanılarak bir araya getirilen 100 İncili Çavuş fıkrası aktarımından oluşmaktadır. Havuzdaki yazılı aktarımlar arasından altı tekil aktarım ve iki varyant çifti olmak üzere on metin seçilmiştir. Bu on metin sekiz anlatı çekirdeğini temsil etmektedir; varyant çiftlerinin her bir üyesi ayrı bir çözümleme birimi olarak ele alınmıştır. Amaçlı seçimde otorite ilişkisi içinde kurulmuş bir konuşma bulunması, dolaylı anlam veya bağlamsal yeniden yorumlamanın çözümlenebilmesi ve konuşmanın ilerleyişinin izlenebilmesi gözetilmiştir. İzlenebilen sonuç, bazı metinlerde bir karar veya yaptırım, uçurum anlatısında ise reddedilen davranışın gerçekleşmemesidir. Sonraki tepkinin bildirilmediği yerlerde çözümleme konuşmanın metindeki son sınırında bırakılmıştır.

Otorite, bu incelemede karşı tarafın davranışını, anlatının konusu olan yükümlülüğü veya ilişkinin sürmesini belirleyebilme yetkisi bakımından kullanılmaktadır. Hükümdarın karar verme gücü, paşanın daveti sürdürme

yetkisi ve işverenin iş ilişkisini sona erdirebilmesi, her metnin kendi ilişki düzeni içinde ele alınmıştır. Ayrıca konuşmanın muhatabı, eleştirinin hedefi ve konuşuru destekleyen makam birbirinden ayrılmıştır. Elçi anlatısında eleştirinin hedefi yabancı temsilciyken müdahaleyi destekleyen padişahtır. Uçurum anlatısında da meydan okuyan şah ile İncili'nin bağlılık bildirdiği kendi hükümdarı ayrı konumlardadır.

Seçilen on aktarımın kaynak kayıtları Süleyman Tevfik (1923), Korok (1940), İncili Çavuş (1965) ve Turan'a (2008) aittir. Tablo 1, her aktarımın kaynak ve sayfa bilgisiyle çözümleme odağını birlikte göstermektedir. Metin içindeki atıflar, incelenen aktarımların bu bibliyografik kayıtlarına göre verilmiştir. Alıntılarda açık harf birleşmeleri ve noktalama sorunları okunabilirlik için giderilmiş, anlatımdaki belirsizlikler korunmuştur. İnceleme, yazılı aktarımlardaki konuşmaların yakın okumasına yöneliktir.

Tablodaki kısa adlandırmalar, metinleri konu bakımından ayırt etmektedir. Bu adlandırmaların işlevi, aynı anlatı çekirdeğine bağlanan aktarımların karşılaştırılmasını kolaylaştırmaktır. İki avlanma ve iki hizmetkârlık metni, aynı olay örgüsünü ve mizahi karşılık çekirdeğini paylaştıkları için çiftler hâlinde karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmanın odağı, ortak çekirdeğin farklı yazılı biçimlerde nasıl işlendiğidir.

Tablo 1. İncelenen metinler, kaynak kayıtları ve çözümleme odakları

Anlatı	Kaynak ve sayfa bilgisi	Çözümleme odağı
Cimri paşa ve köpek	Süleyman Tevfik, 1923, ss. 45–47	Öngörüyle eleştiri; davetin kesilmesi
Müsellimin nakli	Süleyman Tevfik, 1923, ss. 110–112	İronik övgü ve açık nakil talebi
Mücevherli elçi	*İncili Çavuş*, 1965, ss. 8–9	Benzetme ve padişah desteği; ödül
Avlanma birinci aktarım	Süleyman Tevfik, 1923, ss. 61–62	Retorik soru; avdan kurtulma
Avlanma ikinci aktarım	Korok, 1940, ss. 19–20	Retorik soru ve öneri; avı bırakma
Hizmetkârlık birinci aktarım	Süleyman Tevfik, 1923, ss. 63–66	Hesap ve açık yönlendirme; işten çıkarılma
Hizmetkârlık ikinci aktarım	*İncili Çavuş*, 1965, ss. 13–14	Muhatabın çıkarımını onaylama; işten çıkarılma
Tüccarbaşının affı	Süleyman Tevfik, 1923, ss. 38–40	Öfkeli sözü talimat gibi yorumlama; af
Uçurumda sadakat	Turan, 2008, s. 126	Bağlılık bildirimiyle ret
Salıncakta bulunma	Turan, 2008, ss. 144–145	Buyruğu yeniden yorumlama; danışılma

Not. Satırlar Bulgular bölümündeki inceleme sırasına göre düzenlenmiş, varyant çiftleri art arda verilmiştir. Tablodaki on aktarım sekiz anlatı çekirdeğini temsil etmektedir.

Her metin, sözcenin açık anlamı, konuşurun bağlamdan belirlenebilen amacı, muhatabın çıkarımına dayanak veren bilgiler ve anlatıcının bildirdiği sonuç bakımından okunmuştur. Amaç, anlatıcının açık ifadesiyle desteklendiğinde doğrudan belirtilmiş; yalnızca sözcenin bağlamından çıkarılabildiğinde bir yorum olarak sunulmuştur. Aynı biçimde muhatabın anlama durumu, öfkelenme, gülme, açıklama isteme veya karar değiştirme gibi metinde yer alan tepkiler üzerinden değerlendirilmiştir. Metnin bildirmediği bir bağışlama, ceza veya sonraki davranış varsayılmamıştır.

Çözümleme, önceki sözceyi ve ona verilen karşılığı birlikte okuyarak ilerlemiştir. Metnin açıkça bildirdiği amaç ve tepki ile bağlamdan önerilen yorum ayrılmıştır. Muhatabın anlamı açıkça formüle etmesi, yalnızca gülmesine veya öfkelenmesine göre daha belirgin bir anlama göstergesi kabul edilmiştir; bu tepkilerin hiçbiri tek başına bütün çıkarım basamaklarını kanıtlamaz. Burada "strateji", anlamın metindeki kuruluş biçimini adlandırmaktadır. Bilinçli planlama, ancak anlatıcı bunu bildirdiğinde konuşura atfedilmiştir. Araştırma yorumlayıcı yakın okumaya dayandığından sıklık veya kodlayıcı uyumu hesabı yapılmamıştır. Yorumlar, alıntılar ve karşılaştırılan konuşma sıraları üzerinden denetlenebilir hâle getirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Cimri paşaya yöneltilen eleştirinin bir öngörüyle iletilmesi

Paşanın konağına gidip gelen İncili, orada sunulan yiyeceklerin yetersizliğinden rahatsızdır. Anlatıcı paşayı zengin fakat cimri biri olarak tanıtır ve konakta bulunanların yarı aç yaşadığını bildirir. Paşa av için bir tazı bulmasını istediğinde İncili iri ve semiz bir çoban köpeği getirir. Paşanın bu hayvanın tazıya benzemediğini söylemesi üzerine köpeğin konakta bir hafta kalması hâlinde tarif edilenden daha iyi bir tazı olacağını belirtir (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 45–47).

Sözcenin açık anlamı köpeğin kısa sürede değişeceği yönündeki bir öngörüdür. Bu değişimin gerekçesi söylenmez. Ancak anlatıcının yiyecek kıtlığına ilişkin verdiği bilgi, çıkarımı mümkün kılar: Konakta kalanlar yeterince beslenmemektedir; semiz köpek de aynı koşullara girerse zayıflayacaktır; tazıya benzeme, bu yoksunluğun sonucu olacaktır. Paşanın tazıyı "bacakları ince, karnı içine çekilmiş, vücudu zayıf" diye tarif etmesi çıkarımın konuşma içindeki dayanağıdır. İncili'nin "bu köpek bir hafta kalırsa" sözüyle bu bedensel görünüşü konağın besleme koşullarına bağlaması, cimriliğe yönelen eleştiri olarak okunur. Burada hayvanın tür değiştirmesi değil, açlıkla zayıflayıp tazıya benzemesi ima edilir. Öngörü, eleştirinin taşındığı söz edimidir; eleştiri ise bağlamdan çıkarılır.

Anlatı, bu karşılığın ardından paşanın öfkelendiğini ve İncili'yi bir daha konağa davet ettirmediğini bildirir. Metinde yiyeceklerin iyileştirildiğine ilişkin bir bilgi yoktur. Paşanın anlatıcı tarafından bildirilen öfkesi, eleştiriyi fark ettiği yorumunu destekler; çıkarımın bütününü nasıl kurduğunu ise metin göstermez. Anlatıcı, İncili'nin "bu vesileyle paşaya bir ders vermeyi" düşündüğünü açıkça belirtir (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 45–47). Ders verme amacıyla hazırlanan karşılık, anlatı sonunda davetin kesilmesine yol açar. Bu sonuçta paşanın ilişkinin sürmesi üzerindeki yetkisi belirleyicidir. Hazırcevaplığın etkisi ile konuşurun konumunu koruması arasındaki ayrım bu örnekte açıkça görünmektedir.

Şenocak ve Alsaç'ın (2020, ss. 137–138) Turan'dan aktardığı "Bir Haftada Tazıya Döner" anlatısında benzer nükte, padişahın sorusuna verilen cevap içinde yer alır ve vezirin cimriliğine yöneltilen hiciv olarak yorumlanır. Burada okunan Süleyman Tevfik aktarımında ise konuşmanın muhatabı paşadır; anlatı, onun daveti kesmesiyle sonuçlanır. Aktarımlar arasındaki bu fark, nüktenin ortaklığından hareketle aynı muhatabı veya aynı sonucu varsaymamak gerektiğini gösterir. Cimriliğin eleştirilmesi iki okumada da belirgindir; bu eleştirinin konuşur bakımından doğurduğu sonuç ayrıca metinden izlenmelidir.

3.2. Müsellimin övülmesi ve nakil isteğinin açıklığı

Müsellim anlatısında dolaylı söyleyişe geçişin gerekçesi konuşmanın içinde açıklanır. İncili ve beraberindekiler, yerel yöneticinin zulmünden şikâyet etmek için valiye giderler. Müsellim, heyetin gelişini önceden valiye haber vermiş ve şikâyetlerinin önemsenmemesini istemiştir. Vali daha heyet söz almadan müsellimi sevdiğini ve başarılı bulduğunu belirtir. Böylece doğrudan şikâyet etmek, valinin değerlendirmesine karşı çıkmayı da gerektiren bir duruma dönüşür. İncili bu koşulda müsellimin meziyetlerini över; kendi kazalarının onun hizmetlerinden yeterince yararlandığını, başka kazaların da yararlanması için nakledilmesini istediklerini söyler (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 110–112).

Övgünün ironik okunabilmesini sağlayan bilgi, anlatıcının başlangıçta müsellimi zalim olarak tanıtması ve heyetin şikâyet amacıyla yola çıkmasıdır. Övgüyü tek başına gerçek bir memnuniyet bildirimi olarak okumak, heyetin başlangıçtaki şikâyet amacıyla bağdaşmaz. Bağlamla birlikte okunduğunda ise övgü, olumsuz değerlendirmenin karşıt söyleyişle iletilmesine dönüşür. Grice'ın ironik övgü örneği bu karşıtlığı açıklamaya yardımcı olur (1989, s. 34). Vali heyetin şikâyet için geldiğinden önceden haberdardır; dolayısıyla heyetin övgüsünü gerçek memnuniyet bildirimi olarak almamasını sağlayacak bilgiye sahiptir. Buna karşılık nakil isteği, "diğer bir kazâya nakletmenizi ricâ ederiz" sözünde açıkça ifade edilmektedir. Dolaylı olan talebin kendisi değil, onu gerekli kılan şikâyettir.

Övgünün valinin sözünden sonra gelmesi de anlamlıdır. İncili, valinin benimsediği değerlendirmeyi görünüşte paylaşarak onu başka kazaların da yararlanması gerektiği sonucuna taşır. "Buyurduğunuz gibi hattâ daha fazla bile" karşılığı, valinin değerlendirmesinin devralınıp büyütüldüğünü metin içinde gösterir. Wilson ve Sperber'in (1992, ss. 59–61, 64–66) açıklaması bakımından ironik yorumu destekleyen, bu yankıyla birlikte iletilen mesafeli tutumdur. Heyetin şikâyet amacı ile İncili'nin abartılı övgüsü arasındaki uyuşmazlık, sözün övgüye itiraz olarak anlaşılmasını sağlar. Heyetin geliş nedenini bilen valinin gülmesi ve nakil kararı da bu okumayı destekler. İroniyi tanıması, müsellim hakkındaki değerlendirmesini heyetinkiyle bütünüyle aynılaştırmasını gerektirmez. Yorumu taşıyan, olumlu sözlerin olumsuz anlama çevrilmesi kadar övgünün kimden devralındığı ve hangi tutumla yeniden sunulduğudur.

Vali gülerek müsellimi başka yere nakleder. İstenen değişiklik, müsellimin başka bir kazaya gönderilmesiyle gerçekleşir. Kazanım yereldir; idari çözüm de yer değiştirmeyle sınırlıdır. İronik eleştiri, valinin nakil yetkisini kullanmasıyla sonuç alır; yerel yöneticinin yetkisi ise başka bir kazada sürer.

3.3. Elçinin gösterişçiliğine yönelik eleştiri

Yabancı elçinin mücevherlerini gösterişle taşıması padişahı rahatsız eder. İncili'nin önerisi ve padişahın izniyle altından bir nalın ve ibrik yaptırılıp elçinin abdesthanesine konur. Elçi durumu padişaha sorduğunda yanında bulunan İncili cevabı üstlenir ve padişahın insanın değerini mücevherle değil zekâ ve olgunlukla ölçtüğünü söyler. Ardından "Eşek, eşek olduktan sonra ne kadar mücevher taksa kıymeti değişmez" karşılığını verir (*İncili Çavuş*, 1965, ss. 8–9). Elçinin davranışı, genel bir değer yargısının ve benzetmenin hedefi hâline gelir.

Söz, görünüşte değerli taşların insanın değerini artırmayacağını bildiren genel bir değerlendirmedir. Elçinin aşırı süslenmesi konuşmanın konusu olduğundan benzetmenin hedefi kolayca belirlenir. İncili, elçiye doğrudan eşek demeden onu benzetmenin kapsamına alır. Aşağılayıcı değerlendirmenin sertliği ise açıktır. Bu karşılığa önceden düzenlenmiş bir sahne eşlik eder: Değerli nesnelerin abdesthaneye yerleştirilmesi elçiyi soru sormaya yöneltir ve İncili'nin sözlü açıklamasını hazırlar.

Anlatıcı, elçinin utandığını ve mücevherleri bir daha takmadığını açıkça bildirir. İncili'nin müdahalesi padişah tarafından desteklenmiş, sonunda ödüllendirilmiştir. Bu yönüyle cimri paşa anlatısından ayrılır. Orada eleştirilen kişi daveti kesme yetkisini kullanırken burada İncili eleştirisini daha yüksek bir otoritenin izni ve desteğiyle iletir. Dolaylı söyleyişin her durumda aynı derecede koruyucu veya riskli olduğu söylenemez; konuşurun arkasındaki destek ve eleştirinin yöneldiği kişi değişmektedir. Üstelik İncili'nin ödül olarak altın nalınları istemesi, bu sahneyi yalnızca maddi değerin reddi üzerinden okumayı güçleştirir. Müdahale, padişahın yabancı temsilci karşısındaki itibarını destekler ve İncili'ye kazanç sağlar. Örneği bütün otoritelere yönelen genel bir başkaldırı olarak okumak bu nedenle zordur.

3.4. Avlanma varyantlarında retorik soru ve farklılaşan sonuçlar

Avlanma çiftinin ilk metninde İncili, istemediği hâlde paşayla ava gitmektedir. Paşa tavşanı kovalayan köpekleri önce "babam" ve "yavrum" diye teşvik eder; başarısız olduklarında hakaret içeren adlarla çağırır. İncili, babasının

ve yavrusunun tutamadığı tavşanı bu kez başka adlarla çağrılanların tutmasının mümkün olup olmadığını sorar. Paşa öfkelenir, fakat susar ve bundan sonra İncili'yi ava götürmez (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 61–62).

Soruda yeni bir bilgi istenmemektedir. Aynı köpeklerin başarısı, onlara hitap etmek için seçilen sözlere göre değişmeyecektir. İncili, paşanın köpeklere yönelttiği yakınlık ve hakaret sözlerini, sanki farklı varlıklara işaret ediyormuş gibi karşılaştırır. "Babanızın, yavrunuzun tutamadığı tavşanı" diye başlayan soru, aynı köpeklere yöneltilen farklı hitapları gerçek kişi adları gibi ele alarak paşanın sözünü gülünç bir karşılaştırmaya çevirir. Paşanın sevgiden öfkeye geçen hitapları kendi başına mantıksal çelişki değildir; mizah, İncili'nin bu hitapları bilerek başka türlü işlemesinden doğar. Ayrıca anlatıcı, İncili'nin başlangıçta avdan kurtulmak istediğini açıkça bildirdiği için sonraki uzaklaştırılma, yalnızca bir cezalandırma olarak okunamaz. İncili'nin amacı bakımından sonuç, istenmeyen yükümlülüğün sona ermesidir.

Korok'un aktardığı metinde aynı çekirdek korunur; fakat İncili'nin sorusunu "Biz bu işten vazgeçsek daha iyi olur" sözü izler. Eklenen cümle, eleştirel değerlendirmeye avdan vazgeçme önerisini ekler. Aktarımın başında sadrazamın İncili'yi mahcup etmek istediği de belirtilir. İncili'nin karşılığı özellikle yüksek sesle söylemesi, sözü yalnızca sadrazama değil çevredeki dinleyicilere de yöneltir. Anlatıcı, diğer vezirlerin güldüğünü ve sadrazamın bir daha ava çıkmamaya tövbe ettiğini bildirir. Olay daha sonra Hürrem Sultan ve padişaha da anlatılır (Korok, 1940, ss. 19–20). İlk metindeki sonuç İncili'nin ava götürülmemesiyken ikinci metinde sadrazamın avlanmayı bırakmasıdır. Bu iki sonuç birbirinin yerine kullanılamaz.

Varyant karşılaştırması, aynı retorik sorunun farklı konuşma ve dinleyici düzenlerine yerleştirilebildiğini gösterir. İkinci metinde açık bir öneri, karşılığın yüksek sesle söylenmesi ve çevrenin gülmesi, eleştirinin başkalarının da katıldığı bir değerlendirmeye dönüşmesini sağlar. İlk metinde ise paşanın öfkesi ve İncili'yi bir daha götürmeme kararı öne çıkar. Anlatı çekirdeğinin ortaklığı, bütün söz edimlerinin ve sonuçların aynı kalmasını gerektirmemektedir.

Bu anlatı çekirdeği önceki araştırmalarda da incelenmiştir. Ekici ve Çiftçi (2023, s. 1248), Seratlı'dan aktardıkları "Yezit Tazı" örneğini köpeğe yöneltilen hitapların insanla ilişkilendirilmesinden doğan uyumsuzluk üzerinden açıklar. Buradaki karşılaştırma, aynı nüktede sorunun eleştiri işlevini, ardından gelen açık öneriyi ve anlatıcının bildirdiği sonucu birlikte izlemektedir.

3.5. Hizmetkârlık varyantlarında hesabın anlamı ve reddin açığa çıkışı

Hizmetkârlık çiftinde İncili, işe girerken hesapsız iş yapmadığını bildirir. İşveren bu sözü olumlu bir özellik olarak kabul eder. Su getirmesi istendiğinde ise İncili, görevin gerektirdiği hareketleri sayarak işverenin kendi suyunu içmesinin daha az hareket gerektireceğini ileri sürer. Başlangıçta özenli ve düzenli iş yapma beklentisini uyandıran "hesap", emri yerine getirmemeyi gerekçelendiren bir işlem sayımına dönüşür. Mizahi karşılık, işverenin ilk kabulünün farklı bir anlamıyla yeniden önüne getirilmesine dayanır.

Süleyman Tevfik'e bağlanan metinde İncili, kendi yapacağı işi dokuz, işverenin yapacağı işi dört hareket olarak sayar. Konuşma iki aşamada ilerler: Önce hareket sayıları karşılaştırılarak işi işverenin yapmasının daha az hareket gerektireceği ileri sürülür; ardından işverenin ne demek istediğini sorması üzerine İncili, "bizzat kalkıp suyunuzu içiniz" der. İşveren de İncili'nin hesabının işine gelmediğini söyleyip ertesi gün başka bir iş aramasını ister (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 63–66). Başlangıçtaki çıkarım gerektiren gerekçelendirme, son sırada açık bir yönlendirmeye dönüşür.

1965 tarihli metinde hareketler yedi ve üç olarak sayılır. Burada çıkarımın açıklaştırılması farklı bir konuşma sırasıyla gerçekleşir: İşveren "Yani suyu ben mi kalkıp içeyim?" diye sorar; İncili "Evet" karşılığını verir (İncili Çavuş, 1965, ss. 13–14). Eylemin işverene bırakılması anlamını açıkça formüle eden kişi işverenin kendisidir; İncili bu yorumu doğrular. İlk metindeki doğrudan yönlendirmenin yerini, ikinci metinde muhatabın çıkarımını onaylayan bir cevap alır.

İki varyantın sonuçları aynıdır: İş ilişkisi sona erer. İkinci metin, İncili'nin yeniden işsizlerin kahvesine döndüğünü ve hesabı doğru olanın sonunun böyle olduğunu söylediğini de ekler. Hizmetkârlık çifti böylece aynı sonuca farklı konuşma sıraları ve açıklık dereceleriyle ulaşılabildiğini gösterir. İkinci metin ayrıca İncili'nin gün boyunca çok yorulduğunu bildirir. Bu ayrıntı, su getirmeyi reddetmesinin bağlamını genişletir; sözün yalnızca soyut bir hesap oyunundan ibaret olmadığını düşündürür. Bununla birlikte işten çıkarılma sonucu değişmez. Muhatabın çıkarımı açıkça dile getirmesi, İncili'nin yönlendirmesini kabul ettiği anlamına gelmez. İşin nasıl yapılacağını belirleme yetkisi ile iş ilişkisini sürdürme yetkisi konuşma sonunda yeniden ortaya çıkar.

3.6. Öfkeli sözün talimat gibi yorumlanması ve af kararının hazırlanması

Tüccarbaşının affını konu alan anlatıda padişah, yolsuz davranışlarını haber aldığı tüccarbaşının idamını emretmiştir. Tüccarbaşının adamları onu kurtarması karşılığında İncili'ye büyük bir ikram vaat ederler. İncili, hükümdarın güldüğünde öfkesinin geçtiği bilgisine dayanarak ona yaklaşır. Yemeğin hazır olduğunu söylediğinde padişah öfkeyle uzaklaştırıcı ve aşağılayıcı bir söz söyler. İncili, padişahın "Defol şuradan, bilmem nerene sok!" karşılığını somut bir talimat gibi ele alır ve "sahanların kapağını açıp da mı sokayım, yoksa kapağıyla mı?" diye sorar. Padişah güler ve tüccarbaşını affeder (Süleyman Tevfik, 1923, ss. 38–40).

Mizahi etki, hükümdarın niyetinin gerçekten anlaşılamamasından doğmaz. Soru, buyruğa açıklık isteme görünümü altında aşağılayıcı ifadeyi ayrıntıları hesaplanacak bir işe çevirir. Anlatıcı, hükümdarın yalnızca soruya değil İncili'nin aldığı tavır ve vaziyete de güldüğünü bildirir. Anlatıcı etkiyi, sözel karşılıkla bedensel sunumun birlikteliğine bağlar. Buna rağmen burada doğrudan bir af talebinin muhatap tarafından çıkarıldığını söylemek için yeterli kanıt yoktur. Anlatıcının bildirdiği süreç, İncili'nin padişahı güldürmesi ve gülmenin ardından af kararının gelmesidir. Af, mizahi müdahalenin anlatıdaki sonucudur; bütün müdahaleyi tek başına "dolaylı af isteme" diye adlandırmak bu süreci daraltır.

İncili'nin müdahalesi, konuşmanın duygusal gidişini değiştirir. Padişahın sözünü uygulanacak bir işin ayrıntılarına taşıyarak öfkeli söyleyişi mizahi bir sahneye dönüştürür. Af kararını veren yine padişahtır; anlatı bu kararı gülmenin ardından getirir. Bu örneğin inceleme açısından önemi, anlamın çıkarılmasıyla karara etki etmenin farklı yollarla gerçekleşebildiğini göstermesidir.

3.7. Sadakatin mekânsal bir sınırla ifade edilmesi

Anlatının başında İncili'nin İran şahına sefir olarak gönderildiği belirtilir. Şah, kendi adamlarının sadakatini uçurumdan atlama emrine uymalarıyla gösterdikten sonra İncili'nin de hükümdarını sevmesini aynı davranışla kanıtlamasını ister. Burada meydan okuyan kişi şah, İncili'nin sevdiğini bildirdiği kişi ise kendi hükümdarıdır. İncili "Hay hay!" karşılığını verip uçurumun kenarına gider ve durur. Şahın neden durduğunu sorması üzerine "Ben hükümdarımı buraya kadar severim" der (Turan, 2008, s. 126). Söz, bağlılığın derecesini ulaşılan yerle ölçer.

Bu karşılığın açık anlamında sevginin derecesi mekânla ifade edilmektedir. Konuşma bağlamında ise kendini uçuruma atma beklentisi reddedilir. İncili, kendi hükümdarına bağlılığını inkâr etmeden şahın bu bağlılığı özkıyımla kanıtlama beklentisini karşılamayacağını bildirir. Burada kendi hükümdarının emrine karşı gelmekten çok, şahın sadakat ölçüsüne itiraz edilmektedir. İtirazı anlaşılır kılan, yer gösteren ifadenin bedenin durduğu noktayla örtüşmesidir. İlk olumlu cevap ile son duruşun birlikte değerlendirilmesi, sözün tek başına alınmasından daha açıklayıcıdır.

Anlatı, İncili'nin cevabıyla biter. Açıkça bildirilen sonuç, atlamanın gerçekleşmemesidir. Reddi, bağlılık bildirimi ile durma davranışı ortaklaşa iletir; Searle'ın bir edim aracılığıyla başka bir edimin gerçekleştirilmesi ayrımı bu durumu açıklamaya elverişlidir.

3.8. Uzaklaştırma emrinin salıncakla yeniden yorumlanması

Salıncak anlatısında padişahın uzaklaştırdığı İncili ortadan kaybolur. Sonradan bir soruya cevap bulunamayınca bilgisine yeniden ihtiyaç duyulur ve aranır. Salıncakta bulunduğunda davranışını açıklamak için padişahın buyruğunu "Padişah seni ne yerde ne de gökte göreyim, dedi" sözleriyle aktarır (Turan, 2008, ss. 144–145). Uzaklaştırma amacı taşıyan söz, bulunulan yerin nasıl tarif edileceğine ilişkin bir soruna çevrilmiştir.

Salıncak, yer ile gök arasında olma hâlini görünür kılan bir araçtır. İncili, "bu emri yerine getirerek salıncakta yaşamaya başladım" sözüyle mekânsal ifadeyi görünüşte itaate dayanak yapar. Açıklamanın doğrudan muhatabı, onu aramaya gelenlerdir. Padişahın önceki sözü bu yeni karşılaşmada yeniden yorumlanır; uzaklaştırılmış kişi de bilgisine ihtiyaç duyulan biri olarak konuşmaya katılır. Bu açıklama, emre uyma görünümünü koruması bakımından Brown ve Levinson'ın (1987, ss. 61, 65–66) yüz kavramıyla da ilişkilendirilebilir: İncili'nin yeniden ilişkiye katılması, hükümdarın önceki sözünden açıkça dönmesini gerektirmeyen bir durum olarak okunabilir. Bununla birlikte İncili'nin aranması salıncak açıklamasından önce başladığından ve padişahın bu açıklamayı duyduğu bildirilmediğinden sözün geri çağırmayı sağladığı veya hükümdarın yüzünü fiilen koruduğu ileri sürülemez.

Anlatının bu bölümünde izlenebilen sonuç, İncili'ye yeniden danışılmasıdır. Metin, salıncak açıklamasından sonra "tuzun kurtlanması" ve "katır sütü" üzerine başka bir karşılıkla devam eder. Buradaki çözümleme, uzaklaştırma buyruğundan yeniden danışılmaya uzanan diziye odaklanmaktadır. Dizi, tüccarbaşının affındaki gibi açık bir bağışlamayla sonuçlanmaz; ilişkiyi yeniden başlatan, İncili'nin bilgisine duyulan ihtiyaçtır.

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İncelenen metinlerde dolaylı eleştiri tek bir dilsel kalıpla kurulmamaktadır. Köpeğin tazıya dönüşeceği öngörüsü, eleştiriyi bağlamsal çıkarıma bırakır. Müsellim için söylenen övgü, anlatıcının sağladığı bilgilerle ironikleşir; buna karşılık nakil isteği açık bir rica olarak dile getirilir. Avlanma soruları hitap sözlerinin yeniden yorumlanmasına, hizmetkârlık anlatıları ise hesabın anlamının ve konuşma sırasının değiştirilmesine dayanır. Sezdirim, ironi, retorik soru ve dolaylı söz edimi kavramları birbirinin yerine kullanıldığında örnekler arasındaki farklar silinir.

Seçkide sözün anlaşılması, konuşurun amacına ulaşması ve ilişkinin sürmesi farklı biçimlerde birleşmektedir. Cimri paşanın öfkesi eleştiriyi fark ettiği yorumunu destekler; daveti kesmesi ise ilişki üzerindeki yetkisini gösterir. Hizmetkârlık çiftinin ikinci aktarımında işveren çıkarımı açıkça dile getirmesine rağmen iş ilişkisi sona erer. Müsellim anlatısında istenen nakil gerçekleşirken elçi anlatısında müdahale padişahın desteğiyle yürütülür. Brown ve Levinson'ın (1987, ss. 211–227) kayıt dışı söyleyiş açıklaması, niyeti tek bir yoruma bağlamadan iletme imkânını anlamlandırır. İncelenen örnekler, bu imkânın yaptırımdan korunmayla her zaman örtüşmediğini; muhatabın yetkisi ve konuşurun aldığı destekle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Şenocak ve Alsaç'ın (2020, ss. 137–138) taşlama yorumu bu ayrımla birlikte düşünüldüğünde eleştirilen kişinin mizahi olarak zor durumda bırakılmasıyla yetkisini kaybetmesinin farklı sonuçlar olduğu görülür. Cimri paşa anlatısında eleştiri görünür hâle gelirken daveti belirleme gücü paşada kalmaktadır. Ekici ve Çiftçi'nin (2023, s. 1248) uyumsuzluk açısından ele aldığı avlanma nüktesinde de sözün komik kuruluşuna ek olarak, konuşurun hangi yükümlülükten kurtulduğu ve bu sonucun hangi aktarımda nasıl bildirildiği araştırılmalıdır.

Scott (1990, s. 19), şakaları, halk anlatılarını ve hileci (trickster) hikâyelerini, tabi grupların iktidara yönelik eleştirisini çift anlamlı ve kimliği gizleyen biçimlerde dile getirdiği bir örtme ve anonimlik siyaseti içinde değerlendirir. Bu biçimlerde mesaj, yetkililer açısından yaptırıma konu olamayacak kadar belirsiz tutulabilir (Scott, 1990, s. 139). Seçkideki anlatılar bu çerçeveyle kısmen örtüşür; ancak İncili, Boratav'ın (1969, s. 94) belirttiği gibi, saray içinde alay etme yetkisi tanınmış bir musahiptir ve sözü anonim değildir. Scott'ın (1990, s. 41) hasmını alt edip zarar görmeden kurtulan hileci kahramanından farklı olarak İncili, cimri paşa ve hizmetkârlık

anlatılarında eleştirisinin karşılığını ilişkinin kesilmesiyle görür. İncelenen anlatılarda dolaylı söz, eleştiriyi muhatabın yeniden kurabileceği biçimde sunar; anlatılan sonuçlar ise bu eleştirinin muhatabın yetkisiyle birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

Avlanma çiftinde anlatı sonucunun anlamı, konuşurun başlangıçta belirtilen amacına bağlıdır. İncili'nin bir daha ava götürülmemesi, tek başına bakıldığında dışlanma sayılabilir. Oysa anlatıcı onun avdan kurtulmak istediğini önceden bildirmektedir. Hizmetkârlık çiftinde ise başlangıçta iş bulma çabası anlatıldığı için işten çıkarılma başka bir anlam taşır. Aynı türden görünen uzaklaştırmalar, farklı amaç ilişkileri içinde değerlendirilmelidir. Sonuçları yalnızca "kazandı" veya "kaybetti" biçiminde sınıflandırmak bu ayrımı örter.

Varyant karşılaştırması, hazırcevaplığın yalnızca son cümlede aranmasının yeterli olmadığını göstermiştir. Avlanma metinlerinde eklenen vazgeçme önerisi ve çevrenin gülmesi eleştirinin kapsamını değiştirirken hizmetkârlık metinlerinde çıkarımı açıklaştıran kişinin değişmesi dolaylı anlamın ne zaman açık hâle geldiğini etkiler. Bu nedenle ortak mizahi çekirdek, önceki talep, verilen karşılık, dinleyici katılımı ve anlatıcının bildirdiği devamla birlikte değerlendirilmelidir.

Sonuçlar, sekiz anlatı çekirdeğini temsil eden on yazılı aktarımla sınırlıdır. Dolaylı anlam içeren örneklere yönelen seçim, dolaylı söyleyişin doğrudan söyleyişe göre başarı oranını ölçmeye elverişli değildir. Ayrıca yazılı aktarımlar, gerçek icranın ses tonu ve dinleyici tepkisi gibi ayrıntılarını ancak anlatıcının bildirdiği ölçüde sağlar. Yorumlar bu nedenle konuşma dizilerine ve anlatılan sonuçlara dayanmaktadır.

Bu okumalar birkaç yönden sınanabilir. Aynı anlatı çekirdeklerinin farklı yayınlardaki ve sözlü icra kayıtlarındaki biçimleri karşılaştırıldığında konuşma sıralarındaki değişmenin yazılı aktarımın tercihlerinden mi yoksa anlatma ortamından mı kaynaklandığı daha açık izlenebilir. Otorite ilişkisini konu edinen Nasreddin Hoca ve Bektaşi fıkralarına aynı çözümleme biriminin uygulanması, dolaylılığın yaptırım ve destek koşullarına göre değişen işlevinin İncili Çavuş anlatılarına özgü olup olmadığını tartışmaya imkân verir. Seçkiyi doğrudan söyleyiş içeren metinleri de kapsayacak biçimde genişleten bir inceleme ise iki söyleyiş türünün anlatı sonuçlarını karşılaştırmayı mümkün kılar.

KAYNAKLAR

Albayrak, N. (2000). İncili Çavuş. *TDV İslâm Ansiklopedisi* (C. 22, ss. 277–278). Türkiye Diyanet Vakfı. https://islamansiklopedisi.org.tr/incili-cavus

Attardo, S. (1994). *Linguistic theories of humor*. Mouton de Gruyter.

Boratav, P. N. (1969). *100 soruda Türk halkedebiyatı*. Gerçek Yayınevi.

Brown, P., & Levinson, S. C. (1987). *Politeness: Some universals in language usage*. Cambridge University Press.

Ekici, M. F., & Çiftçi, S. (2023). Uyumsuzluk teorisi bağlamında İncili Çavuş fıkraları. *Folklor Akademi Dergisi, 6*(3), 1244–1253. https://doi.org/10.55666/folklor.1354451

Görkem, İ. (2012). Nasreddin Hoca olgusunun algılanması ve anlamlandırılması üzerine. *Türkbilig*, (23), 83–106. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/990220

Grice, H. P. (1989). *Studies in the way of words*. Harvard University Press.

İncili Çavuş (Resimli hikâyeleri). (1965). Çeşit Kitabevi.

Kaçmaz, C. (2024). İncili Çavuş fıkralarında şahıs kadrosu. *Folklor Akademi Dergisi, 7*(1), 34–54. https://doi.org/10.55666/folklor.1434610

Korok, D. R. (Haz.). (1940). *İncili Çavuş lâtifeleri* (2. kitap). Yeni Şark Kütüphanesi.

Scott, J. C. (1990). *Domination and the arts of resistance: Hidden transcripts*. Yale University Press.

Searle, J. R. (1979). *Expression and meaning: Studies in the theory of speech acts*. Cambridge University Press.

Süleyman Tevfik. (1923). *İncili Çavuş*. Orhaniye Matbaası.

Şenocak, E., & Alsaç, F. (2020). İncili Çavuş fıkralarında kış/taşlama miti. *Millî Folklor, 16*(127), 131–142. https://dergipark.org.tr/tr/pub/millifolklor/article/799063

Turan, F. A. (2008). *Türk kültürünün mizah burcu İncili Çavuş*. Gazi Kitabevi.

Wilson, D., & Sperber, D. (1992). On verbal irony. *Lingua, 87*(1–2), 53–76. https://doi.org/10.1016/0024-3841(92)90025-E

HÜSEYN CAVİD VƏ XX ƏSR: ÜRFANİ UZAQLIQDAN DOĞAN BƏŞƏRİ FACİƏLƏR

Google Akademik, Prof. Dr. ƏBÜLFƏZ ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425

ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prıze & Indıa- Birliyinin Yönətici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eyitimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery`s Ange`ls İnternacional Qroup üvü; Poetas İntergaláctıcos-üzvü; World Peace Lıterature Academy-nin yönətici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; BÜTÖV AZERBAYCAN

ÖZƏT

Hüseyn Cavid 1882-1941/ ruhani və bəşəri humanizmin şairidir. İstanbun Universitetinde tehsil almışdır. Buna görə ruslar- sovet diktaturası onun başına facələr gətirdi.

Mövzusu: **“Bütün iyirminci əsrin müstəbid övladı həp zalim...”**

Hüseyn Cvidədək klassik Şərq poeziyası da ruhani duyğuların joşğunluğunu tərənnüm etmə məzmunu sistem üzərində yaşamışdır. Ruhani düşüncə orta əsrlər klassikasında da həyatın, zərif, gözəl duyğuların təcəssümünü verən bir mənbə kimi inkişaf etmişdir.

Hüseyn Cavid –cəmiyyətdəki faciələrin daxilinə bələd olan şairidir.

Bütün bəşəri faciələr haqsızlıq və ədalətsizliklərdən, zülmdən, mənəvi və jismani köləlikdən törəyir.

Hüseyn Cavid «Ana», «Maral», «Şeyx Sənan», «Şeyda», «Peyğəmbər», «Topal Teymur», «İblis», «İblisin intiqamı», «Uçurum», «Knyaz», «Xəyyam» və başqa əsərlərində insanın həyatda və cəmiyyətdə qazandığı müsibət və fəlakətlərin dramatik simasını əks etdirir.

Hüseyn Cavid «İlahi nurun»-«nuri-həqqin», insan təfəkkürü və əqlinin, müdrikliyinin yenilməzliyini tərənnüm etmişdir.

Hüseyn Cavidin poeziyasında, dram əsərlərində insan hər şeydən güjlüdür. İnsanın eşqi, məhəbbətihər fəlakətdən, hər jür fajiələrdən çox-çox yüksəkdə dayanır. Bütün xeyirxah insanlar «nuri-həqqin» fəzilət çeşməsindən su içmişlər.

İnsan həm də öz fajiəsini yaradan məxluqdur. Bu jür məxluqlar iblisin köləsinə çevrilmiş, onun əməllərinə boyun əymişlər. Javid iblis şərinin toruna düşmüş bu adamların taleyinə ajıyır.

Hüseyn Cavid faciənin lirizmini yaratmışdır. Bütün əzablar insanın ruhundan keçib gəlir. Şər əməllər insanın ruhunu öldürür. İblis insanı öz böyüklüyünü dərk etməyə, ona qovuşmağa qoymur. İnsan ki, öz böyüklüyünə qovuşa bilmədi, bütün həyatı, mühiti fajiələrə bürünəcək və müstəbidlər öz zülmlərini rahatja davam etdirə biləjəklər.

Bütün iyirminci əsrin müstəbid övladı həp alim,

Bütün iyirminci əsrin müstəbid övladı həp zalim...

Fəlakətlərin cəmiyyətə açdığı böhran və ziddiyyətlər insanın ilahi zövqünü, Ruhani Təjəllisini əlindən alması faktı klassik Poeziyada sürəkli şəkildə ifadə edilmişdir. Hüseyn Cavid də Klassik şairdir. Sovet faciə repressiyası onu da şəhadətə yetirdi.

Hüseyn Cavid həyata, insana, onun duyğu və düşünjələrinə, yaşadığı cəmiyyətə başqa nəzərdən yanaşmışdır. Hüseyn Cavidə görə, həyat, cəmiyyət zalımların əlindən faciələr, müsibətlər mənbəyinə çevirilib. Cəmiyyətin

faciələri onun özü, jəmiyyət tərəfindən yaradılmışdır. Çünki orada insanın dəyəri əlindən alınmışdır. İnsanlar İblisin şərinə düşmüş, İblisin qarşısında qiyməti olmayan alətə çevrilmişdir. Hüseyn Cavidin gördüyü cəmiyyət, yaşadığı dövr vəhşət və vəhşətlər törədən İblis faciələrinin əsarəti altındadır.

AÇAR SÖZLƏR: Hüseyn Cavid-faciə şairi; Cavid Ürfan şairi; Cavid-Nuri-Həqqin şairi

HUSEYN JAVID AND THE 20TH CENTURY: HUMAN TRAGEDIES BORN OF SPIRITUAL DISTANCE

Google Akademik, Prof. Dr. EBÜLFƏZ TAHİR EZİMLİ

ABSTRACT

Huseyn Javid (1882–1941) is a poet of spiritual and universal humanism. Having received his education at Istanbul University, he became a target of the Russian-Soviet dictatorship, which brought great tragedy upon him.

His central theme: "The tyrannical offspring of the entire twentieth century are all oppressors..."

Prior to Huseyn Javid, classical Eastern poetry was structured around the celebration of fervent spiritual emotions. In the classics of the Middle Ages, spiritual thought served as a source that gave expression to life and to delicate, beautiful sentiments.

Huseyn Javid is a poet deeply attuned to the tragedies unfolding within society.

All human tragedies stem from injustice, inequity, oppression, and both spiritual and physical enslavement.

In works such as *Ana* (Mother), *Maral*, *Sheikh Sanan*, *Sheyda*, *The Prophet*, *Topal Teymur* (Lame Timur), *Iblis* (Satan), *Iblis's Revenge*, *The Abyss*, *The Prince*, *Khayyam*, and others, Huseyn Javid portrays the dramatic reality of the calamities and disasters that befall human beings in life and society. Huseyn Javid celebrated the "divine light"—the "light of truth"—as well as the invincibility of human thought, reason, and wisdom.

In Huseyn Javid's poetry and dramatic works, the human being stands stronger than anything else. Human love and affection rise far above any calamity or tragedy. All virtuous people have drawn from the fountain of goodness that is the "light of truth."

Yet, the human being is also a creature capable of creating their own tragedy. Such individuals have become slaves to Iblis (the Devil), submitting to his deeds. Javid laments the fate of those who have fallen into the web of Iblis's evil.

Huseyn Cavid infused tragedy with lyricism. All suffering passes through the human soul; evil acts destroy that soul. Iblis prevents the human being from realizing their own greatness and attaining their true potential. When a person fails to reach this greatness, their entire life and environment become shrouded in tragedy, allowing tyrants to continue their oppression with ease. The despotic offspring of the entire twentieth century are all "scholars,"

The despotic offspring of the entire twentieth century are all tyrants...

The fact that the crises and contradictions unleashed upon society by catastrophes strip humanity of its divine sensibility—its spiritual manifestation—is a recurring theme in classical poetry. Huseyn Javid, too, is a classical poet. The tragic repressions of the Soviet era ultimately led to his martyrdom.

Huseyn Javid approached life, humanity—with all its emotions and thoughts—and the society in which he lived from a distinct perspective. In his view, life and society had been transformed, at the hands of tyrants, into a source of tragedy and calamity.

These societal tragedies were self-inflicted—created by society itself—because, within it, the inherent value of the human being had been stripped away. People fell prey to the evil of Iblis (Satan), becoming mere instruments—devoid of worth—in his hands. The society Huseyn Javid witnessed, and the era in which he lived, were held captive by the tragedies wrought by Iblis—a realm defined by horror and the perpetration of atrocities.

KEYWORDS: Huseyn Javid—poet of tragedy; Javid—poet of *irfan* (mystical gnosis); Javid—poet of the Divine Light (*Nuri-Haqq*)

ÇANAKKALE HERBİNDEN GELEN FELAKET: TEVFİK FİKRETİN "HARB-İ MUKADDES" ŞİİRİNDE FACİE MƏNZƏRƏLERİ

Google Akademik, Prof. Dr. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ

ORCID: 0009-0001-1327-3425

ezimliebulfez@yahoo.com.tr Google Akademik, Dünya Sülh Səfiri; Nobel Prıze & Indıa- Birliyinin Yönətici üzvü; Qlobal Yazarlar Akademiyası üzvü-Hindistan; Türk Dünyası Vətəndaşlığı və Eyitimçilər Birliyi üzvü-Bişkek; TÜRKSOY üzvü; Mery`s Ange`ls İnternacional Qroup üvü; Poetas İntergaláctıcos-üzvü; World Peace Lıterature Academy-nin yönətici üzvü; Saib Təbrizi Elm Mərkəzinin üvü; Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü; Naxçıvan Dövlət Universiteti; BÜTÖV AZERBAYCAN

ÖZET

Ədəbiyyatda Müharibə mövzusu: XX əsrin əvvəllerinde BƏŞƏRİ FACİƏ inikasları:

Yeni Edebiyat'ın yaradıcılarından biri gibi, Tevfik Fikret (1867-1915) Yeni Türk şiirine *yeni fikir ve ideya-düşünce amalı, yeni mazmun* getirdi. Dövüşken şair Tevfik Fikret Klasik Divan Poetikası ruhu ile sözü, şiiri ruhlandırdı;

19. esrin sonu-ve 20. esrin evvelleri şiirinin bedii ifade gücünü artırdı, ona yeni mana-mazmun yatımları getirdi; bu mazmun yatımlarında cemiyetin ictimai-siyasi, sosyal-manevi tezatlarını, harbı felaket ve facia dramatimlirinin iç ve dış katlarını inikas ettirdi.

Yaradıcılığa başladığı andan Tevfik Fikretin şiirleri muxtelif orqanlarda ışık üzü gördü. Şiirin "servet-i fünun" dest-hattını yarattı. Şairin sağlığında-1914'te neşr edilen "Halukun defteri" adli şiirler kitabı edebi alemde ilgiyle karşılandı.

Mübariz şair Tevfik Fikret ömrünün erken çağlarında- 1918'te, Ağustos'un 19-da İstanbul'da vefat etti. Eyüp'teki aile mezarlığına gömüldü. Evinde 1945 yılında müze yapıldı. Mezarı sonralar – 24 Aralık 1961'de müze-evine göçürüldü.

Tevfik Fikret Romantizm poeziyasının alovlu yaradıcılarından biri ibi. Anadolu'da ve Kafkas edebi muhitinde, habele Kuzey ve Güney Azerbaycan edebi aleminde sevilen şair oldu. Ve Tevfik Fikret'in şiirde ve bedii düşüncede, fikir arsenalında çağdaş edebi nesle derin etkiler göstermesi de edebiyat aleninin silinmez izlerinden idi.

Tevfik Fikret'in "Harb-i Mukaddes" Şiirinde Bela ve Faciaların Dramatik Manzarası ve Bedii İfade Sinkronizmi. Diger şiirleri gibi,"harb-i Mukaddas" şiiri ile de beşerin-insanın facialarını genellikle dünya insanlığının faciaları gibi tasvir etti. Her çayden önce, Tevfik Fikret harp'ta yeni manzaralar gördü, manzarada manzaraları canlandırdı ve her manzara da başka bir manzaranı yansıttı: burada yansıyan ve yansıtan obyekt ve mekan insan ve onun hayat resimleri idi. Onun bedii tasvirlerinde her manzara canlı ve cansız hayat sahnesi, her obraz bin bir facia hedefidir.

Şiirde Harp manzaraları mazmun karakterine ve ifade tipizmine göre çokrenkli ve çokseselidir. Onun şiirinde facia mazmunlarını eks ettirecek canlı bir poetizm vardır: burada şairin psikoloji makamları öne çıkarması daha bir bedii mahsusluktur.

Bu psikoloji yansımalar hadiselerin ve insan münasibetlerinin karakterinden ireli gelir. Tasvir tipine göre, bedii mazmun bedii forma simgeleri içerisinden kaynayıp gelir. Şairin bu tarz ifadesi onun yaratıcılığının poetik dinamizmine has olan alamettir.

AÇAR SÖZLƏR: Tevfiq Fikret; Herbi-müqəddes mövzusu; Bəşəri felaketin şeir dili

THE CATASTROPHE STEMMING FROM THE GALLIPOLI WAR: SCENES OF TRAGEDY IN TEVFİK FİKRET'S POEM "HARB-İ MUKADDES" (THE HOLY WAR)

Google Akademik, Prof. Dr. EBÜLFƏZ TAHİR EZİMLİ

ABSTRACT

The Theme of War in Literature: Reflections of a Human Tragedy in the Early 20th Century

As one of the architects of the "New Literature" (Yeni Edebiyat), Tevfik Fikret introduced fresh concepts, ideological aspirations, and new subject matter to modern Turkish poetry. A combative poet, Tevfik Fikret infused his verse with the spirit of classical Divan poetics; he enhanced the artistic expressive power of poetry at the turn of the 19th and 20th centuries, imbuing it with new layers of meaning.

Within these layers, he captured the socio-political and moral contradictions of society, as well as the internal and external dimensions of the tragedies and catastrophes wrought by war. From the very beginning of his career, Tevfik Fikret's poems appeared in various publications.

He established the distinct stylistic signature of the "Servet-i Fünun" (Wealth of Sciences) literary movement. His poetry collection titled *Haluk'un Defteri* (Haluk's Notebook)—published in 1914, during his lifetime—was received with great interest in the literary world.

The militant poet Tevfik Fikret passed away in Istanbul on August 19, 1918, at a relatively early age. He was laid to rest in the family burial plot in Eyüp. His home was converted into a museum in 1945. His grave was later relocated—on December 24, 1961—to his house-museum.

Tevfik Fikret was one of the fervent creators of Romantic poetry. He was a beloved poet in Anatolia, within the literary circles of the Caucasus, and throughout the literary worlds of both Northern and Southern Azerbaijan. Furthermore, the profound influence he exerted on contemporary literary generations—through his poetry, artistic thought, and intellectual arsenal—left an indelible mark on the literary landscape.

In his poem "Harb-i Mukaddes" (The Holy War), Tevfik Fikret presents a dramatic tableau of calamities and tragedies, characterized by a synchronicity of artistic expression. As in his other works, he portrays human suffering—the tragedies of individuals—as a reflection of the broader tragedies faced by humanity as a whole.

Beyond the surface, Tevfik Fikret perceives new dimensions within the context of war; he evokes layers of imagery, where each scene reflects yet another—with the human being and the portrait of human life serving as both the object being reflected and the medium of reflection. In his artistic depictions, every scene—whether of animate or inanimate life—and every figure becomes a focal point for a myriad of tragedies.

The depictions of war in his poetry are multifaceted and polyphonic, both in terms of their thematic content and their modes of expression. His verse possesses a vivid poetic quality that captures the essence of tragedy; a particularly distinct artistic feature is the poet's emphasis on psychological states.

These psychological reflections emerge from the very nature of the events and the human relationships involved. In terms of the mode of depiction, the artistic content arises organically from within the symbols of the artistic form itself. This style of expression of the poet is a sign of the poetic dynamism of his creativity.

KEY WORDS: Tevfiq Fikret; Herbi-sacred subject; The poetic language of human disaster

ÇAĞDAŞ SANATTA IŞIĞA DUYARLI CANLILARLA GÖRÜNTÜ ÜRETİMİ: BİYOLOJİK SÜREÇLER VE GEÇİCİLİ

Doç. Dr. Kerem ATAR

Kafkas Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Resim Bölümü,

k.atar@kafkas.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-8512-9273

Özet

Işığa duyarlı canlı organizmaların sanatsal görüntü üretiminde kullanılması, sanat yapıtının maddi yapısını ve görünürlük süresini biyolojik süreçlerle ilişkilendirmekte, görüntünün zaman içindeki dönüşümünü de üretimin bir parçası hâline getirmektedir. Bu bağlamda çalışma, çağdaş sanatta canlı yüzeyler aracılığıyla oluşturulan görüntüleri oluşum mekanizmaları, zamana bağlı dönüşümleri ve koruma tercihleri açısından karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Nitel doküman incelemesi ve eser çözümlemesine dayanan çalışmada sanatçı açıklamaları, müze ve sergi kayıtları ile bu uygulamaları ele alan yazılı literatürden yararlanılmıştır. Bu kapsamda H. Ackroyd ve D. Harvey, Almudena Romero, Lia Giraud ve Binh Danh'ın farklı sanatsal uygulamaları incelenmiştir. Bu uygulamalar, büyüyen bitki örtüsünde belirginleşen görüntüler, mikroalg topluluklarının oluşturduğu değişken görüntüler ve yaprak pigmentlerindeki dönüşümle elde edilen çalışmalar olmak üzere üç grupta ele alınmıştır. İnceleme sonucunda ışığın çim portrelerinde klorofil oluşumunu, mikroalglerde hücresel davranışları, yaprak baskılarında ise pigment kaybını etkileyebildiği görülmektedir. Arazi sanatı kapsamında tarımsal alanlarda oluşturulan görüntülerde ise ekim düzeni ve mevsimsel büyümenin belirleyici rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Bu farklılıklar, geçiciliğin yapıtlara özgü biçimlerde ortaya çıktığını ve görüntünün görünürlük süresinin organizmanın yaşam döngüsü, çevresel koşullar, kayıt işlemleri ve koruma müdahaleleriyle şekillendiğini göstermektedir. Sanatçıların üretim koşullarını belirlemesi de canlı malzemenin sonraki dönüşümlerini bütünüyle kontrol edebilecekleri anlamına gelmemektedir. Ayrıca canlı yüzeylerde oluşan görüntüler ile bunların fotoğrafik veya dijital kayıtları arasındaki ayrım, eserlerin üretim ve sergileme koşullarını anlamak bakımından önem taşımaktadır. Böylece çalışma, farklı biyolojik mekanizmalarla üretilen görüntüleri ışık, canlı yüzey ve zaman ilişkisi çerçevesinde sınıflandırarak, biyolojik üretim süreçleri ile bu süreçlerden elde edilen görseller arasındaki ayrımı vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyosanat, Canlı görüntü, Işık, Geçicilik.

IMAGE PRODUCTION USING LIGHT-SENSITIVE ORGANISMS IN CONTEMPORARY ART: BIOLOGICAL PROCESSES AND TRANSIENCE

Assoc. Prof. Dr. Kerem ATAR

Kafkas University, Faculty of Fine Arts, Department of Painting,

k.atar@kafkas.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-8512-9273

Abstract

Using light-sensitive living organisms in artistic image production connects artworks' material properties and visibility to biological processes, making temporal change part of production. This study compares images formed on living surfaces in contemporary art by their formation mechanisms, changes over time, and preservation choices. Based on qualitative document and artwork analysis, it examines artists' statements, museum and exhibition records, and related literature. Selected works by H. Ackroyd and D. Harvey, Almudena Romero, Lia Giraud, and Binh Danh are considered in three groups: images emerging in growing vegetation, changing images formed by microalgal communities, and works produced through changes in leaf pigments. The findings indicate that light can influence chlorophyll formation in grass portraits, cellular behavior in microalgae, and pigment loss in leaf prints. In land art practices carried out in agricultural fields, planting arrangements and seasonal growth play a decisive role. These differences demonstrate that transience takes forms specific to each artwork and that the duration of an image's visibility is shaped by organisms' life cycles, environmental conditions, recording processes, and preservation interventions. Artists' control over production conditions does not necessarily extend to subsequent biological changes in living materials. Moreover, distinguishing images formed on living surfaces from their photographic or digital records is important for understanding how artworks are produced and exhibited. By classifying images produced through different biological mechanisms in relation to light, living surfaces, and time, the study highlights the distinction between biological production processes and their visual documentation.

Keywords: Bioart, Living image, Light, Temporality.

GİRİŞ

Fotoğrafik görüntü, geleneksel olarak ışığın duyarlı bir taşıyıcı üzerinde bıraktığı izin görünür ve saklanabilir hâle getirilmesiyle ilişkilendirilmektedir (Işıktan, 2022). Ancak canlı organizmaların görüntü üretimine katılmasıyla bu ilişki farklı bir boyut kazanmaktadır. Görüntünün oluştuğu yüzeyin büyümesi, değişmesi ve kimi zaman görünürlüğünü yitirmesi, ortaya çıkan görsel biçimin de biyolojik süreçlerle birlikte dönüşmesine yol açmaktadır. Biyolojik malzemenin sanatsal üretimde etkin bir rol üstlenmesi ise sanat yapıtının maddi yapısı, üretim süreci ve zaman arasındaki ilişkinin yeniden değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çerçevede çalışma, ışığa duyarlı organizmaların görüntü oluşumuna katılımının sabit yüzey anlayışını ve kalıcılık düşüncesini nasıl etkilediğini araştırmaktadır. İnceleme kapsamında çim ve ekili bitki örtüsünde oluşan görüntüler, mikroalg topluluklarının değişken düzenleri ve yaprak baskılar, görüntünün oluşumu, biyolojik dönüşümü ve geçiciliği açısından karşılaştırılmaktadır. Bu uygulamalarda ışık aracılığıyla görüntü oluşturulması ortak bir özellik olarak öne çıkarken, ışığın üstlendiği işlev ve canlı yüzeyin buna verdiği tepki farklılaşmaktadır. Örneğin, Ackroyd ve Harvey'nin çim kullanarak yaptıkları portrelerinde, görüntünün ortaya çıkışı klorofil oluşumuyla ilişkiliyken, Romero'nun arazi sanatı kapsamında tarımsal yerleştirmelerinde farklı bitkilerin ekim düzeni ve gelişimi belirleyici olmaktadır (Ackroyd & Harvey, t.y.; INRAE, 2026). Bu çeşitlilik, fotoğrafik görüntünün canlı malzemeler aracılığıyla kazandığı yeni olanakları ortaya koymakta ve farklı üretim mekanizmalarının kendi koşulları içinde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla araştırma, yaşayan taşıyıcının görünümünün nasıl şekillendiği ve eserin hangi aşamada izlenebilir hâle geldiği sorularından hareketle, biyolojik süreçlerin fotoğrafik görüntünün sürekliliğiyle kurduğu ilişkiye odaklanmaktadır.

Araştırmada nitel doküman incelemesi ve seçili eserlerin karşılaştırmalı çözümlemesi birlikte uygulanmıştır. Bu doğrultuda sanatçı açıklamaları, müze ve sergi kayıtları ile yayınlar incelenerek kullanılan organizmalar, ışığın görüntü oluşumundaki rolü, biyolojik dönüşüm süreçleri ve koruma yaklaşımları açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın kapsamı, ışığa duyarlı canlı sistemlerin görüntü üretiminde belirleyici olduğu örneklerle sınırlandırılmıştır. Bu nedenle bakteri portreleri, genel arazi sanatı uygulamaları, yalnızca biyolojik pigmentlerle gerçekleştirilen boyamalar ve ışık tepkisinin belirleyici olmadığı çalışmalar inceleme dışında tutulmuştur. Deneysel ölçüm içermeyen araştırma, biyosanatın bütününü temsil etme iddiası taşımamakta, seçilen örnekler üzerinden karşılaştırmalı bir değerlendirme sunmaktadır.

1. CANLI ORGANİZMALAR VE IŞIĞA DAYALI GÖRÜNTÜ ÜRETİMİ

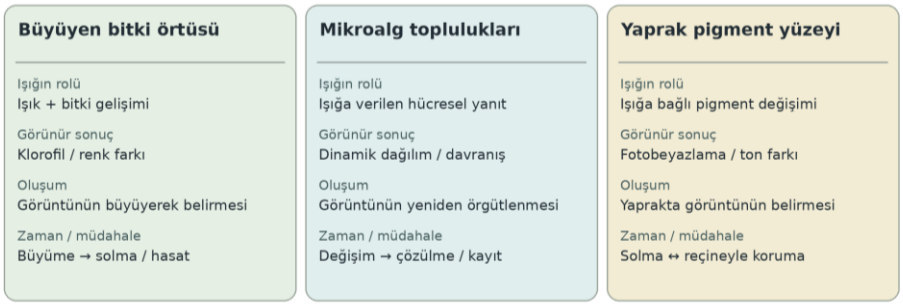
Işığa dayalı görüntü üretiminde canlı organizmaların taşıyıcı olarak kullanılması, görüntünün oluşumuyla birlikte sonraki varlığını da biyolojik süreçlere bağlı hâle getirmektedir. Büyüme, yaşlanma, pigment dönüşümü ve çevresel uyaranlara verilen tepkiler, görsel biçimin zaman içinde değişmesine neden olmaktadır. Biyosanat kapsamında değerlendirilen bu süreçler, yapıtın maddi ve kavramsal kuruluşunda da belirleyici bir rol üstlenmektedir (Işıktan, 2022). Bu ilişkinin değerlendirilmesinde, organizmanın fiziksel varlığı ile izleyicinin karşılaştığı görüntünün birlikte ele alınması önem taşımaktadır. Bu bağlamda "canlı yüzey" kavramı, görüntünün oluştuğu biyolojik taşıyıcıyı tanımlarken, "canlı görüntü" kavramı, söz konusu taşıyıcının geçirdiği değişimlerle dönüşen görsel düzeni ifade etmektedir. Yaprağın renk değiştirmesinden mikroalglerin yeniden dağılımına kadar uzanan farklı süreçleri kapsayan bu kavramlar, eserlerin canlılık süreleri ve koruma koşulları bakımından da çeşitlilik göstermektedir. Özellikle biyolojik süreçlerden elde edilen dijital baskılar, görüntünün oluştuğu canlı malzemeden farklı bir maddi varlığa sahiptir. Giraud'nun sergi kayıtlarında da görüldüğü üzere üretim, sergileme ve arşivleme aşamaları, aynı görüntünün farklı biçimlerde varlığını sürdürmesine olanak sağlamaktadır (Variation Media Art Fair, 2015). Dolayısıyla biyolojik taşıyıcı, fotoğrafik kayıt ve sergilenen çıktı arasındaki ayrım, bu tür yapıtların oluşum ve dönüşüm süreçlerini anlamak açısından önem kazanmaktadır.

Canlı yüzeylerde görüntünün oluşumunu sağlayan biyolojik mekanizmalar incelendiğinde, ışığın farklı işlevler üstlendiği görülmektedir. Bunlardan ilki, gelişen bitki örtüsünde klorofil oluşumunu ve buna bağlı renk

yoğunluğunu etkilemesidir. Ackroyd ve Harvey'nin çimlerden oluşturduğu portrelerinde kontrollü aydınlatma, klorofil oluşumunu yönlendirerek yeşil ve sarımsı tonlar arasında farklılıklar meydana getirmekte, filizlerin gelişmesiyle birlikte görüntü giderek belirginleşmektedir. Bununla birlikte bitkilerin yaşlanması ve klorofil kaybı, oluşan portrenin zamanla görünürlüğünü yitirmesine yol açabilmektedir (Ackroyd & Harvey, t.y.). Benzer biçimde bitkilerin gelişiminden yararlanan Romero'nun tarımsal uygulamasında ise farklı bitki çeşitlerinin ekim düzenine, büyümesine ve görünüş özelliklerine bağlı olarak şekillenmektedir (INRAE, 2026). Bitki örtüsünün büyümesine bağlı olarak gelişen bu süreçlerden mikroalglerle gerçekleştirilen uygulamalara geçildiğinde, ışığın hücresel davranışlarla ilişkili farklı bir işlevi öne çıkmaktadır. Lia Giraud'nun *Algaegraphies* projesinde görüntüyü oluşturan biyolojik matris, mikroalglerin ortam içindeki dağılımına bağlı olarak sürekli değişmektedir. Özellikle *Entropie* dizisinde, görüntünün kaydedilmesi sırasında gerçekleştirilen müdahaleler de hücrelerin davranışlarını etkileyebilmektedir (Variation Media Art Fair, 2015). Dolayısıyla mikroalglerle oluşturulan görüntülerde zamanın etkisi, büyüme evrelerinin yanı sıra hücrelerin yeniden düzenlenmesi ve bu değişimlerin kayıt altına alınması üzerinden de izlenebilmektedir.

Işığın görüntü oluşumundaki bir diğer işlevi ise yaprak pigmentlerinde meydana getirdiği değişimlerle ilişkilidir. Klorofil baskı tekniğinde yaprak yüzeyi, ışığa duyarlı fotoğrafik bir taşıyıcı olarak kullanılmakta ve pigmentlerde oluşan farklılıklar görüntünün belirginleşmesini sağlamaktadır (Er, 2023). Almudena Romero'nun *The Act of Producing* dizisinde güneş ışığının klorofil üzerinde oluşturduğu fotobeyazlama etkisi, yaprak yüzeyinde açık ve koyu alanların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Romero, t.y.-b). Bu yönüyle söz konusu yöntem, Ackroyd ve Harvey'nin çim portrelerinde ışığın klorofil oluşumunu etkileyerek renk yoğunluğunu artırdığı süreçten ayrılmaktadır (Ackroyd & Harvey, t.y.). Romero'nun fotoperiyodiklik ve fotosentezden yararlanan diğer uygulamaları da ışığa bağlı biyolojik süreçlerin aynı sanatçının üretimlerinde farklı mekanizmalar aracılığıyla değerlendirilebildiğini göstermektedir (Romero, t.y.-b). Böylece ışığın canlı yüzeylerle kurduğu ilişki, kullanılan organizmanın özelliklerine ve görüntünün elde edilme yöntemine bağlı olarak çeşitlenmektedir.

Bu farklı üretim mekanizmaları, görüntünün zaman içinde geçirdiği dönüşümleri ve görünürlük süresini de belirlemektedir. Çim yüzeylerde görüntünün belirmesi ve giderek solması, mikroalglerde hücresel yeniden düzenlenme, yaprak baskılarında ise pigment kaybı öne çıkmaktadır. Buna karşılık Binh Danh'ın yaprak baskılarını reçineyle koruması, biyolojik değişimin etkilerini sınırlandırarak görüntünün görünürlüğünü sürdürmeye yönelik farklı bir yaklaşım sunmaktadır (University of Wyoming Art Museum, 2010). Böylece geçicilik, her uygulamada organizmanın yaşam döngüsü, çevresel koşullar ve sanatçının üretim ya da koruma tercihleri doğrultusunda farklı biçimlerde ortaya çıkmaktadır. Görüntünün görünürlük süresi büyümeyle artabilmekte, kayıt işlemleri sırasında değişebilmekte veya koruma müdahaleleriyle uzatılabilmektedir. Görsel 1'de karşılaştırılan bu üç üretim biçimi, ışığın farklı biyolojik mekanizmalar üzerindeki etkisini ve bu etkilerin görüntünün zamansal varlığına nasıl yansıdığını göstermektedir. Sanatçının görüntünün hangi evresini sergileyeceğine veya koruyacağına ilişkin kararları sürece yön verse de canlı organizmaların biyolojik dönüşümleri bütünüyle denetlenememektedir. Bu nedenle ışığın canlı malzemede harekete geçirdiği mekanizmalar ile görüntünün zaman içinde kazandığı görünürlük özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi, söz konusu uygulamaların sanatsal ve maddi yapısını anlamak açısından temel bir yaklaşım sunmaktadır.



Görsel 1. *Işığa duyarlı canlı sistemlerde görüntünün oluşumuna ilişkin üç farklı süreç.*

Not: Yazar tarafından bu çalışma kapsamında hazırlanmıştır.

2. ÇAĞDAŞ SANATTA BİYOLOJİK GÖRÜNTÜ ÜRETİMİNİN FARKLI BİÇİMLERİ

2.1. Büyüyen Bitki Örtüsünde Oluşan Görüntüler

Canlı organizmalar aracılığıyla gerçekleştirilen görüntü üretiminde, büyüyen bitki örtüsünden yararlanan uygulamalar, biyolojik gelişim ile görsel biçim arasındaki ilişkiyi belirgin biçimde ortaya koymaktadır. Bu tür çalışmalarda görüntü, köklenen ve gelişen bitkilerin oluşturduğu yüzey üzerinde zamanla görünürlük kazanmaktadır. Bitkilerin yoğunluğu, renklenmesi ve mevsimsel dönüşümleri, görüntünün biçimlenmesinde ve izlenebilirliğinin sürdürülmesinde etkili olmaktadır (Ackroyd & Harvey, t.y.). Böylece sanatçının başlangıçta oluşturduğu tasarım, bitkilerin filizlenme ve gelişme koşullarıyla birlikte şekillenmekte, eserin sonraki görünümü de canlı yüzeyin geçirdiği biyolojik değişimlere bağlı olarak dönüşmektedir. Bu ilişkinin dikkat çekici örneklerinden biri, Ackroyd ve Harvey'nin *Photographic Photosynthesis* yaklaşımıyla gerçekleştirdikleri çim portreleridir. Sanatçılar, tohumların yerleştirildiği yüzeye birkaç gün boyunca ışık aracılığıyla portre görüntüleri yansıtmaktadır. Filizlerin gelişimi sırasında ışığın etkisiyle oluşan klorofil yoğunluğu farklılıkları, yeşil ve sarımsı tonların ortaya çıkmasını sağlayarak fotoğrafik görüntüyü belirginleştirmektedir (Ackroyd & Harvey, t.y.). Işığın yüzey üzerindeki dağılımına bağlı olarak şekillenen pigment yoğunluğu, geleneksel fotoğrafik emülsiyonun kararlı ton değerlerinden farklı özellikler göstermektedir.

Canlı yüzeyin gelişimiyle belirginleşen bu portreler, büyümenin belirli evrelerinde daha ayrıntılı bir görünüm kazanırken, bitkilerin yaşlanması ve klorofil kaybıyla birlikte zamanla silikleşebilmektedir. Aydınlatma düzeyinin renk yoğunluğu üzerindeki etkisi de görüntünün aynı koşullarda ve aynı biçimde yeniden üretilmesini güçleştirmektedir (Ackroyd & Harvey, t.y.). Bu nedenle eserin sergilendiği zaman ve ortam, izleyicinin karşılaştığı görüntünün niteliğini belirleyen unsurlar arasında yer almaktadır. İzleyici, sanatçı tarafından tasarlanan portrenin canlı organizmanın belirli bir gelişim evresinde kazandığı görünümü deneyimlemektedir. Sanatçıların *Mother and Child (Heather & Adele)* ve *Testament* adlı çalışmaları, bu ilişkinin farklı sergileme ölçeklerindeki örneklerini sunmaktadır (Görsel 2–3). Yapıtların aydınlık veya daha düşük ışıklı ortamlarda farklı hızlarda dönüşebilmesi, üretim ve sergileme koşulları arasındaki ilişkiyi de önemli hâle getirmektedir.



Görsel 2. Ackroyd & Harvey, *Mother and Child (Heather & Adele)*, 1998. Fotoğrafik fotosentez. 183 × 122 cm.



Görsel 3. Ackroyd & Harvey, *Testament*, 1998. Fotoğrafik fotosentez. 8 × 8 m.

Bitki örtüsünün büyümesine dayanan görüntü üretimi, Almudena Romero'nun *Farming Photographs* projesinde (Görsel 4) geniş tarımsal alanlara taşınarak farklı bir ölçek kazanmaktadır. Ackroyd ve Harvey'nin çim portrelerinde kontrollü aydınlatma ve klorofil oluşumu öne çıkarken, Romero'nun uygulamasında görüntü, farklı bitki çeşitlerinin belirli bir düzende ekilmesi ve zaman içinde gelişmesiyle ortaya çıkmaktadır. Toulouse yakınlarında INRAE iş birliğiyle gerçekleştirilen projenin ilk uygulamasında, farklı buğday çeşitleri 2025 yılının sonbaharında yaklaşık 11.000 metrekarelik bir alana insan gözü biçimini oluşturacak şekilde ekilmiştir. Bitkilerin gelişmesiyle birlikte tasarlanan görüntü 2026 yılının ilkbaharında belirginleşmiştir (INRAE, 2026). Sanatçının açıklamalarına göre görüntünün görünürlüğü mevsim boyunca değişmekte ve üretim süreci hasatla tamamlanmaktadır (Romero, 2026; Romero, t.y.-a).

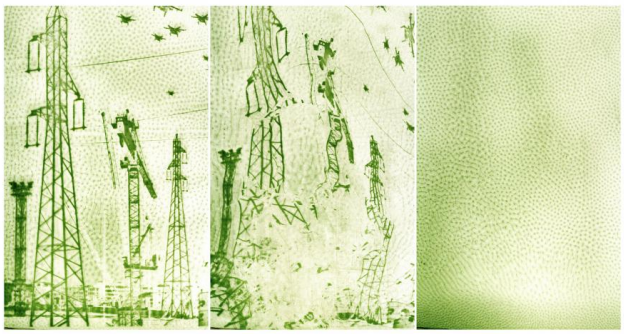


Görsel 4. Almudena Romero, *Farming Photographs / Iteration I*, 2025–2026. Farklı buğday çeşitlerinin tarımsal alanda yetiştirilmesiyle oluşturulan canlı görüntü yerleştirmesi. Yaklaşık 11.000 m².

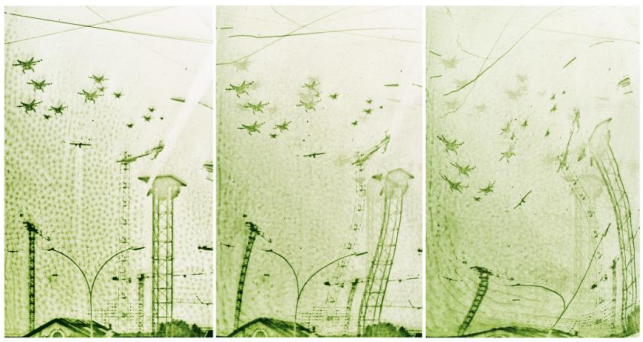
Romero'nun çalışmasında görüntünün algılanma biçimi, bitkilerin gelişim aşamalarıyla birlikte izleyicinin bulunduğu konuma ve bakış açısına da bağlıdır. Araziye yakından bakıldığında tek tek bitkilerin oluşturduğu tarımsal doku görülürken, yukarıdan bakıldığında bu düzen bütünlüklü bir göz imgesine dönüşmektedir. Böylece mekânsal uzaklık, görüntünün okunabilirliğini ve görsel etkisini belirleyen temel unsurlardan biri hâline gelmektedir. Bitki örtüsünün büyüme sürecine bağlı olarak şekillenen bu ilişki, canlı organizmalarla gerçekleştirilen diğer görüntü üretimlerinde zamanın ve biyolojik değişimin üstlendiği farklı işlevlerin değerlendirilmesine de zemin hazırlamaktadır.

2.2. Mikroalglerle Yaşayan Ve Değişken Görüntüler

Büyüyen bitki örtüsüne dayalı uygulamalarda görüntünün oluşumu, bitkilerin gelişim evreleriyle ilişkiliyken mikroalglerle gerçekleştirilen çalışmalarda hücresel davranışların etkisiyle farklı bir zamansal süreç ortaya çıkmaktadır. Işığa duyarlı mikroalglerin bulundukları ortam içindeki dağılımı ve çevresel uyaranlara verdikleri tepkiler, görsel düzenin sürekli değişmesine neden olabilmektedir. Lia Giraud'nun *Algaegraphies* projesi (Görsel 5 ve 6), canlı organizmaların bu özelliklerinden yararlanarak görüntünün oluşumu, dönüşümü ve kayıt altına alınması arasındaki ilişkiyi ele almaktadır (Variation Media Art Fair, 2015).



Görsel 5. Lia Giraud, *Algaegraphies: Entropie I*, 2015. Işığa duyarlı mikroalglerin oluşturduğu biyolojik görüntüden elde edilen dijital baskı. 35 × 60 cm.



Görsel 6. Lia Giraud, *Algaegraphies: Entropie* dizisinden bir çalışma, 2015. Işığa duyarlı mikroalglerin oluşturduğu biyolojik görüntüden elde edilen dijital baskı. 35 × 60 cm.

Giraud'nun projesi kapsamında gerçekleştirdiği *Canopée* ve *Entropie* dizileri, mikroalglerle oluşturulan görüntülerin değişkenliğini farklı yönleriyle ortaya koymaktadır. *Canopée* dizisinde alglerden oluşan figüratif bir manzaranın 70 aşama boyunca giderek çözülmesi kayıt altına alınmaktadır. Aynı kompozisyondan alınan beş ayrıntıya odaklanan *Entropie* dizisinde ise hücresel değişimlerin daha küçük ölçekteki görünümleri öne çıkmaktadır. Tarayıcı aracılığıyla gerçekleştirilen görüntüleme işlemi mikroalglerin davranışlarını etkileyebilmekte ve kayıt aygıtı da canlı düzenin oluşum koşullarına müdahale edebilmektedir (Variation Media

Art Fair, 2015). Bu bakımdan *Canopée*, figüratif görüntünün aşamalı çözülmesini görünür kılarken *Entropie*, hücresel değişimlerin ayrıntılarını ve kayıt sürecinin bu değişimler üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Her iki dizi de görüntünün farklı zaman ve ölçeklerde nasıl dönüşebildiğini göstererek izleme ve belgeleme biçimlerinin sanatsal üretimdeki önemini belirginleştirmektedir.

Mikroalglerin çevresel koşullara duyarlılığı, biyolojik görüntülerin belgelenmesine ilişkin farklı bir değerlendirme alanı da oluşturmaktadır. Hücrelerin dağılımı ve hareketleri bulundukları ortamın özelliklerine bağlı olarak değişirken, gözlem ve tarama işlemleri de bu ortamın koşullarını etkileyebilmektedir. Dolayısıyla elde edilen görsel kayıt, canlı organizmaların belirli bir andaki görünümünü, kayıt sırasında gerçekleşen teknik müdahalelerin etkileriyle birlikte yansıtmaktadır. Görsel belgede izlenen değişimlerin bir bölümü organizmaların yaşam süreçlerinden, bir bölümü ise görüntünün kaydedildiği teknik koşullardan kaynaklanabilmektedir. Sanatçı üretimin başlangıç koşullarını belirlese de hücresel hareketler, aydınlatma ve kayıt işlemleri görsel düzenin sonraki aşamalarda farklılaşmasına yol açmaktadır. Böylece biyolojik değişkenlik, Giraud'nun çalışmalarında görüntünün biçimlenmesini ve izleyiciye sunulmasını etkileyen temel unsurlardan biri hâline gelmektedir. Bu noktada canlı biyolojik matris ile söz konusu süreçlerden elde edilerek sergide dijital baskı biçiminde sunulan görüntüler arasındaki ayrım da önem kazanmaktadır (Variation Media Art Fair, 2015). Mikroalglerin hücresel yeniden düzenlenmesiyle sürekli değişen canlı görüntü, dijital çıktıda belirli bir ana ait sabit bir görünüm kazanmaktadır. Çim portrelerinde büyüme ve yaşlanma, görüntünün zaman içindeki değişimini belirlerken, Giraud'nun çalışmalarında hücresel davranışlar ve yeniden düzenlenme süreçleri öne çıkmaktadır. Bu farklılık, canlı görüntünün biyolojik varlığı ile kayıt altına alınarak dolaşıma giren görsel belgenin farklı zamansal özellikler taşıdığını ortaya koymaktadır. Böylece görüntünün oluşum ve değişim süreciyle belgelenmiş hâlinin birlikte değerlendirilmesi, canlı organizmaların sanatsal üretimde üstlendiği işlevlerin daha kapsamlı biçimde anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Mikroalglerde hücresel davranışlar üzerinden izlenen bu değişkenlik, yaprak yüzeyinde pigment dönüşümleriyle oluşturulan görüntülerde farklı bir biyolojik mekanizma aracılığıyla ortaya çıkmaktadır.

2.3. Yaprakta Pigment Değişimi, Geçicilik Ve Koruma

Yaprak baskıları, bitki dokusunda meydana gelen pigment dönüşümleri üzerinden izlenmektedir. Klorofil baskı yönteminde yaprak, ışığa duyarlı fotoğrafik bir taşıyıcı olarak kullanılmakta ve pigmentlerde oluşan değişimler, yüzey üzerinde açık ve koyu alanların belirginleşmesini sağlamaktadır (Er, 2023). Bu süreçte yaprağın damar yapısı, biçimi ve yüzeyindeki doğal düzensizlikler, fotoğrafik görüntünün görsel özelliklerine doğrudan katılmaktadır. Görüntünün biyolojik bir yüzey üzerinde oluşması, malzemenin zaman içinde geçirdiği değişimleri de eserin görünürlüğü ve korunması açısından önemli hâle getirmektedir.

Bu yaklaşımın örneklerinden biri, Almudena Romero'nun *The Pigment Change* projesi kapsamında gerçekleştirdiği *The Act of Producing* dizisidir (Görsel 7 ve 8). Sanatçı, güneş ışığının klorofil üzerinde oluşturduğu fotobeyazlama etkisinden yararlanarak yaprak yüzeylerinde el imgeleri meydana getirmektedir. Yaprakların kendilerine özgü özelliklerine bağlı olarak farklılaşan pigment kaybı, görüntülerin değişen kontrastlarda belirginleşmesini sağlamaktadır (Romero, t.y.-b). Bahçe bakımı ile ilişkilendirilen bu imgeler, yaprağın kırılgan yapısı aracılığıyla görüntünün geçiciliğini de görünür kılmaktadır. Sanatçının diğer uygulamalarında fotoperiyodiklik ve fotosentez gibi farklı biyolojik mekanizmalardan yararlanılması, ışığın bitki dokusuyla kurduğu ilişkinin çeşitliliğini ortaya koymaktadır.



Görsel 7. Almudena Romero, *The Act of Producing* (*The Pigment Change* dizisinden), 2020. Yaprak üzerine güneş ışığının klorofil pigmentlerinde oluşturduğu fotobeyazlama yoluyla gerçekleştirilen fotoğrafik baskı.



Görsel 8. Almudena Romero, *The Pigment Change*, 2020. Yaprak yüzeylerine uygulanan klorofil baskıların üretim ve yerleştirme sürecinden fotoğrafik görünüm.

Yaprak baskılarında görüntünün korunmasına yönelik farklı bir yaklaşım ise Binh Danh'ın çalışmalarında görülmektedir (Görsel 9 ve 10). Sanatçı, fotoğrafik negatifleri yaprak veya çim yüzeylerine aktararak oluşturduğu görüntüleri reçine içinde korumaktadır (University of Wyoming Art Museum, 2010). Bu müdahale, biyolojik malzemenin doğal dönüşümünü yavaşlatırken yaprağın damarlarını, yüzey dokusunu ve biçimsel özelliklerini görünür biçimde muhafaza etmeyi amaçlamaktadır (Er, 2023). Reçineyle gerçekleştirilen koruma işlemi, yaprağın doğal yaşam döngüsünün bıraktığı izlerin algılanmasına da olanak sağlamaktadır. Bu durum, görüntünün organik ve değişken bir malzemeden üretildiğini hatırlatırken koruma müdahalesinin eserin sonraki görünümü üzerindeki etkisini belirginleştirmektedir.



Görsel 9. Binh Danh, *Swamp Soldiers*, 2006. Çim yüzey üzerine klorofil baskı ve reçine. 139,7 × 88,9 cm.



Görsel 10. Binh Danh, *Son #2*, 2006. Klorofil baskı ve reçine. Yaklaşık 28,6 × 23,5 cm.

Danh'ın Vietnam ve Kamboçya savaşlarının tarihsel izlerini konu alan görüntülerinde, biyolojik malzeme ile fotoğrafik temsil arasındaki bu ilişki bellek kavramıyla da bağlantı kurmaktadır (University of Wyoming Art Museum, 2010). Yaprağın kırılgan yapısı, geçmişe ait görüntülerin saklanması ve tarihsel tanıklığın sürdürülmesi düşüncesiyle bütünleşmektedir. Sanatçının reçine kullanımı, organik malzemenin geçirdiği bütün değişimleri durdurmayı garanti etmese de fotoğrafik izin görünürlüğünü korumaya yönelik bilinçli bir müdahale oluşturmaktadır. Bu birliktelik, geçmişe ait görüntülerin korunmasıyla organik yüzeyin zaman içinde dönüşebilme özelliği arasında bir ilişki kurulmasına olanak sağlamaktadır. Böylece yaprak üzerindeki fotoğrafik iz, tarihsel belleğin aktarımını ve görüntünün maddi varlığını aynı yüzey üzerinde buluşturmaktadır.

Romero ve Danh'ın uygulamaları birlikte değerlendirildiğinde, benzer biyolojik yüzeylerden yararlanılmasına karşın görüntünün geçiciliğine ve korunmasına yönelik farklı sanatsal yaklaşımlar benimsendiği görülmektedir. Romero, pigmentlerin değişebilirliğini ve yaprağın kırılganlığını üretim sürecine dâhil ederek bu özellikleri emek ve bakım deneyimiyle ilişkilendirirken Danh, oluşan fotoğrafik izin görünürlüğünü daha uzun süre sürdürebilmek amacıyla koruma yöntemlerine başvurmaktadır. Bu iki yaklaşım, biyolojik dönüşümün sürmesine izin verilmesi ve söz konusu dönüşümün yavaşlatılması üzerinden görüntünün zamanla kurduğu ilişkiyi farklı biçimlerde şekillendirmektedir. Her iki sanatçının uygulamaları da yaprağın biyolojik kökeninin, üretim ve koruma tercihlerinden bağımsız olarak eserin maddi ve kavramsal özellikleri üzerindeki önemini sürdürdüğünü göstermektedir. Bu bakımdan geçicilik ve koruma, canlı organizmalarla gerçekleştirilen görüntü üretiminde birbirleriyle ilişkili iki temel değerlendirme alanı oluşturmaktadır.

3. SONUÇ

Işığa duyarlı canlı organizmaların görüntü üretiminde kullanılması, sanat yapıtının maddi yapısı ile zaman içindeki dönüşümü arasında doğrudan bir ilişki kurmaktadır. Bu çalışmada söz konusu ilişki, büyüyen bitki örtüsünde gelişen görüntüler, mikroalglerin hücresel düzeniyle değişen görüntüler ve yaprak pigmentlerindeki dönüşümle oluşturulan baskılar olmak üzere üç farklı üretim biçimi üzerinden incelenmiştir. Yapılan karşılaştırma, görüntünün oluşumunda kullanılan organizmalar kadar ışığın bu organizmalar üzerindeki biyolojik ve maddi işlevlerinin de belirleyici olduğunu göstermektedir. Çim portrelerinde klorofil oluşumu, tarımsal uygulamalarda ekim düzeni ve mevsimsel büyüme, mikroalglerde hücresel davranışlar, yaprak baskılarında ise pigment kaybı görüntünün oluşumunu farklı mekanizmalar aracılığıyla şekillendirmektedir. Bu çeşitlilik, canlı organizmalarla gerçekleştirilen sanatsal üretimlerin kendilerine özgü biyolojik koşullar çerçevesinde değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

İncelenen uygulamalar arasındaki farklılıklar, görüntünün geçiciliğinin ve görünürlük süresinin de üretim ve sergileme koşullarına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır. Görüntünün zamanla kurduğu ilişki, belirme, değişme, çözülme ve korunma aşamaları üzerinden çeşitlenmektedir. Bununla birlikte canlı organizmanın maddi varlığı ile bu varlığın sergi kayıtları veya dijital baskılar aracılığıyla belgelenmesi, görüntünün farklı zamansal özellikler kazanmasına yol açmaktadır. Özellikle süreç temelli uygulamalarda biyolojik üretim ile görsel belgeleme arasındaki bu ayrım, eserin oluşum ve sergilenme koşullarının değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Dolayısıyla geçicilik, canlı malzemenin biyolojik özellikleriyle birlikte sanatçının üretim, kayıt ve koruma tercihleri doğrultusunda şekillenen bir olgu olarak belirginleşmektedir.

KAYNAKLAR

Ackroyd & Harvey. (t.y.). *Celebrating 30 years of photographic photosynthesis*. 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: https://www.ackroydandharvey.com/celebrating-30-years-of-photographic-photosynthesis/

Er, M. H**. (2023).** "Doğal" bir fotografik baskı yöntemi olarak: Klorofil baskı. *Social Sciences Studies Journal, 9*(115), 8409–8420. https://doi.org/10.29228/sssj.71942

INRAE. (2026). *La diversité végétale en un clin d'œil*. https://www.inrae.fr/actualites/diversite-vegetale-clin-doeil

Işıktan, F**. (2022).** Biyosanat: Disiplinlerarası bağlamda çağdaş seramik sanatına yansımaları. *Art-e Sanat Dergisi, 15*(29), 356–373. https://doi.org/10.21602/sduarte.1075499

Romero, A. (t.y.-a). *Farming photographs.* 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: *https://www.almudenaromero.co.uk/farming-photographs*

Romero, A. (t.y.-b). *The pigment change*. 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: https://www.almudenaromero.co.uk/thepigmentchange

Romero, A. (2026). *May 2026. Farming Photographs Iteration I becomes visible.* 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: *https://www.almudenaromero.co.uk/news/may-2026-farming-photographs-iteration-i-becomes-visible*

University of Wyoming Art Museum. (2010). *Binh Danh: Life, times, and matters of the swamp*. 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: https://www.uwyo.edu/artmuseum/exhibitions/2010/binh-danh/index.html

Variation Media Art Fair. (2015). *Lia Giraud: Algaegraphies: Canopée / Entropie*. 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: https://variation.paris/artists/giraud/

Görsel Kaynakçası

Görsel 1. Atar, K. (2026). *Işıkla biyolojik görüntü üretiminin üç biçimi* [Özgün karşılaştırma şeması].

Görsel 2. Ackroyd, H., & Harvey, D. (2012). *Mother and Child (Heather & Adele)* [Eser fotoğrafı]. *Chlorophyll apparitions* (PDF s. 7, görsel 1). https://www.ackroydandharvey.com/wp-content/uploads/2014/02/Chlorophyll-Apparitions-TASIE-Ackroyd-Harvey-.pdf

Görsel 3. Ackroyd, H., & Harvey, D. (2012). *Testament* [Yerleştirme fotoğrafı]. *Chlorophyll apparitions* (PDF s. 8, görsel 2). https://www.ackroydandharvey.com/wp-content/uploads/2014/02/Chlorophyll-Apparitions-TASIE-Ackroyd-Harvey-.pdf

Görsel 4. Romero, A. (t.y.-a). *Farming photographs / Iteration I* [Arazi ölçekli eser görseli]. 16 Ekim 2026 tarihinde erişildi: https://www.almudenaromero.co.uk/farming-photographs

Görsel 5. Giraud, L. (2015). *Algaegraphies: Entropie I* [Dijital baskı]. Variation Media Art Fair. https://variation.paris/artists/giraud/

Görsel 6. Giraud, L. (2015). *Algaegraphies: Entropie* [Diziden dijital baskı görseli]. Variation Media Art Fair. https://variation.paris/artists/giraud/

Görsel 7. BMW Group PressClub Global. (2021, 28 Mayıs). *"The Act of Producing", The Pigment Change, 2020* [Fotoğraf]. https://www.press.bmwgroup.com/global/photo/detail/P90420397/The-Act-of-Producing-The-Pigment-Change-2020-%C2%A9-Almudena-Romero-BMW-Residency-05-2021

Görsel 8. BMW Group PressClub Global. (2021, 5 Kasım). *Almudena Romero, The Pigment Change, BMW Residency 2020* [Fotoğraf]. https://www.press.bmwgroup.com/global/photo/detail/P90410620/almudena-romero-the-pigment-change-bmw-residency-2020-12/2020

Görsel 9. Danh, B. (2006). *Swamp Soldiers* [Çim üzerine klorofil baskı ve reçine]. University of Wyoming Art Museum. https://www.uwyo.edu/artmuseum/exhibitions/2010/binh-danh/index.html

Görsel 10. Danh, B. (2006). *Son #2* [Klorofil baskı ve reçine]. University of Wyoming Art Museum. https://www.uwyo.edu/artmuseum/exhibitions/2010/binh-danh/index.html

YAPAY ZEKÂ SANATINDA DOĞANIN DÖNÜŞÜMÜ: BİYOMORFİK BİÇİMLER ÜZERİNE BİR İNCELEME

Doç. Dr. Kerem ATAR

Kafkas Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Resim Bölümü,

k.atar@kafkas.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-8512-9273

Özet

Doğa, biçim, ritim, doku ve renk çeşitliliğiyle sanatın görsel diline zengin ifade olanakları sunmaktadır. Yapay zekâ destekli sanatsal üretim ise doğal formların görüntü verileri aracılığıyla yeniden yorumlanmasına ve farklı görsel düzenlemelere dönüştürülmesine imkân tanımaktadır. Bu çerçeveden hareketle çalışma, doğadan elde edilen çizgi, doku, renk ve organik örüntülerin yapay zekâ sanatında biyomorfik imgelere dönüşümünü incelemektedir. Nitel-kavramsal yaklaşımın benimsendiği çalışmada, biyomorfizm, dijital görüntü ve algoritmik üretime ilişkin literatür değerlendirilmiş, Helena Sarin'in *Leaves of Manifold*, Sofia Crespo'nun *Neural Zoo* ve *Fuse* kolektifinin *Artificial Botany* projeleri ele alınmıştır. İnceleme, görsel kaynaklar, organik biçimlerin dönüşümü ve imgelerin tanınabilirlik düzeyleri üzerinden yürütülmüştür. Çalışmada elde edile bulgular, sanat çalışmalarında veri kaynağı olarak ele alınan yaprak damarlarının yeni yüzey düzenlerine, tanıdık anatomik parçaların doğada karşılığı bulunmayan organik bütünlere, botanik görünümlerin ise soyut renk ve doku akışlarına dönüşebildiğini ortaya koymaktadır. Bu sanatsal süreçlerde biyomorfik etkinin, belirli bir canlı türünün gerçeğe uygun betimlenmesine bağlı kalmaksızın, canlılığı çağrıştıran görsel ilişkiler aracılığıyla oluştuğu görülmektedir. Görsel kaynaklarla ortaya çıkan imgeler arasındaki farklılaşma, betimleme ve soyutlama ilişkisi çerçevesinde değerlendirilirken, sanatçının veri seçimi, görsel değerlendirme ve sunum tercihlerinin belirleyici rolü de vurgulanmaktadır. Böylece yapay zekâ, doğadan alınan biçimsel ilişkilerin sanatçının estetik kararları doğrultusunda yeni kompozisyonlara dönüştürülmesini sağlayan bir üretim aracı olarak değerlendirilmektedir. Araştırma, seçilen üç sanat projesiyle sınırlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomorfizm, Yapay zekâ sanatı, Organik biçim, Makine öğrenmesi, Görsel soyutlama.

THE TRANSFORMATION OF NATURE IN AI ART: AN EXAMINATION OF BIOMORPHIC FORMS

Assoc. Prof. Dr. Kerem ATAR

Kafkas University, Faculty of Fine Arts, Department of Painting,

k.atar@kafkas.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-8512-9273

Abstract

Nature offers rich possibilities for artistic expression through its diversity of forms, rhythms, textures, and colors. AI-assisted artistic production enables natural forms to be reinterpreted through image data and transformed into different visual compositions. Within this framework, the present study examines the transformation of lines, textures, colors, and organic patterns derived from nature into biomorphic images in AI art. Adopting a qualitative-conceptual approach, the study reviews the literature on biomorphism, digital imagery, and algorithmic production, and examines Helena Sarin's Leaves of Manifold, Sofia Crespo's Neural Zoo, and the Fuse collective's Artificial Botany projects. The analysis focuses on visual sources, the transformation of organic forms, and the recognizability of the resulting images. The findings reveal that leaf veins used as source data in artistic production can be transformed into new surface arrangements, familiar anatomical elements into organic structures without direct counterparts in nature, and botanical imagery into abstract flows of color and texture. These artistic processes demonstrate that biomorphic effects emerge through visual relationships that evoke a sense of life without requiring realistic representations of particular species. The differences between the visual sources and the resulting images are examined in relation to representation and abstraction, while the decisive role of artists' choices regarding data selection, visual evaluation, and presentation is also emphasized. Accordingly, artificial intelligence is considered a tool that enables formal relationships derived from nature to be transformed into new compositions through artists' aesthetic decisions. The research is limited to the three selected art projects.

Keywords: Biomorphism, Artificial intelligence art, Organic form, Machine learning, Visual abstraction.

GİRİŞ

Doğa, sanat tarihi boyunca sanatçıların biçimsel arayışlarına kaynaklık etmiştir. Bitkilerin dallanma düzenleri, hayvanların anatomik özellikleri ve mikroskobik canlıların organik yapıları, farklı dönemlerde çizgi, renk, doku ve biçim ilişkileri üzerinden yeniden yorumlanmıştır. Özellikle modern sanatta doğal formların soyutlanmasıyla, canlıları çağrıştıran ancak doğada doğrudan karşılığı bulunmayan yeni görsel düzenlemeler ortaya çıkmıştır (Antmen, 2009). Kandinsky'nin mikroorganizmaları anımsatan soyut kompozisyonları da bu yaklaşımın örnekleri arasında yer almaktadır (Sezer, 2020). Doğal varlıkların biçimsel özelliklerinden hareketle geliştirilen bu tür anlatımlar, sanat kuramında biyomorfizm kavramıyla ilişkilendirilmektedir (Museum of Modern Art (MoMA), t.y.). Doğa ile sanat arasındaki bu ilişki, yapay zekâ destekli görüntü üretimiyle farklı bir boyut kazanmaktadır. Fotoğraf, çizim ve benzeri görsel kaynakların sayısal verilere dönüştürülmesi, doğal biçimlerin algoritmik yöntemlerle yeniden düzenlenmesine olanak sağlamaktadır. Makine öğrenmesine dayalı sistemler, kendilerine sunulan görüntülerdeki renk, çizgi ve doku ilişkilerini işleyerek yeni görsel bileşimler oluşturabilmektedir (Goodfellow, Bengio ve Courville, 2016). Bu süreçte doğal kaynakların tanınabilir özellikleri kimi zaman korunurken, kimi zaman da belirli bir canlıya ait olduğu anlaşılamayan soyut biçimlere dönüşmektedir. Dolayısıyla yapay zekâ sanatında biyomorfizm, doğal biçimlerin nasıl dönüştürüldüğünü ve ortaya çıkan imgelerde canlılık çağrışımının hangi özellikler aracılığıyla sürdürüldüğünü incelemek açısından önem kazanmaktadır.

Bu noktadan hareketle çalışmada, doğadan alınan çizgi, renk, doku ve organik örüntülerin yapay zekâ destekli sanatsal üretimde hangi biçimsel dönüşümlerden geçtiği araştırılmaktadır. Araştırma kapsamında Helena Sarin'in *Leaves of Manifold*, Sofia Crespo'nun *Neural Zoo* ve Fuse kolektifinin *Artificial Botany* projeleri ele alınmıştır. Nitel-kavramsal yaklaşımın benimsendiği çalışmada, ilgili literatür ile sanatçıların yayımlanmış proje açıklamaları incelenmiş ve seçilen eserler görsel özellikleri üzerinden karşılaştırılmıştır. İnceleme, kullanılan doğal görsel kaynaklar, bu kaynakların geçirdiği biçimsel dönüşümler ve ortaya çıkan imgelerin tanınabilirlik düzeyleri olmak üzere üç temel ölçüt üzerinden yürütülmüştür. Böylece yapay zekâ sanatında biyomorfik biçimlerin nasıl oluştuğunun, algoritmik üretim süreçleri ve sanatçıların estetik tercihleriyle ilişkili olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Araştırma, seçilen üç proje ve bunlara ilişkin yayımlanmış görsel ve açıklamalarla sınırlandırılmıştır.

1. BİYOMORFİK BİÇİM VE YAPAY ZEKÂDA GÖRÜNTÜ ÜRETİMİ

Biyomorfizm, kökenini Yunancada yaşam anlamındaki “bios” ve biçim anlamındaki “morphe” sözcüklerinden alan, canlı varlıkların özelliklerini çağrıştıran soyut biçimleri tanımlayan sanat kuramı terimidir (MoMA, t.y.). MoMA’ya göre bu kavram; bitkileri, organizmaları ve beden parçalarını anımsatan, ancak belirli bir canlıyı doğrudan temsil etmesi gerekmeyen görüntüleri kapsamaktadır. Bu tanım, biyomorfizmi biyolojik türleri sınıflandıran bir bilimsel kategori olarak kullanmaktan ayırmakta, biçimin izleyicide oluşturduğu canlılık çağrışımını öne çıkarmaktadır. Biyomorfik bir görüntüde dallanma, damar ağı, kıvrımlı sınır, zar benzeri katman ya da düzensiz tekrar gibi özellikler bir araya gelebilmektedir. Söz konusu özellikler tek başlarına herhangi bir canlıya özgü değildir. Aralarındaki görsel ilişkiler organik bütünlük izlenimi oluşturmaktadır. Böylece yaprağın fotoğrafı ile yaprağı hatırlatan soyut bir yüzey arasında önemli bir ayrım belirginleşmektedir: İlkinde belirli bir nesnenin görünümü, ikincisinde ise nesneden ayrışabilen biçimsel özellikler ön plana çıkmaktadır. Yapay zekâ sanatı, bu ayrımın yeni görüntüler üzerinden incelenmesine elverişli örnekler sunmaktadır.

Yapay zekâ destekli görüntü üretiminin başlangıç noktası çoğu zaman veri kümesi adı verilen görsel topluluktur (Goodfellow, Bengio ve Courville, 2016). Bir sanatçının seçtiği yaprak fotoğrafları veya botanik çizimleri, sistemin üzerinde çalışacağı örnekleri oluşturmaktadır. Makine öğrenmesi, bilgisayarın bu örneklerde tekrarlanan renk, kenar ve doku ilişkilerinden örüntüler öğrenmesine dayanmaktadır. Yapay sinir ağları ise çok sayıda bağlantılı işlem katmanı aracılığıyla görüntülerdeki basitten karmaşığa uzanan özellikleri işleyebilmektedir.

Dolayısıyla veri seçimi, ortaya çıkabilecek görsel anlatımın sınırlarını baştan etkilemektedir. Bu alanda kullanılan yöntemlerden biri üretken çekişmeli ağdır (Generative Adversarial Network, GAN). GAN, birlikte eğitilen iki sinir ağından oluşmaktadır: "Üretici" yeni görüntüler oluştururken "ayırt edici" bunların eğitim örneklerine ne ölçüde benzediğini değerlendirmektedir. İki ağın birbirini geliştiren öğrenme süreci, eğitimde doğrudan bulunmayan yeni görüntülerin üretilmesine olanak tanımaktadır (Goodfellow vd., 2014). Buradaki benzerlik, bir bitkinin biyolojik özelliklerinin öğrenildiği anlamına gelmemekte, görüntülerdeki istatistiksel ilişkiler üzerinden kurulmaktadır.

GAN'ın farklı amaçlara göre geliştirilmiş türleri bulunmaktadır. CycleGAN, birebir eşleştirilmiş fotoğraflara ihtiyaç duymadan iki görüntü topluluğu arasında görsel dönüşüm ilişkisi kurabilmektedir. Örneğin bir mevsime ait görüntülerin özellikleri başka bir mevsimin görünümüne aktarılabilmektedir (Zhu vd., 2017). PGAN ise görüntüyü önce düşük çözünürlükte oluşturup eğitim ilerledikçe daha ince ayrıntılar ekleyen aşamalı bir yaklaşımı ifade etmektedir (Karras vd., 2018). Bunlar, sanatçının tek tuşla kullandığı hazır estetik üsluplar olmayıp, her biri farklı öğrenme işlemlerini tanımlamaktadır. Bir başka yöntem olan aktarım öğrenmesinde (*transfer learning*), daha önce bir görsel kümesiyle eğitilmiş modelin öğrendikleri yeni bir veri kümesi üzerinde kullanılmaktadır. Böylece süreç bütünüyle başlangıçtan kurulmadan yeni görüntü özelliklerine uyarlanabilmektedir (Pan ve Yang, 2010). Bunun sanatsal açıdan önemi, veri kaynağındaki değişimin aynı üretim sürecine farklı biçimsel yönelimler kazandırabilmesidir. Nitekim Fuse kolektifinin botanik illüstrasyonlarından yaprak ve orman fotoğraflarına geçişi, bu ilişkinin belgelenmiş örneklerinden biridir (Fuse, t.y.).

Teknik açıklamalar, ortaya çıkan görüntüleri yorumlamak için gerekli bir bağlam sunmakta, ancak estetik sonucu kendi başına açıklamamaktadır. Sanatçı görselleri toplamakta, modeli seçip uyarlamakta, üretilen seçenekleri değerlendirmekte ve sergileme biçimini belirlemektedir. İzleyici ise son görüntüdeki yapraksı kıvrımı, anatomik uzantıyı veya akışkan yüzeyi kendi görsel deneyimiyle ilişkilendirmektedir. Bu nedenle biyomorfik etkiyi hem üretim koşulları hem de görünür biçim özellikleri üzerinden düşünmek gerekir.

Bu çalışmada üç ölçüt kullanılmaktadır: Görüntünün dayandığı doğal kaynak, kaynak özelliklerinin dönüşme biçimi ve sonuçta korunabilen tanınabilirlik. Tanınabilirlik burada sayısal bir başarı puanı olarak ele alınmamakta, izleyicinin belirli bir yaprağı, hayvanı veya bitki yapısını adlandırmasını sağlayabilecek işaretlerin ne ölçüde sürdüğünün değerlendirilmesidir. Sanatçıların yayımladığı teknik bilgiler ile eserlere ilişkin görsel yorumlar birbirinden ayrılmakta, gözlemlenen benzerlikler, kanıtlanmamış bir üretim yöntemiyle açıklanmamaktadır. Bu çerçevede Helena Sarin'in yaprak yüzeylerinden geliştirdiği imgeler, Sofia Crespo'nun anatomik çağrışımlarla kurduğu hayali canlılar ve Fuse kolektifinin botanik tasvirlerden soyut akışlara uzanan üretimleri birlikte ele alınmaktadır. Üç proje, doğanın yapay zekâ aracılığıyla tek bir görsel sonuca indirgenmediğini, aynı biyomorfik etkinin farklı kaynaklar ve sanatçı kararlarıyla oluşturulabildiğini göstermeye olanak sağlamaktadır.

2. DOĞAL GÖRSEL KAYNAKTAN BİYOMORFİK İMGEYE: ÜÇ PROJE

Doğal biçimlerin yapay zekâ sanatında geçirdiği dönüşüm, görüntünün üretilmesinden önce hangi görsel kaynakların seçildiğiyle başlamaktadır. Fotoğraflanan bir yaprak, kaydedilen bir deniz canlısı veya arşivden alınan botanik çizimi, algoritmanın öğreneceği biçimsel ilişkileri farklı yönlerden etkilemektedir. Üretim aşamasında bu ilişkiler yeni görüntülere dönüşürken, sanatçının model üzerindeki müdahaleleri, görüntü seçimi ve sunum tercihleri de ortaya çıkan eserin niteliğini belirlemektedir. Bu nedenle biyomorfik dönüşümün anlaşılabilmesi, görsel kaynaktan tamamlanmış esere uzanan üretim sürecinin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu doğrultuda seçilen üç proje, farklı doğal kaynakların algoritmik yöntemlerle nasıl işlendiği ve sonuçta hangi biçimsel özelliklerin korunduğu veya değiştiği üzerinden incelenmektedir.

Bu sürecin ilk örneği, Helena Sarin'in *Leaves of Manifold* (2020–2021) projesidir. Sarin, armut ve akçaağaç gibi ağaçlardan topladığı bini aşkın yaprağı fotoğraflayarak kendi görsel veri kümesini oluşturmuştur (Görsel 1).

Böylece yaprakların damar ağları, yıpranmış kenarları, lekeleri ve mevsimsel renk farklılıkları, üretim sürecinin başlangıç malzemesine dönüşmüştür. Sanatçı, iki yılı aşan çalışmalarında CycleGAN ve PGAN modellerini kullanmış, özellikle küçük ve çeşitlilik gösteren veri kümelerinde daha uygun sonuçlar elde edebilmek amacıyla bu modeller üzerinde değişiklikler gerçekleştirmiştir (NVIDIA AI Art Gallery, t.y.).



Görsel 1. Helena Sarin, *Leaves of Manifold* projesi için toplanan yaprak fotoğrafları, 2020–2021

Sarin'in üretiminde CycleGAN, farklı görüntü grupları arasında biçimsel özelliklerin aktarılmasına olanak sağlarken PGAN, görüntünün genel yapısından başlayarak ayrıntıların aşamalı biçimde geliştirilmesini sağlamaktadır. Sanatçı ayrıca bir modelden elde edilen sonuçların başka bir üretim aşamasında yeniden işlendiği, *GAN chaining* olarak adlandırılan yöntemden yararlanmıştır (NVIDIA AI Art Gallery, t.y.). Bu ardışık işlemler sayesinde kaynak yaprakların damar, renk ve yüzey özellikleri farklı görsel düzenlemeler içerisinde yeniden oluşturulabilmektedir. Üretilen görüntülerin seçilerek sanatçı kitabında bir araya getirilmesi ise farklı dönüşümlerin aynı çalışma içerisinde karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır (Görsel 2).



Görsel 2. Helena Sarin, *Leaves of Manifold*, 2020–2021, sanatçı kitabı kapak görünümü.

Bu dönüşümün daha belirgin bir örneği, Görsel 3'teki *Leaves of Manifold, of Red and Gold* (2021) adlı çalışmadır. Koyu kırmızı yüzeyler ve damar benzeri çizgiler yaprak dokusunu çağrıştırırken, kıvrımlı sınırlar ve alışılmadık biçim birleşimleri belirli bir bitki türünün tanımlanmasını güçleştirmektedir. Hareketli GIF biçiminde sunulan eserde görüntülerin sırayla belirip kaybolması, yaprakların mevsimsel değişimini anımsatan bir ritim oluşturmaktadır. Sanatçının üretilen seçenekler arasından son görüntüleri elle seçmesi de algoritmik üretimin estetik kararlarla tamamlandığını göstermektedir (Sarin, 2021). Böylece biyomorfik dönüşüm, yaprağın tanınabilir özelliklerinin yeni yüzey ilişkileri içerisinde yeniden düzenlenmesiyle gerçekleşmektedir.



Görsel 3. Helena Sarin, *Leaves of Manifold*, of Red and Gold, 2021, yapay zekâ destekli hareketli dijital görüntü (GIF).

Sarin'in çalışmasında doğal yüzeylerin dönüşümü öne çıkarken, Sofia Crespo'nun *Neural Zoo* (2018–2022) projesinde canlılara ait anatomik özelliklerin alışılmadık birleşimleriyle karşılaşılmaktadır. Crespo, doğadaki canlıların görsel özelliklerinden hareketle hayali organizmalar oluşturmaktadır. Projenin teknik bilgilerinde evrişimli sinir ağlarının (Convolutional Neural Networks, CNN) kullanıldığı belirtilmektedir (Crespo, t.y.). Bu ağlar, görüntülerdeki kenar, renk ve doku gibi özellikleri farklı işlem katmanları aracılığıyla belirleyebilmekte ve daha karmaşık görsel ilişkilerin öğrenilmesini sağlamaktadır (Goodfellow, Bengio ve Courville, 2016).

Crespo, üretim yaklaşımını açıklarken mevcut ekosistemlerden ve canlı örneklerinden topladığı verilerdeki biçimsel ilişkileri sinir ağları aracılığıyla işlediğini, elde edilen özellikleri yeni organizmalar oluşturmak amacıyla kullandığını belirtmektedir (iMAL, 2023). Böylece canlıların görünüşlerine ait farklı özellikler, alışılmış anatomik düzenlerden bağımsız olarak yeniden ilişkilendirilebilmektedir. Bununla birlikte sanatçının açıklamaları, *Neural Zoo* kapsamındaki her görüntünün hangi veri kümesi ve model ayarlarıyla üretildiğini ayrıntılandırmadığından, eserlerin bütün teknik aşamalarını kesin biçimde belirlemek mümkün olmamaktadır.

Bu yaklaşımın görsel karşılığı, Görsel 4'teki *Trinity_9542* adlı çalışmada izlenmektedir. Pul görünümündeki küçük yüzeyler, yüzgeçleri andıran uzantılar ve kıvrımlı renk katmanları, izleyicinin farklı canlılarla ilişki kurabileceği anatomik özellikler sunmaktadır. Ancak bu parçaların bir araya geliş biçimi, doğada karşılığı bulunan belirli bir organizmanın tanımlanmasına olanak vermemektedir. Dolayısıyla görüntünün bazı ayrıntıları tanınabilirliğini korurken, bütünsel yapısı hayali bir canlı görünümü kazanmaktadır.



Görsel 4. Sofia Crespo, *Neural Zoo: Trinity_9542*, 2018–2022 (proje dönemi), yapay zekâ destekli dijital görüntü.

Benzer bir dönüşüm, Görsel 5'teki *Self Acceptance_2345* adlı çalışmada saydam zarlar, ipliksi uzantılar ve birbirine karışan organik kütleler üzerinden gerçekleşmektedir. Deniz canlılarını veya mikroskobik organizmaları hatırlatan bu özellikler, parçaların birbirleriyle kurduğu ilişkiler sayesinde bütünsel bir canlılık izlenimi oluşturmaktadır. Böylece Crespo'nun çalışmalarında biyomorfik etki, tanınabilir anatomik özelliklerin yeniden birleştirilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu yönüyle sanatçının yaklaşımı, Sarin'in yaprak yüzeylerinin dokusal özelliklerini dönüştürmesine dayanan üretiminden farklılaşmaktadır.



Görsel 5. Sofia Crespo, *Neural Zoo: Self Acceptance_2345*, 2019, yapay zekâ destekli dijital görüntü.

Üçüncü örnek olan Fuse kolektifinin *Artificial Botany* projesi ise görsel kaynakların değiştirilmesinin üretim sürecini ve ortaya çıkan biçimleri nasıl etkilediğini göstermektedir. Kolektif, 2019 yılında başlayan projede Maria Sibylla Merian ve Pierre-Joseph Redouté gibi sanatçıların tarihsel botanik illüstrasyonlarından yararlanmıştır. Bu görüntülerle eğitilen GAN sisteminde üretici ağ yeni bitki görüntüleri oluştururken ayırt edici ağ, üretilen sonuçların kaynak görüntülerdeki özelliklere yakınlığını değerlendirerek öğrenme sürecine katkı sağlamaktadır. İlk üretimlerde çiçek renkleri, yaprak büyüklükleri ve bitkilerin genel yapısal özellikleri büyük ölçüde korunmuştur (Fuse, t.y.).

Bu aşamanın örneklerinden *Artificial Botany .herbarium: Seed1010* (2022), dijital üretimin geleneksel baskı yöntemleriyle nasıl birleştirildiğini göstermektedir (Görsel 6). Üretilen görüntü önce renk katmanlarına ayrılmış, ardından bu katmanlar için serigrafi kalıpları hazırlanmıştır. Baskı sırasında doğal pigmentlerden yararlanılmış, klorofil kaynaklı yeşil rengin eklenmesiyle beş renkli bir uygulama gerçekleştirilmiştir (Fuse, 2022). Böylece algoritmik yöntemlerle oluşturulan bitki görünümü, biçimsel özelliklerini büyük ölçüde koruyarak fiziksel bir sanat nesnesine dönüştürülmüştür.



Görsel 6. Fuse, *Artificial Botany herbarium: Seed1010*, 2022, bitkisel pigmentlerle serigrafi,

Kolektifin sonraki *.morphos* serisinde ise görsel üretimin yönü belirgin biçimde değişmiştir. Başlangıçta kullanılan botanik illüstrasyonlarının yerine yaprak ve orman fotoğraflarından oluşan yeni bir veri kümesi hazırlanmış, önceden eğitilmiş model bu görüntülerle yeniden eğitilmiştir. Aktarım öğrenmesi olarak adlandırılan bu yöntem, modelin daha önce öğrendiği özelliklerden yararlanarak yeni veriler üzerinde çalışmasını sağlamaktadır (Fuse, t.y.). Görsel 7'deki *.morphos: Seed0954* (2022), bu değişimin sonucunu göstermektedir. Önceki seride belirgin olan sap ve çiçek düzenlerinin yerini dallanmalar, iç içe geçen yüzeyler ve akışkan renk ilişkileri almıştır. Böylece bitkinin tanınabilir görünümü giderek belirsizleşirken organik büyüme ve değişim izlenimi güçlenmektedir.



Görsel 7. Fuse, *Artificial Botany morphos: Seed0954*, 2022, inkjet baskı.

Bu yaklaşım, *.morphos III* (2021) adlı üç ekranlı görsel-işitsel yerleştirmede hareket ve zaman boyutuyla genişlemektedir (Görsel 8). On beş dakikalık çalışmada birbirine dönüşen görüntüler, kimi zaman yaprak, dal veya kök yapılarını çağrıştırırken sürekli değişen biçimsel ilişkiler oluşturmaktadır (Fuse, t.y.). Böylece biyomorfik etki, sabit bir nesnenin görünümünden hareketli görüntüler aracılığıyla deneyimlenen organik dönüşüm sürecine taşınmaktadır.



Görsel 8. Fuse, *Artificial Botany morphos III*, 2021, üç ekranlı görsel-işitsel yerleştirme.

İncelenen üç proje, doğal kaynakların yapay zekâ sanatında farklı üretim stratejileriyle dönüştürülebildiğini göstermektedir. Sarin'de yaprakların yüzey özellikleri ardışık algoritmik işlemler ve sanatçının seçimleriyle yeniden düzenlenirken, Crespo'da tanıdık anatomik parçalar hayali organizmalar içerisinde birleştirilmektedir. Fuse kolektifinde ise veri kümesinin değiştirilmesi, tanınabilir botanik görünümlerden soyut ve hareketli düzenlemelere uzanan bir dönüşüm sağlamaktadır. Bu farklılıklar, biyomorfik imgelerin oluşumunda kullanılan

verilerin, algoritmik yöntemlerin ve sanatçının estetik tercihlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

3. SONUÇ

Bu araştırmada yapay zekâ sanatında biyomorfik dönüşüm, doğal görüntülerdeki çizgi, doku ve renk ilişkilerinin yeniden düzenlenmesi üzerinden ele alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda üç belirgin yaklaşım saptanmıştır: Sarin'de yaprak dokularının yeniden kurulması, Crespo'da anatomik parçaların yeni birliktelikler oluşturması, Fuse kolektifinde ise botanik görünümlerin akışkan ve hareketli yapılara dönüşmesi. Örneklerin ortak özelliği, doğaya ilişkin nesnelerin tanınabilirliğinden kısmen bağımsız biçimde varlığını sürdürebilmesidir. Damar çizgileri, zar benzeri yüzeyler, dallanmalar ve ritmik geçişler canlılığı çağrıştırırken, ortaya çıkan görüntünün belirli bir organizmayı temsil etmesi gerekmemektedir. Bu bulgu, biyomorfik etkiyi görsel benzerliğin derecesi kadar biçimsel özelliklerin birbirleriyle kurduğu ilişkiler üzerinden değerlendirmeyi gerekli kılmaktadır.

İnceleme ayrıca görüntü üretiminde teknik yöntem ile sanatsal kararların ayrıştırılarak tartışılmasının önemini göstermektedir. GAN, CycleGAN, PGAN veya aktarım öğrenmesi gibi yöntemler görüntünün nasıl üretilebildiğini açıklamakta, veri seçimi, üretilen sonuçların ayıklanması ve eserin kitap, baskı ya da yerleştirme biçiminde sunulması ise sanatçının estetik katkısını görünür kılmaktadır. Dolayısıyla teknolojiye ilişkin açıklamalar, eserin biçimsel çözümlemesiyle birlikte ele alındığında anlam kazanmaktadır.

Bu çalışma, üç proje ve bunlara ilişkin yayımlanmış görsel ve açıklamalarla sınırlandırılmıştır. Bu alanda yapılan farklı uygulamalar da bulunmaktadır, ancak farklı yöntemlere ait bir inceleme olmasından dolayı bu üç proje seçilmiştir. Ayrıca, model çıktıları doğrudan karşılaştırılmamış, izleyici tepkileri ölçülmemiştir. Gelecekte farklı veri kümelerinin aynı yöntemle üretilen biçimlere etkisi ve izleyicilerin hangi özellikleri canlılık göstergesi olarak algıladığı incelenebilir. Mevcut değerlendirme, doğadan yararlanan yapay zekâ imgelerinin sanat kuramı içinde tartışılmasına yönelik karşılaştırmalı bir okuma sunmaya çalışmaktadır.

KAYNAKLAR

Antmen, A. (2009). 20. yüzyıl Batı sanatında akımlar. Sel Yayıncılık.

Crespo, S. (t.y.). Neural Zoo (2018–2022) [Dijital sanat projesi]. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://sofiacrespo.com/neural-zoo/

Ercan, O. (2024). Sahip olduğu teknolojisi bağlamında dijital sanatın özellikleri. Art-e Sanat Dergisi, 17(33), 41–62. https://doi.org/10.21602/sduarte.1464661

Fuse. (t.y.). Artificial Botany (2019–devam ediyor). Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.Fuseworks.it/series/artificial-botany

Fuse. (2022). .herbarium Seed1010. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.Fuseworks.it/artwork/seed1010

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press. https://www.deeplearningbook.org/

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. Advances in Neural Information Processing Systems, 27, 2672–2680. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2014/hash/f033ed80deb0234979a61f95710dbe25-Abstract.html

iMAL. (2023). Interview — Sofia Crespo [Röportaj]. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.imal.org/en/events/the-artwork-as-a-living-system/sofia-crespo-interview

Karras, T., Aila, T., Laine, S., & Lehtinen, J. (2018). Progressive growing of GANs for improved quality, stability, and variation. International Conference on Learning Representations. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://openreview.net/forum?id=Hk99zCeAb

Museum of Modern Art (MoMA). (t.y.). Biomorphic [Sanat terimleri sözlüğü]. https://www.moma.org/collection/terms/biomorphic

NVIDIA AI Art Gallery. (t.y.). Helena Sarin: Leaves of Manifold (2020–2021) [Sanat projesi tanıtımı]. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.nvidia.com/en-us/research/ai-art-gallery/artists/helena-sarin/

Pan, S. J., & Yang, Q. (2010). A survey on transfer learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 22(10), 1345–1359. https://doi.org/10.1109/TKDE.2009.191

Sarin, H. (2021). Leaves of Manifold, of Red and Gold [Hareketli dijital sanat yapıtı]. Feral File. https://feralfile.com/retrospective/ff1/leaves-of-manifold-of-red-and-gold-8cx/

Sezer, A. (2020). Kandinsky'nin biyomorfik soyutlamaları. Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(1), 269–279. https://dergipark.org.tr/tr/pub/intjcss/article/737183

Yıldırım, B. (2021). Çağdaş seramik sanatında biyomorfik eğilimler. AKRA Kültür Sanat ve Edebiyat Dergisi, 9(25), 131–149. https://doi.org/10.31126/akrajournal.910135

Zhu, J.-Y., Park, T., Isola, P., & Efros, A. A. (2017). Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2223–2232. https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.244

Görsel kaynakçası

Görsel 1 — Sarin, H. (2020–2021). *Leaves of Manifold için toplanan yaprak fotoğrafları* [Fotoğraf; eğitim verisi]. NVIDIA AI Art Gallery. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.nvidia.com/en-us/research/ai-art-gallery/artists/helena-sarin/

Görsel 2 — Sarin, H. (2020–2021). *Leaves of Manifold: Sanatçı kitabının kapak görünümü* [Sanatçı kitabı]. NVIDIA AI Art Gallery. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.nvidia.com/en-us/research/ai-art-gallery/artists/helena-sarin/

Görsel 3 — Sarin, H. (2021). *Leaves of Manifold, of Red and Gold* [Hareketli dijital sanat yapıtından görünüm]. Feral File. https://feralfile.com/retrospective/ff1/leaves-of-manifold-of-red-and-gold-8cx/

Görsel 4 — Crespo, S. (2018–2022). *Neural Zoo: Trinity_9542* [Dijital görsel]. Sofia Crespo. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://sofiacrespo.com/neural-zoo/

Görsel 5 — Crespo, S. (2019). *Neural Zoo: Self Acceptance_2345* [Dijital görsel]. Surrealism Today. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://surrealismtoday.com/sofia-crespo-neural-zoo/

Görsel 6 — Fuse. (2022). *Artificial Botany .herbarium: Seed1010* [Bitkisel pigmentlerle serigrafi]. Fuse. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.Fuseworks.it/artwork/seed1010

Görsel 7 — Fuse. (2022). *Artificial Botany .morphos: Seed0954* [Inkjet baskı]. Fuse. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.Fuseworks.it/series/artificial-botany

Görsel 8 — Fuse. (2021). *Artificial Botany .morphos III* [Üç ekranlı görsel-işitsel yerleştirme]. Fuse. Erişim tarihi: 20 Ekim 2026, https://www.Fuseworks.it/artwork/artificial-botany-morphos-iii

ESER SÖZLEŞMESİNDE NAMA İFA

Merve COŞKUN

Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi

Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Özel Hukuk Anabilim Dalı

merveeargin@gmail.com

0009-0009-6924-1383

ÖZET

TBK'nın 470 vd. maddelerinde düzenlenen, eser sözleşmesi, yüklenicinin bir eser meydana getirmeyi, iş sahibinin de bunun karşılığında bedel ödemeyi üstlendiği iki tarafa borç yükleyen bir sözleşme türü olup, TBK 473/II hükmü ile yüklenici sözleşme ile yerine getirmesi gereken yükümlülüğü yerine getirmemişse, iş sahibi de işi başkasına yaptırma ve masrafları yükleniciden talep edebilme hakkına sahip olacaktır, diğer bir deyişle nama ifa gerçekleşecektir. Kanun koyucu genel hükümlerde nama ifaya ilişkin hükme yer vermesine karşın, eser sözleşmelerinin niteliği gereği özel bir düzenleme ile TBK m. 473/ II hükmünü düzenlemektedir. TBK m. 473/ II hükmü ile iş sahibi, eserin yüklenicinin kusuru yüzünden ayıplı veya sözleşmeye aykırı olarak meydana getirileceğini açıkça öngörüyorsa, iş sahibi vereceği uygun süre ile ayıbın giderilmesini talep etme hakkına sahip olacak aksi takdirde hasar ve masrafları yükleniciye ait olmak üzere işi üçüncü bir kişiye yaptırma hakkını elde etmektedir. Eser sözleşmelerine özgü nama ifa yoluna başvurabilme koşulları, eserin ayıplı veya sözleşmeye aykırı olması, yüklenicinin kusurlu olması, iş sahibinin ihtar ile hukuka uygun süre vermesi şeklindedir. İş sahibinin bu yükümlüklerini yerine getirmesine karşın, yüklenici ayıbı ya da sözleşmeye aykırılığı düzeltmezse, iş sahibi hasar ve masrafları yükleniciye ait olmak üzere işi üçüncü bir kimseye yaptırabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Eser sözleşmesi, Nama İfa, TBK m. 473, Yüklenicinin Temerrüdü

PERFORMANCE IN THE NAME OF ANOTHER IN A CONTRACT FOR WORK

Merve COŞKUN

Master's Student (with Thesis)

Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences Department of Private Law

merveeargin@gmail.com

0009-0009-6924-1383

Abstract

Regulated under Article 470 et seq. of the Turkish Code of Obligations (TCO), a "contract for work" is a bilateral agreement in which a contractor undertakes to produce a specific work, and the client (employer) undertakes to pay a price in return. Pursuant to Article 473/II of the TCO, if a contractor fails to fulfill their contractual obligations, the client is entitled to have the work performed by a third party and to claim the associated costs from the contractor—a process known as "performance by another" (nama ifa). Although the legislator has included general provisions regarding performance by another, the specific nature of contracts for work necessitated a dedicated provision: Article 473/II of the TCO. Under this article, if a client clearly foresees that the work will be defective or otherwise non-compliant with the contract due to the contractor's fault, the client may demand that the defect be remedied within a reasonable period. Should the contractor fail to do so, the client gains the right to have the work completed by a third party, with all costs and risks borne by the contractor. The conditions for invoking this remedy—which is specific to contracts for work—are as follows: the work must be defective or non-compliant with the contract, the contractor must be at fault, and the client must have issued a formal notice granting a reasonable period for rectification. If, despite these steps taken by the client, the contractor fails to remedy the defect or the contractual non-compliance, the client may proceed to have the work performed by a third party, with the contractor remaining liable for all resulting costs and damages.

Keywords: Contract for work, Performance by a third party (at the expense of the contractor), Article 473 of the Turkish Code of Obligations, Contractor's default.

GİRİŞ

Borçlar hukukunun temel ilkelerinden biri olan sözleşmeye bağlılık (pacta sunt servanda) ilkesi gereğince, borçlu üstlendiği edimi sözleşmeye uygun biçimde ve zamanında ifa etmekle yükümlüdür. Ancak uygulamada borçlunun edimini hiç, gereği gibi ya da zamanında ifa etmediği durumlarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu durumda alacaklıya tanınan hukukî imkânlardan biri, edimin bizzat borçlu tarafından değil, masrafı borçluya ait olmak üzere alacaklı veya üçüncü bir kişi tarafından yerine getirilmesidir. Türk Borçlar Kanunu'nda (TBK)[1] "nama ifa" olarak adlandırılan bu kurum, m. 113/I'de yapma borçlarına ilişkin genel bir hüküm olarak düzenlenmiştir. Eser sözleşmesi bakımından ise kanun koyucu, m. 473/II ile bu genel hükmü somutlaştırarak özel bir düzenleme getirmiştir.

Eser sözleşmesi, iş görme sözleşmeleri grubunda yer alması itibarıyla, hizmet ve vekâlet sözleşmelerinde olduğu gibi, genel kural olan TBK m. 83'ten farklı olarak yükleniciye bizzat ifa yükümlülüğü yükler (TBK m. 471/III)[2]. Bu özellik, nama ifa kurumunun eser sözleşmesi bakımından özel bir anlam ve işlev kazanmasına yol açmaktadır; zira iş sahibinin yükleniciyi yüklenicinin kişisel becerisini, itibarını ve güvenilirliğini dikkate alarak seçtiği bir ilişkide, yüklenicinin bu güveni boşa çıkarması hâlinde iş sahibinin korunması ihtiyacı daha da belirgin hâle gelmektedir.

Bu çalışmanın amacı, eser sözleşmesinde nama ifa kurumunu; TBK m. 113 ile TBK m. 473/II arasındaki ilişki, nama ifanın maddi ve şeklî şartları ile Yargıtay uygulamasında ortaya çıkan özellikle inşaat sözleşmelerine ilişkin sorunlar incelemektir. Çalışmada önce eser sözleşmesinin genel çerçevesi ve bizzat ifa ilkesi ortaya konulmuş, ardından nama ifa kurumunun unsurları analiz edilmiş, son olarak karşılaştırmalı hukuk verileriyle değerlendirme yapılmıştır.

1.ESER SÖZLEŞMESİNİN GENEL ÇERÇEVESİ VE BİZZAT İFA BORCU

1.1. Eser Sözleşmesinin Tanımı ve Hukukî Niteliği

TBK m. 470 uyarınca eser sözleşmesi, yüklenicinin bir eser meydana getirmeyi, iş sahibinin de bunun karşılığında bir bedel ödemeyi üstlendiği sözleşmedir[3]. Eser sözleşmesi, karşılıklı edim yükümlülüğü doğuran, rızai ve ivazlı bir sözleşme tipidir. Yüklenici, yalnızca bir işgörme faaliyetinde bulunmayı değil, bu faaliyetin somut bir sonucu olan eseri meydana getirip teslim etmeyi borçlanır; bu yönüyle vekâlet sözleşmesinden ayrılır[4].

1.2. Yüklenicinin Bizzat İfa Borcu (TBK m. 471/III)

TBK m. 471/III hükmüne göre, "yüklenici, meydana getirilecek eseri doğrudan doğruya kendisi yapmak ya da kendi yönetimi altında yaptırmakla yükümlüdür." Bu düzenleme, borçlar hukukunun genel ilkesi olan TBK m. 83'teki "borcun bizzat borçlu tarafından ifa edilmesinin zorunlu olmadığı" kuralının istisnasını

[1]6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu, RG. 4.2.2011, S. 27836.

[2]BİLGİN YÜCE, Melek/ARSLAN YILMAZ, Gül, "Eser Sözleşmesinde Üçüncü Kişinin İfası", Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 8, S. 2, 2022, s. 217.

[3]TBK m. 470/I: "Eser sözleşmesi, yüklenicinin bir eser meydana getirmeyi, iş sahibinin de bunun karşılığında bir bedel ödemeyi üstlendiği sözleşmedir." Bu tanım, mülga 818 sayılı Borçlar Kanunu m. 355 hükmünün sadeleştirilmiş hâlidir.

[4]KABLAN, Ahmet İhsan, Eser Sözleşmesinde Nama İfa (TBK 473/II Hükmüne Göre), Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul 2020, s. 4 vd.

oluşturmaktadır[1]. Kanun koyucunun bu tercihinin temel gerekçesi (ratio legis), iş sahibinin yükleniciyi seçerken onun kişisel becerisine, deneyimine ve güvenilirliğine duyduğu güveni korumaktır[2].

Bununla birlikte bizzat ifa kuralı mutlak değildir. Eserin meydana getirilmesinde yüklenicinin kişisel özellikleri, becerisi ya da hâkimiyeti önem taşımıyorsa, yüklenici eseri kendi yönetimi altında üçüncü kişilere de yaptırabilir[3]. Bu noktada doktrinde, sözleşmenin niteliği gereği edimin doğrudan yüklenicinin kişisel becerisine bağlı olduğu hâllerde (örneğin sanatsal nitelikteki eserlerde) üçüncü kişiye başvurulamayacağı, buna karşılık standart inşaat işleri gibi şahsa bağlı olmayan edimlerde üçüncü kişi eliyle ifanın mümkün olduğu vurgulanmaktadır[4].

1.3. Üçüncü Kişinin İfaya Katılması

Üçüncü kişinin eser sözleşmesinin ifasına katılması üç farklı görünüm altında ortaya çıkabilir: (i) yüklenicinin kendi iradesiyle yardımcı kişi veya alt yüklenici kullanması, (ii) iş sahibinin iradesine dayalı olarak nama ifa yoluyla üçüncü kişiye yaptırma ve (iii) üçüncü kişinin kendi inisiyatifiyle, taraflardan birinin iradesi olmaksızın eseri meydana getirmesi[5]. Bu çalışmanın konusunu oluşturan nama ifa, ikinci ihtimale; yani iş sahibinin iradesi ve/veya hâkim izniyle gerçekleşen üçüncü kişi eliyle ifaya tekabül etmektedir.

Yüklenicinin yardımcı kişi ya da alt yüklenici kullanması durumunda dahi, eserin meydana getirilmesinden TBK m. 116 uyarınca yüklenici sorumlu olmaya devam eder; yardımcı kişinin kusuru, yüklenicinin kendi kusuru gibi değerlendirilir. Bu düzenleme, iş sahibinin sözleşme dışı bir kişiyle doğrudan hukukî ilişkiye girmeden, yükleniciden hesap sorabilmesini güvence altına almaktadır.

1.4. Eser Sözleşmesinde Bedel, Teslim ve Ayıptan Sorumluluk ile Nama İfanın Bağlantısı

Eser sözleşmesinin temel unsurlarından biri olan bedel, götürü bedel veya birim fiyat esasına göre kararlaştırılabilir (TBK m. 480). Bedelin belirlenme şekli, nama ifa kapsamında talep edilecek masrafların hesaplanmasında da etkili olmaktadır; zira götürü bedelli sözleşmelerde tarafların sözleşme kurulurken önceden ve kesin olarak belirledikleri bedelden bu bedel kapsamında olup eksik bırakılan iş kalemlerinin bedeli, sözleşmedeki toplam bedel üzerinden orantısal olarak belirlenirken, birim fiyat esaslı sözleşmelerde her bir iş kalemi için ayrı ayrı hesaplama yapılması gerekmektedir[6].

Eserin tesliminden sonra ortaya çıkan ayıplar bakımından iş sahibinin sahip olduğu seçimlik haklar TBK m. 475'te düzenlenmiştir; bunlar arasında ücretsiz onarım isteme, bedelden indirim isteme, aşırı masraf

---

[1]TBK m. 83/I: "Borcun ifasında borçlunun şahsen ifada bulunması, ancak bunun alacaklı için önem taşıması durumunda zorunludur." Eser sözleşmesinde ise kural tam tersine çevrilmiş, bizzat ifa asıl, üçüncü kişiye yaptırma istisna olarak düzenlenmiştir.

[2]Bilgin Yüce/Arslan Yılmaz, s. 218:

[3]Kablan, s. 11-14.

[4]AYDINCIK MİDYAT, Şirin, "Türk İnşaat Hukukunda Nama İfa", İnal, Emrehan/Baysal, Başak (Editörler), İnşaat Hukuku ve Uygulaması, İstanbul 2017, s. 68-71.

[5]Bilgin Yüce/Arslan Yılmaz, s. 220-235.

[6] EREN Fikret, Borçlar Hukuku Özel Hükümler, Yetkin Yayınları, Ankara, 2019 s. 666; YAVUZ Cevdet, Türk Borçlar Hukuku Özel Hükümler, Beta Basım Yayım, İstanbul, 2014, s. 1043-1044; ARAL, Fahrettin / AYRANCI Hasan, Borçlar Hukuku Özel Borç İlişkileri, Yetkin Yayınları, Ankara, 2018, s. 415;

gerektirmiyorsa eserin sözleşmeye uygun şekilde yeniden yapılmasını isteme ve sözleşmeden dönme sayılmaktadır. Nama ifa kurumu, doktrinde bu seçimlik haklardan "ücretsiz onarım isteme" hakkı ile yakın bir işlevsel ilişki içinde değerlendirilmektedir; ancak, iş sahibinin ücretsiz onarım talep etmesi halinde ücretsiz onarım bizzat yüklenici tarafından yerine getirilirken, nama ifada yükleniciden başka üçüncü kişi eliyle ve yüklenicinin iradesi dışında eserin tamamlanması gündeme gelmektedir. Bu ayrım, TBK m. 475'teki ücretsiz onarım hakkı ile TBK m. 113 ve m. 473/II'deki nama ifa hakkının normatif kapsamlarının karşılaştırılmasından çıkarılmıştır; her iki kurum da eserin sözleşmeye uygun hâle getirilmesini amaçlamakla birlikte, ifayı gerçekleştirecek özne bakımından ayrışmaktadırlar.

2.Nama İfa Kurumu ve Hukukî Çerçevesi

2.1. Genel Olarak Nama İfa Kavramı

TBK m. 113/I hükmü şu şekildedir: *"Yapma borcu, borçlu tarafından ifa edilmediği takdirde alacaklı, masrafı borçluya ait olmak üzere edimin kendisi veya başkası tarafından ifasına izin verilmesini isteyebilir; her türlü giderim isteme hakkı saklıdır."*[1] Doktrinde "nama ifaya izin" olarak adlandırılan bu kurum, alacaklının hâkimden, borcun kendisi veya bir başkası tarafından, masrafları borçluya ait olmak üzere ifa edilmesine izin verilmesini talep edebilmesini ifade eder[2]. Nama ifa terimindeki "nam", borçlunun adına/hesabına anlamına gelmekte; ifa fiilen üçüncü kişi veya alacaklı tarafından gerçekleştirilse de, masrafların borçluya yükletilmesi nedeniyle işlem hukuken borçlunun nam ve hesabına yapılmış sayılmaktadır[3].

Nama ifa kurumunun temel işlevi, iş sahibini yüklenicinin şahsi performansına bağımlı kılmaksızın, sözleşmeden beklenen sonuca ulaşmasını sağlamaktır. Bu bakımdan nama ifa, aynen ifa ile tazminat arasında bir ara çözüm niteliği taşır: alacaklı, sözleşmeyi sona erdirip yalnızca tazminatla yetinmek zorunda kalmaksızın, edimin özüne (eserin tamamlanmasına) kavuşabilmektedir.

2.2. TBK m. 473/II: Eser Sözleşmesine Özgü Düzenleme

TBK m. 473/II, eser sözleşmesi bakımından TBK m. 113'ün uygulanma koşullarını özel olarak düzenler. Hükme göre, yüklenicinin işe zamanında başlamadığı veya sözleşme hükümlerine aykırı davranarak işi geciktirdiği ya da iş sahibine yüklenemeyecek bir sebeple ortaya çıkan gecikme nedeniyle işin kararlaştırılan zamanda bitirilemeyeceğinin açıkça anlaşıldığı hâllerde, iş sahibine teslim için belirlenen tarihi beklemek zorunda olmaksızın seçimlik yetkiler tanınmıştır[4]. Zira TBK m. 473/II'nin gönderme yaptığı TBK m. 113 hükmü, yükleniciye seçimlik yetki tanımaktadır.

TBK m. 473/II ile TBK m. 113/I arasındaki ilişki genel hüküm-özel hüküm ilişkisi olarak nitelendirilmektedir[5]. Eser sözleşmesi söz konusu olduğunda öncelikle TBK m. 473/II'deki özel şartlara bakılmalı, bu hükmün kapsamadığı noktalarda TBK m. 113'ün genel hükümlerine başvurulmalıdır.

---

[1]TBK m. 113/I. Aynı hükmün 818 sayılı mülga Borçlar Kanunu'ndaki karşılığı m. 97/I'dir; doktrinde ve yargı kararlarında her iki maddeye de atıfla "BK m. 97" ve "TBK m. 113" birlikte anılmaktadır

[2]GÜNDOĞDU, Fatih, Eser Sözleşmesinde İş Sahibinin Vadeden Önce İşi Başkasına Yaptırma Hakkı (TBK m. 473 f. 2), İstanbul 2019, s. 47-49.

[3]Kablan, s. 15-17.

[4]Kablan, s. 22-25.

[5]İMAMOĞLU, S. Hülya, "Yapma Borcunun İfa Edilmemesine İlişkin TBK m. 113/1 Hükmünün Hukuki Niteliği ve Uygulanma Şartları Üzerine Bir Değerlendirme", İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 12, S. 2, 2021, s. 810-812.

2.3. Nama İfanın Hukukî Niteliği

Nama ifanın hukukî niteliği konusunda doktrinde görüş ayrılığı bulunmaktadır. Bir görüşe göre TBK m. 113/I hükmü tazminat niteliği taşıdığından, nama ifa yoluna başvurulabilmesi için borçlunun (yüklenicinin) kusurlu olması aranması gerektiği benimsenirken; diğer bir görüşe göre ise nama ifa, kusurdan bağımsız bir ifa imkânı olduğundan borçlunun kusuru aranmaması gerektiği benimsenmiştir[1]. Bu tartışmanın pratik sonucu, yüklenicinin kusursuz bir nedenle (örneğin mücbir sebep) ifada bulunamadığı hâllerde iş sahibinin nama ifa talep edip edemeyeceği noktasında ortaya çıkmaktadır.

2.4. Nama İfanın Şartları

2.4.1. Yüklenicinin Temerrüde Düşmüş Olması

Nama ifaya başvurabilmenin ilk ve en temel şartı, yüklenicinin eseri teslim borcunda temerrüde düşmüş olmasıdır[2]. Yargıtay'ın yerleşik içtihatlarına göre, kesin vade kararlaştırılmış sözleşmelerde yüklenici vade sonunda kendiliğinden temerrüde düşmüş olur, bu halde iş sahibinin yüklenici temerrüde düşürmesi için ayrıca ihtar göndermesine gerek bulunmamaktadır[3]. Buna karşılık teslim tarihi kararlaştırılmamışsa, dürüstlük kuralı çerçevesinde belirlenen makul sürenin sonunda iş sahibinin muacceliyet bildirimi ile borç muaccel hâle gelecek olup, ardından iş sahibinin yapacağı ihtarla temerrüt süreci başlamış olacaktır.

Eserin teslim edilip edilmediği ispat yükü yükleniciye aittir. Teslim, yüklenicinin tamamladığı eseri, sözleşmeyi ifa etmek niyetiyle iş sahibinin fiilî hâkimiyetine geçirmesidir. Uygulamada özellikle inşaat sözleşmelerinde, tarafların teslimi yapı kullanma izninin (iskânın) alınması koşuluna bağladığı durumlarda, iskân alınmadığı sürece teslimin gerçekleşmiş sayılmayacağı kabul edilmektedir.

2.4.2. Sözleşmenin Yürürlükte Olması ve Bozulmamış Bulunması

Nama ifaya izin verilebilmesinin bir diğer şartı, sözleşmenin feshedilmemiş yani yürürlükte olmasıdır[4]. Zira nama ifa, sözleşmesel ilişkinin devamı esasına dayanan bir kurumdur; iş sahibi sözleşmeyi feshederse artık ifa değil, tasfiye ilişkisi söz konusu olur ve tazminat talepleri gündeme gelir. Bu noktada Yargıtay, iş sahibinin eksiklerin kendisi tarafından tamamlanmasına izin verilmesini istemiş olması hâlinde, ileriye etkili dahi olsa sözleşmenin feshini artık talep edemeyeceğini içtihat etmektedir[5].

2.4.3. Mahkeme İzni veya Tarafların Anlaşması

TBK m. 113/I'in lafzından, nama ifanın kural olarak hâkim izniyle gerçekleştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak doktrin ve uygulamada, tarafların aralarında anlaşarak mahkeme izni olmaksızın da doğrudan nama ifa yoluna başvurabilecekleri kabul edilmektedir[6]. Mahkeme izni talep edildiğinde, hâkimin keşif

[1]İmamoğlu, S. Hülya, s. 812-815.

[2]KORKUSUZ, Sümeyye Tuba, "Arsa Payı Karşılığı İnşaat Sözleşmesinde Nama İfanın Koşulları", Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 32, S. 1, 2024, s. 112.

[3] Benzer yönde Yargıtay 6. Hukuk Dairesi, 16/01/2024 T., 2022/5415 Esas- 2024/191 Karar sayılı içtihadı.

[4]Korkusuz, s. 118-120.

[5]Kablan, s. 26-28, Yargıtay (Kapatılan)15. Hukuk Dairesi, 06.05.2020 T., 2019/2113 Esas- 2020/1060 Karar sayılı içtihadı.

[6]Korkusuz, s. 115-117.

yaparak ve bilirkişi görüşü alarak eksik iş kalemlerini ve bunların tahmini masraflarını tek tek belirlemesi; genel nitelikli bir yetki ve izin vermemesi gerekmektedir[1].

2.4.4. Masrafların Orantılı Olması

Nama ifanın amacı işin sözleşmeye uygun hâle getirilmesi olmakla birlikte, bu yol aşırı masraf doğuruyorsa artık makul kabul edilmemektedir. Bu kapsamda, hatayı gidermek için yapılacak olan gider, eserin iş sahibine sağlayacağı yararla karşılaştırıldığında orantısız ölçüde yüksekse nama ifa talep edilmesi mümkün olmayıp; bu durumda iş sahibinin başvurabileceği yol, TBK m. 125 çerçevesinde sözleşmeyi feshedip zararının tazminini istemek olacaktır.

2.4.5. Eserin Tamamlanabilir Nitelikte Olması ve İnşaatın Geldiği Seviye

Yargıtay yerleşik içtihatlarında, özellikle arsa payı karşılığı inşaat sözleşmelerinde, nama ifaya izin verilebilmesi için inşaatın yalnızca küçük bir kısmının eksik kalmış olmasını aramaktadır; inşaatın çok büyük bir bölümünün tamamlanmadığı durumlarda TBK m. 113 hükmünün uygulanmasını reddetmektedir[2]. Burada, Yargıtay'ın amacının, iş sahibine adeta yeni bir inşaat sözleşmesi kurma sonucu doğuracak ölçüde geniş bir nama ifa yetkisinin tanınmasını önlemek olduğu söylenebilir. Nitekim inşaatın baştan yaptırılmasını gerektiren hâllerde artık "onarım" değil yeni bir eser yapımı söz konusu olduğundan, bu hâllerin nama ifa kapsamı dışında tutulması gerektiği savunulmaktadır[3].

2.5. Arsa Payı Karşılığı İnşaat Sözleşmelerinde Nama İfa

Eser sözleşmesinin en yoğun uygulama alanı bulduğu sözleşme tipi olan arsa payı karşılığı inşaat sözleşmesinde, yüklenicinin inşaata hiç başlamaması ya da yapıyı eksik veya ayıplı tamamlaması hâlinde arsa sahipleri TBK m. 113/I hükmüne başvurarak nama ifa talep edebilmektedir[4]. Bu tür sözleşmelerde nama ifanın kapsamı bakımından önemli bir özellik, arsa sahibinin kural olarak yalnızca kendisine isabet eden bağımsız bölümlerin eksiklerini tamamlatabileceği, yükleniciye isabet eden bağımsız bölümlerin eksiklerini tamamlamak zorunda olmadığıdır[5]. Bağımsız bölümlerin paylaşımı henüz yapılmamışsa, arsa sahibi inşaatın tamamı için nama ifa izni talep edebilir.

Nama ifaya izin verildiğinde, yükleniciye isabet eden bağımsız bölümün, hüküm tarihine yakın rayiç değeri üzerinden satılarak elde edilecek bedelin eksik işlerin tamamlanmasında kullanılması, kalan kısmın yükleniciye iade edilmesi yönünde hüküm kurulması gerektiği Yargıtay tarafından kabul edilmektedir[6]. Bu çözüm, nama ifanın bir tazminat değil, edimin ekonomik ikamesi (avans niteliğinde bir giderim) olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Davada taraf sıfatı (aktif husumet) bakımından da Yargıtay, yalnızca sözleşmenin tarafı olan arsa sahiplerinin nama ifa talep edebileceğini, yöneticiler kurulu ya da yüklenicinin hak sahibi olduğu bağımsız

---

[1]Korkusuz, s. 121-123.

[2]Benzer mahiyette Yargıtay 6. Hukuk Dairesinin 28.04.2026 tarih ve 2026/153 Esas-2026/1731 Karar, Yargıtay Kapatılan 23. Hukuk Dairesinin 08.11.2013 tarih ve 2013/4564 Esas-2013/6948 Karar sayılı içtihatları.

[3]Korkusuz, s. 126-128, "İnşaatın Baştan Yaptırılmasının Gerekli Olduğu Hâller" başlıklı değerlendirme.

[4] Korkusuz, Öz (s. 107):

[5]Kablan, s. 26-28.

[6]Korkusuz, s. 128-130, Yargıtay 6. Hukuk Dairesinin 24.03.2026 tarih ve 2025/3472 Esas- 2026/1012 Karar sayılı içtihadı.

bölümleri devralan üçüncü kişilerin bu davayı açma ehliyetinin bulunmadığını vurgulamaktadır; bu husus def'i değil itiraz niteliğinde olduğundan yargılamanın her aşamasında resen gözetilir[1].

2.6. Nama İfa- Aynen İfa- Tazminat Üçlüsü

Yüklenicinin borca aykırı davranışı karşısında iş sahibine tanınan hukukî imkânlar arasında sistematik bir konumlandırma yapıldığında, nama ifanın aynen ifa talebi ile tazminat talebi arasında bir ara nokta oluşturduğu görülür. Aynen ifa talebinde alacaklı, edimin bizzat borçlu tarafından yerine getirilmesini talep eder; ancak mahkeme kararının cebri icra yoluyla uygulatma gücü, işin niteliği gereği sınırlıdır; zira tamamlanmamış bir inşaatı yükleniciye zorla yaptırmak mümkün değildir. Bu pratik sınırlılık, nama ifa kurumunun işlevsel önemini ortaya koymaktadır: alacaklı, borçluyu fiilen ifaya zorlayamadığı hâllerde, edimi başkasına yaptırarak sözleşmeden beklenen ekonomik sonuca ulaşabilmektedir.

Tazminat talebi ise sözleşmenin sona erdirilmesini ve menfi ya da müspet zararın talep edilmesini öngörür; bu yol sözleşme ilişkisinin tasfiyesi anlamına gelir. Nama ifa ise sözleşmeyi ayakta tutarak, yalnızca ifa şeklini değiştirmektedir. Bu üç imkân arasındaki seçim hakkı, kural olarak alacaklıya (iş sahibine) aittir; ancak yukarıda incelenen şartların (özellikle masraf orantılılığı ve eserin tamamlanabilirliği) sağlanmadığı hâllerde nama ifa yolu kapanmakta ve alacaklı tazminat talebiyle yetinmek durumunda kalmaktadır.

2.7. Nama İfa ile İhale Farkı Tazminatının İlişkisi

Uygulamada nama ifa kurumuyla yakından bağlantılı bir başka kavram, ihale farkı tazminatıdır. İş sahibinin, yüklenicinin temerrüdü üzerine işi başka bir yükleniciye yaptırması durumunda, ikinci yüklenici ile yapılan sözleşmedeki bedelin, ilk sözleşmedeki bedelden yüksek olması hâlinde aradaki farkın (ihale farkının) ilk yükleniciden talep edilip edilemeyeceği sorunu doğmaktadır[2]. Burada şu ayrım yapılabilir: nama ifa masrafları, eserin tamamlanması için fiilen yapılan harcamaları ifade ederken, ihale farkı tazminatı, piyasa koşullarındaki değişim nedeniyle ortaya çıkan ve doğrudan yüklenicinin temerrüdüne bağlı olumlu zarar kalemini oluşturmaktadır.

Bu ayrımın pratik sonucu, iş sahibinin nama ifa kapsamında talep edebileceği tutarın yalnızca işin tamamlanması için zorunlu ve makul masraflarla sınırlı olduğu, buna karşılık piyasa fiyatlarındaki artıştan kaynaklanan ek maliyetin ayrıca ve genel tazminat hükümleri (TBK m. 112 vd.) çerçevesinde talep edilmesi gerektiğidir. Bu yaklaşım, masraf orantılılığı ilkesiyle de uyumludur; zira nama ifa kurumunun amacı iş sahibini zenginleştirmek değil, yalnızca eserin sözleşmeye uygun hâle getirilmesini sağlamaktır.

3. Sonuç

Eser sözleşmesinde nama ifa kurumu, yüklenicinin bizzat ifa borcunun (TBK m. 471/III) istisnai bir görünümü olarak, iş sahibine borçlunun şahsi performansına bağımlı kalmaksızın edimin ekonomik sonucuna ulaşma imkânı tanıyan, aynen ifa ile tazminat arasında konumlanan bağımsız bir hukukî araçtır. TBK m. 113/I'in genel hükmü, TBK m. 473/II ile eser sözleşmesi bağlamında somutlaştırılmış; bu sayede iş sahibinin, yüklenicinin temerrüdü hâlinde sözleşmeyi sona erdirmeden de korunması sağlanmıştır.

Çalışmada incelenen Yargıtay içtihatları, nama ifanın uygulanabilmesi için kanunun lafzında açıkça yer almayan bazı ek ölçütler geliştirildiğini göstermektedir; özellikle arsa payı karşılığı inşaat sözleşmelerinde "inşaatın küçük bir kısmının eksik kalmış olması" şartı, doktrinde kanunun amacını aşan derecede sınırlayıcı

[1]Korkusuz, s. 134-136, Yargıtay 6. Hukuk Dairesinin 02.04.2026 tarih ve 2025/1996 Esas- 2026/1202 Karar sayılı içtihadı.

[2]KAPLAN, İbrahim, "Eser Sözleşmelerinde İşin Başkasına Yaptırılması ve İhale Farkı Tazminatları", Banka ve Ticaret Hukuku Dergisi, C. 13, S. 1, 1985, s. 5-7. Kaplan

bulunmaktadır. Nama ifanın temel işlevinin korunması için, inşaatın tamamlanma seviyesi ile birlikte eserin nesnel olarak tamamlanabilir nitelikte olup olmadığının ve masrafların orantılılığının da esas alınması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Sonuç olarak nama ifa, eser sözleşmesi hukukunun en pratik ve uygulamada en sık başvurulan kurumlarından biri olup, gerek doktrinde gerek yargı kararlarında sürekli gelişen, dinamik bir alan oluşturmaktadır. Bu çalışma, kurumun ulusal hukuktaki çerçevesini ortaya koyarak, ileride yapılacak kanun değişikliği çalışmalarına ve uygulamacılara yönelik bir referans sunmayı amaçlamıştır.

KAYNAKLAR

ARAL, Fahrettin/AYRANCI Hasan: Borçlar Hukuku Özel Borç İlişkileri, Yetkin Yayınları, Ankara, 2018

AYDINCIK MİDYAT, Şirin: "Türk İnşaat Hukukunda Nama İfa", İnal, Emrehan/Baysal, Başak (Editörler), İnşaat Hukuku ve Uygulaması, İstanbul 2017

BİLGİN YÜCE, Melek/ARSLAN YILMAZ, Gül: "Eser Sözleşmesinde Üçüncü Kişinin İfası", Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 8, S. 2, 2022

EREN, Fikret: Borçlar Hukuku Özel Hükümler, Yetkin Yayınları, Ankara, 2019

GÜNDOĞDU, Fatih: Eser Sözleşmesinde İş Sahibinin Vadeden Önce İşi Başkasına Yaptırma Hakkı (TBK m. 473 f. 2), İstanbul 2019

İMAMOĞLU, S. Hülya: "Yapma Borcunun İfa Edilmemesine İlişkin TBK m. 113/1 Hükmünün Hukuki Niteliği ve Uygulanma Şartları Üzerine Bir Değerlendirme", İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 12, S. 2, 2021

KABLAN, Ahmet İhsan: Eser Sözleşmesinde Nama İfa (TBK 473/II Hükmüne Göre), Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul 2020.

KAPLAN, İbrahim: "Eser Sözleşmelerinde İşin Başkasına Yaptırılması ve İhale Farkı Tazminatları", Banka ve Ticaret Hukuku Dergisi, C. 13, S. 1, 1985

KORKUSUZ, Sümeyye Tuba: "Arsa Payı Karşılığı İnşaat Sözleşmesinde Nama İfanın Koşulları", Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, C. 32, S. 1, 2024

YAVUZ, Cevdet: Türk Borçlar Hukuku Özel Hükümler, Beta Basım Yayım, İstanbul, 2014

Yargı Karar Arama- UYAP sistemi.

6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu, RG. 4.2.2011, S. 27836.

DANIŞIQ BACARIĞININ İNKİŞAFINDA SİTUATİV TAPŞIRIQLAR

KONUŞMA BECERİSİNİN GELİŞİMİNDE DURUMSAL GÖREVLER

Baş müəllim Arzu Kərimova
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti,

Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası
E-poçt: arzukarimova15@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2662-6015

ÖZET

Arzu Karimova

Makalede modern eğitim sisteminde konuşma becerisinin geliştirilmesi için durumsal görevlerin rolü, önemi ve uygulama metodolojisi kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Eğitim sürecinin en güncel hedeflerinden biri, öğrenenlerin iletişimsel yeterliliklerinin oluşturulmasıdır. Bu bağlamda, teorik bilgilerin pratiğe dönüştürülmesinde durumsal görevlerin yeri doldurulamaz ve belirleyici bir rolü vardır. Araştırmanın temelini, eğitimde interaktif yaklaşımların, özellikle de gerçek hayat durumlarını simüle eden, öğrenenleri aktif iletişime teşvik eden görevlerin incelenmesi oluşturmaktadır. Makalede, geleneksel ezberci ve pasif öğrenme yöntemlerinden farklı olarak durumsal yaklaşımın, öğrencilerin eleştirel düşünmesini, analitik düşünme yeteneğini ve spontane tepki verme becerilerini nasıl geliştirdiği bilimsel-pedagojik temellerle analiz edilmektedir. Özette, durumsal görevlerin sadece dil kurallarının, gramer normlarının mekanik bir şekilde tekrarı olmadığı, bireysel ve grup halinde iletişim biçimlerinin tam olarak benimsenmesi için en etkili araç olduğu özel olarak vurgulanmaktadır. Araştırma sürecinde farklı seviyelerdeki öğrenenler için öngörülen durumsal görev türleri – rol yapma oyunları, problem çözme senaryoları ve tartışma panelleri – sınıflandırılmış ve uygulama yolları gösterilmiştir. Bu görevlerin doğru ve tutarlı bir şekilde uygulanması sonucunda, öğrenenlerde psikolojik bariyerlerin, konuşma korkusunun azalması, kelime dağarcığının aktifleşmesi ve düşünceleri mantıksal bir sırayla ifade etme becerisinin güçlenmesi gözlemlenmektedir. Araştırmanın vardığı temel sonuç, durumsal görevlerin düzenli ve amaca uygun bir şekilde eğitim müfredatına entegre edildiğinde, konuşma becerilerinin gelişim dinamiğinin önemli ölçüde ve sürekli olarak yükseldiğidir. Makale ayrıca, öğretmenlerin ders sürecindeki kolaylaştırıcı rolünün önemini ön plana çıkarmakta ve dersi modern gereksinimlere uygun yönetme stratejilerine dair gerekli metodolojik tavsiyeler vermektedir. Öğrenenlerin pragmatik ve sosyodilbilimsel becerilerinin şekillenmesi, onların topluma ve farklı sosyal ortamlara uyum sağlama sürecini de hızlandırır. Eğitimde yapay olarak yaratılan durumlar, gerçekliği tam olarak modelleyerek öğrenenlere hata yapma korkusu olmadan deney yapma, farklı iletişim stratejilerini test etme imkanı yaratır. Elde edilen genel sonuçlar, konuşma eyleminin en verimli türü olan sözlü iletişimin sürekli gelişiminin doğrudan ders sırasında yaratılan pedagojik durumun doğallığına, ilgi uyandırmasına ve duygusal çekiciliğine bağlı olduğunu tartışmasız bir şekilde kanıtlamaktadır. Bu yaklaşım gelecekte yeni eğitim kaynaklarının, interaktif ders kitaplarının ve dijital eğitim materyallerinin hazırlanmasında ve aynı zamanda öğretmenlerin mesleki gelişim programlarının iyileştirilmesinde güvenilir bir kavramsal temel rolü oynayabilir.

Anahtar kelimeler: Konuşma becerisi, durumsal görevler, iletişimsel yaklaşım, interaktif eğitim, pedagojik süreç.

SITUATIONAL TASKS IN THE DEVELOPMENT OF SPEAKING SKILLS

Arzu Karimova

ABSTRACT

The article comprehensively explores the role, significance, and application methodology of situational tasks for developing speaking skills in the modern educational system. One of the most urgent goals of the educational process is the formation of learners' communicative competencies. In this context, situational tasks play an irreplaceable and decisive role in translating theoretical knowledge into practice. The foundation of the research consists of studying interactive approaches in education, particularly tasks that simulate real-life situations and encourage learners to engage in active communication. Unlike traditional rote and passive learning methods, the article analyzes with scientific-pedagogical foundations how the situational approach develops pupils' and students' critical thinking, analytical thinking abilities, and spontaneous reaction skills. The abstract specifically emphasizes that situational tasks are not merely a mechanical repetition of language rules and grammatical norms, but the most effective tool for fully mastering individual and group communication forms. During the research process, types of situational tasks intended for learners of different levels—role-plays, problem-solving scenarios, and discussion panels—were classified and their application methods were demonstrated. As a result of the correct and sequential application of these tasks, a reduction in psychological barriers and speech anxiety, activation of vocabulary, and strengthening of the ability to express thoughts in logical sequence are observed among learners. The main conclusion of the research is that when situational tasks are regularly and purposefully integrated into the educational curriculum, the development dynamics of speaking skills increase significantly and continuously. The article also highlights the importance of the teacher's role as a facilitator in the lesson process and provides necessary methodological recommendations regarding strategies for managing the lesson in accordance with modern requirements. The formation of learners' pragmatic and sociolinguistic skills also accelerates their adaptation process to society and different social environments. Artificially created situations in teaching fully model reality, creating an opportunity for learners to experiment and test various communication strategies without the fear of making mistakes. The overall results unequivocally prove that the continuous development of oral speaking, the most productive type of speech activity, depends directly on the naturalness, ability to arouse interest, and emotional appeal of the pedagogical situation created during the lesson. This approach can serve as a reliable conceptual basis for the future preparation of new educational resources, interactive textbooks, and digital educational materials, as well as for the improvement of teachers' professional development programs.

Keywords: Speaking skills, situational tasks, communicative approach, interactive learning, pedagogical process.

DANIŞIQ BACARIĞININ İNKİŞAFINDA SİTUATİV TAPŞIRIQLAR

XÜLASƏ

Məqalədə müasir təhsil sistemində danışıq bacarığının inkişaf etdirilməsi üçün situativ tapşırıqların rolu, əhəmiyyəti və tətbiqi metodikası hərtərəfli tədqiq edilir. Tədris prosesinin ən aktual hədəflərindən biri təhsilalanların kommunikativ kompetensiyalarının formalaşdırılmasıdır. Bu kontekstdə, nəzəri biliklərin praktikaya çevrilməsində situativ tapşırıqların əvəzsiz və həlledici rolu vardır. Tədqiqatın əsasını təlimdə interaktiv yanaşmaların, xüsusən də real həyat situasiyalarını simulyasiya edən, öyrənənləri fəal ünsiyyətə təşviq edən tapşırıqların öyrənilməsi təşkil edir. Məqalədə ənənəvi əzbərçi və passiv öyrənmə metodlarından fərqli olaraq, situativ yanaşmanın şagirdlərin və tələbələrin tənqidi təfəkküründü, analitik düşünmə qabiliyyətini və spontan reaksiya vermək bacarıqlarını necə inkişaf etdirdiyi elmi-pedaqoji əsaslarla təhlil olunur. Xülasədə xüsusi olaraq vurğulanır ki, situativ tapşırıqlar sadəcə dil qaydalarının, qrammatik normaların mexaniki şəkildə təkrarı deyil, fərdi və qrup halında ünsiyyət formalarının tam şəkildə mənimsənilməsi üçün ən effektiv vasitədir. Tədqiqat prosesində müxtəlif səviyyəli təhsilalanlar üçün nəzərdə tutulmuş situativ tapşırıq növləri – rollu oyunlar, problem həlletmə ssenariləri və diskussiya panelləri təsnifatlaşdırılmış və tətbiq yolları göstərilmişdir. Bu tapşırıqların düzgün, ardıcıl tətbiqi nəticəsində təhsilalanlarda psixoloji baryerlərin, nitq qorxusunun azalması, lüğət ehtiyatının aktivləşməsi və fikri məntiqi ardıcıllıqla ifadə etmə bacarığının güclənməsi müşahidə edilir. Tədqiqatın gəldiyi əsas qənaət ondan ibarətdir ki, situativ tapşırıqlar mütəmadi və məqsədyönlü şəkildə təhsil kurikulumuna inteqrasiya olunduqda, danışıq bacarıqlarının inkişaf dinamikası əhəmiyyətli dərəcədə, həm də davamlı olaraq yüksəlir. Məqalə həmçinin müəllimlər üçün dərs prosesində fasilitator rolunun əhəmiyyətini ön plana çıxarır və onların dərsi müasir tələblərə uyğun idarə etmə strategiyalarına dair zəruri metodik tövsiyələr verir. Təhsilalanların praqmatik və sosiolinqvistik bacarıqlarının formalaşması onların cəmiyyətə, fərqli sosial mühitlərə adaptasiyası prosesini də sürətləndirir. Tədrisdə süni yaradılmış situasiyalar reallığı tam modelləşdirərək öyrənənlərə səhv etmək qorxusu olmadan eksperiment aparmaq, müxtəlif ünsiyyət strategiyalarını sınaqdan keçirmək imkanı yaradır. Əldə olunan ümumi nəticələr birmənalı şəkildə sübut edir ki, nitq fəaliyyətinin ən məhsuldar növü olan şifahi danışığın davamlı inkişafı birbaşa olaraq dərs zamanı yaradılmış pedaqoji situasiyanın təbiiliyindən, maraq oyatmasından və emosional cəlbediciliyindən asılıdır. Bu yanaşma gələcəkdə yeni tədris resurslarının, interaktiv dərsliklərin və rəqəmsal təhsil materiallarının hazırlanmasında, eyni zamanda müəllimlərin peşəkar inkişaf proqramlarının təkmilləşdirilməsində etibarlı konseptual baza rolunu oynaya bilər.

Açar sözlər: Danışıq bacarığı, situativ tapşırıqlar, kommunikativ yanaşma, interaktiv təlim, pedaqoji proses.

GİRİŞ

Müasir dövrdə təhsilin qarşısında duran ən başlıca vəzifələrdən biri təhsilalanların cəmiyyətə inteqrasiyasını, onların sosiallaşmasını və fəal ünsiyyət qabiliyyətlərini təmin etməkdən ibarətdir. Bu gün qloballaşan dünya və sürətlə inkişaf edən informasiya cəmiyyəti fərdlərdən təkcə nəzəri biliklərin mənimsənilməsini deyil, həm də həmin biliklərin praktik, dəyişkən situasiyalarda operativ tətbiqini tələb edir. Dil tədrisi, eləcə də pedaqoji metodika baxımından məsələyə yanaşdıqda, şifahi nitq və danışıq bacarıqlarının inkişafı qrammatik qaydaların əzbərlənməsini çoxdan geridə qoymuş, diqqət mərkəzinə kommunikativ hədəflərin reallaşdırılması keçmişdir. Tədqiqatın **aktuallığı** məhz onunla şərtlənir ki, istər ana dilinin tədrisi prosesində, istərsə də digər fənlərin mənimsənilməsində şagirdlərin ən çox çətinlik çəkdikləri sahə öz fikirlərini məntiqi ardıcıllıqla, vəziyyətə uyğun və sərbəst şəkildə ifadə etməkdir. Ənənəvi pedaqoji yanaşmalar çox zaman şagirdləri passiv dinləyici qismində saxlayaraq, onların müstəqil danışıq təşəbbüslərini məhdudlaşdırır. Bunun əksinə olaraq, dərs prosesində real və ya simulyativ situasiyaların yaradılması təhsilalanların dərsə olan daxili motivasiyasını artırır, onlarda öyrənməyə qarşı maraq oyadır və nitq fəaliyyətini stimullaşdırır. Dilin sosial bir fenomen olduğunu nəzərə alsaq, onun ən effektiv şəkildə məhz sosial qarşılıqlı əlaqə mühitində – yəni müxtəlif situativ məqamlarda mənimsənildiyi şübhəsizdir.

Təqdim olunan məqalənin **məqsədi** danışıq bacarığının inkişafında situativ tapşırıqların didaktik potensialını, onların növlərini və dərs prosesində tətbiqi texnologiyalarını elmi-nəzəri baxımdan əsaslandırmaqdır. Tədqiqat qarşısına situativ tapşırıqların öyrənənlərin koqnitiv, emosional və praqmatik bacarıqlarına təsir mexanizmlərini öyrənmək, eləcə də müəllimlər üçün bu tip tapşırıqların layihələndirilməsi üzrə metodik istiqamətlər müəyyən etmək vəzifəsini qoyur. Süni yaradılmış kommunikativ şəraitdə təhsilalanın özünə inamının artması, tənqidi təfəkküründün işə düşməsi və dil ehtiyatından məqsədyönlü şəkildə istifadə vərdişlərinin necə formalaşması hərtərəfli təhlilə cəlb olunur.

ƏSAS HİSSƏ.

1. Kommunikativ yanaşma və danışıq bacarıqlarının formalaşmasında müasir çağırışlar Pedaqoji təcrübə və təhsil tədqiqatları göstərir ki, hər hansı bir dil materialının, yeni sözün və ya ifadənin yalnız təkrar edilərək yadda saxlanılması səmərəli nəticə vermir. Danışıq bacarığı passiv bilik formasından aktiv tətbiq formasına keçidi tələb edən kompleks psixolinqvistik prosesdir. Bu keçidi təmin etmək üçün tədris prosesində mütləq şəkildə kommunikativ yanaşmaya üstünlük verilməlidir. Z. Veysova aktiv öyrənmə mühitinin vacibliyini xüsusi vurğulayaraq yazır: "İnteraktiv təlim metodları şagirdlərin idrak fəallığını artırır və onları təhsil prosesinin mərkəzinə gətirir" [5, s. 45]. Həqiqətən də, təhsilalan mərkəzli yanaşmada müəllim sadəcə bilik ötürücüsü olmaqdan çıxır, ünsiyyəti stimullaşdıran bir fasilitatora çevrilir.

Şifahi nitqin, xüsusən də spontan danışığın inkişaf etdirilməsi zamanı şagirdlər çox zaman psixoloji maneələrlə – səhv etmək qorxusu, lüğət ehtiyatının kifayət etməməsi kompleksi ilə üzləşirlər. Ana dilinin tədrisi metodikasında bu problemin həlli ilə bağlı dəqiq göstərişlər mövcuddur. Tədqiqatçı Y. Ş. Kərimov bu barədə qeyd edir: "Şifahi nitqin inkişafı ana dili dərslərinin ən aparıcı xətlərindən biri olmalı, uşaqlarda fikri sərbəst ifadə etmək vərdişi aşılanmalıdır" [2, s. 112]. Deməli, məktəb yaşlarından etibarən uşaqların nitq aparatının fəallaşdırılması üçün düzgün seçilmiş praktik məşğələlərin olması şərtdir. Ənənəvi metodikada dominantlıq təşkil edən "oxu və məzmununu danış" tipli tapşırıqlar artıq müasir dövrün tələblərinə cavab vermir. Çünki mətnin məzmununu olduğu kimi köçürmək analitik düşüncəni, tənqidi təfəkkürü işə salmır, sadəcə yaddaşı yoxlayır.

2. Situativ tapşırıqların mahiyyəti və didaktik potensialı Situativ tapşırıqlar – hər hansı bir real və ya xəyali həyat situasiyasını modelləşdirərək öyrənəni həmin şəraitdə qərar qəbul etməyə, problem həll etməyə və ya öz mövqeyini əsaslandırmağa vadar edən təlim vasitələridir. Situativ tapşırığın əsas mahiyyəti ondadır ki, o, hər zaman müəyyən bir məqsəd, kontekst və rol təqdim edir. Təhsilalan nəyi, kimə, hansı məqsədlə və hansı şəraitdə dediyini aydın şəkildə dərk edir. J. Richards və T. Rodgers kommunikativ metodologiyanın əsasını izah

edərkən çox haqlı olaraq vurğulayırlar: "Kommunikativ yanaşmanın əsasında dilin məna və məqsəd daşıyıcısı olması ideyası dayanır ki, bu da yalnız real həyata bənzər kontekstlərdə reallaşa bilər" [4, s. 156].

Didaktik baxımdan situativ tapşırıqlar bir neçə funksiyanı eyni anda yerinə yetirir:

–Motivəedici funksiya: Şagird reallıqla əlaqəsi olan problemi həll edərkən daha çox həvəslənir.

–Praqmatik funksiya: Sözlərin və ifadələrin müxtəlif kontekstlərdə fərqli mənalar kəsb etməsi aydınlaşır.

–Tənzimləyici funksiya: Qrup halında işləyərkən fərdlər növbə ilə danışmağı, qarşı tərəfi dinləməyi və ortaq məxrəcə gəlməyi öyrənirlər.

L.N.Qasımova öz tədqiqatlarında vəziyyətlə bağlılığın vacibliyinə toxunaraq bildirir: "Tədris olunan dil materialı öyrənənlərin gündəlik ehtiyacları ilə səsləşdikdə mənimsənilmə səviyyəsi kəskin şəkildə artır" [3, s. 77]. Bu, onu göstərir ki, müəllim tərəfindən seçilən situativ tapşırıqlar şagirdin yaş xüsusiyyətlərinə, maraq dairəsinə və sosial təcrübəsinə uyğun olmalıdır. Məsələn, ibtidai sinif şagirdinə "Məktəb ləvazimatı almaq üçün mağazada satıcı ilə dialoq" qurun tapşırığı vermək mükəmməl situativ tapşırıq olduğu halda, eyni yaş qrupu üçün "Qlobal ekoloji problemlərin iqtisadiyyata təsiri" mövzusunda debata cəlb etmək yaş xüsusiyyətinə ziddir.

3. Situativ tapşırıqların tətbiqi texnologiyası və mərhələləri Situativ tapşırıqların effektivliyi onların düzgün layihələndirilməsi və sistemli şəkildə həyata keçirilməsindən asılıdır. Məqalə çərçivəsində tətbiq texnologiyasını üç əsas mərhələyə bölmək olar: hazırlıq, reallaşdırma və refleksiv qiymətləndirmə.

Hazırlıq mərhələsi zamanı müəllim tapşırığın kommunikativ hədəfini dəqiqləşdirir. Situasiyanın təsviri (kontekst) yaradılır, rollar müəyyən edilir və zəruri olduqda köməkçi lüğət şagirdlərə təqdim olunur. Bu mərhələdə şagirdlərin mövzu ilə bağlı ilkin təsəvvürləri aktivləşdirilir.*Reallaşdırma mərhələsi* şagirdlərin birbaşa ünsiyyət prosesinə girdiyi zamandır. Burada müəllimin müdaxiləsi minimuma endirilməlidir. A.Əhmədov qrammatik qaydaların quru şəkildə öyrədilməsinin əleyhinə çıxaraq yazır: "Nəzəri qaydaların əzbərlənməsi heç bir halda kommunikativ bacarıqların formalaşmasına zəmanət vermir, əsl meyar dilin praktik vəziyyətlərdə tətbiqidir" [1, s. 89]. Bu mərhələdə şagird cümlə qurarkən qrammatik səhv edə bilər, lakin müəllim fikrin axıcılığını (fluency) pozmamaq üçün dərhal düzəlişlər etməməlidir. Diqqət formadan çox mənaya (meaning) yönəlməlidir. *Refleksiv qiymətləndirmə mərhələsində* isə situativ tapşırığın icrasından sonra əldə edilən nəticələr müzakirə olunur. Şagirdlər prosesin hansı hissəsində çətinlik çəkdiklərini, hansı arqumentlərin daha inandırıcı olduğunu təhlil edirlər. Müəllim ümumi buraxılan məntiq və dil xətalarını ad çəkmədən, kollektiv şəkildə lövhədə izah edə bilər.

4. Situativ tapşırıqların təsnifatı Dərsdə istifadə edilən situativ tapşırıqları xarakterinə görə bir neçə qrupa ayırmaq mümkündür:

1.Rollu oyunlar: Şagirdlərə müəyyən xarakterlər verilir və onlar hadisəyə həmin obrazın prizmasından yanaşırlar. Bu cür tapşırıqlar empatiya hissini gücləndirir və sosial rolların mənimsənilməsinə şərait yaradır.

2.Problem həlletmə: Müəyyən bir ziddiyyət və ya çətin vəziyyət təsvir edilir, şagirdlər komanda şəklində müzakirə apararaq optimal çıxış yolunu tapmalıdırlar. Bu növ situasiyalar tənqidi təfəkkürü ən yuxarı səviyyədə işlədir.

3.İnformasiya boşluğunun doldurulması: Cütlüklərdə işləyən şagirdlərdən birində olan məlumat digərində olmur. Onlar sual-cavab vasitəsilə ümumi mənzərəni tamamlamağa çalışırlar. Bu, məlumatı dəqiq soruşma və çatdırma bacarıqlarını itiləyir.

Danışıq bacarıqlarının tammiqyaslı inkişafı üçün müəllim eyni növ tapşırıqlarla kifayətlənməməli, təlim prosesində bu təsnifatdakı metodların hər birinə ardıcıl və məqsədyönlü şəkildə müraciət etməlidir.

NƏTİCƏ.

Aparılan tədqiqat və pedaqoji ədəbiyyatların, nəzəri materialların təhlili göstərir ki, danışıq bacarığının inkişafında situativ tapşırıqların tətbiqi müasir təhsilin ayrılmaz bir hissəsidir. Təlim prosesinin bu cür qurulması ənənəvi tədris paradiqmasını tamamilə dəyişdirərək, daha dinamik, məhsuldar və öyrənən mərkəzli bir mühitin yaranmasına gətirib çıxarır. Məqalə çərçivəsində aparılan elmi təhlillər əsasında aşağıdakı ümumiləşdirilmiş nəticələrə gəlinmişdir:

Birincisi, situativ tapşırıqlar təhsilalanların dərsə olan daxili motivasiyasını əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Reallığı əks etdirən problemlər əsasında qurulmuş dərslərdə şagirdlərin və tələbələrin idrak fəallığı artır, onlar sadəcə məlumatı qəbul edən tərəf kimi deyil, informasiyanı emal edən və tətbiq edən subyekt kimi fəaliyyət göstərirlər. İkincisi, pedaqoji prosesdə müntəzəm olaraq kommunikativ situasiyaların yaradılması şagirdlərdə psixoloji baryerlərin qırılmasına və "səhv etmək qorxusunun" aradan qalxmasına gətirib çıxarır. Danışmaq təcrübə tələb etdiyindən, şagird məhz süni yaradılmış təhlükəsiz sinif mühitində öz fikirlərini sərbəst şəkildə ifadə etmə formalarını öyrənir. Üçüncüsü, situativ tapşırıqlar quru nəzəri biliklərlə praqmatik istifadə arasındakı uçurumu aradan qaldırır. Öyrənənlər əldə etdikləri söz ehtiyatını və qrammatik konstruksiyaları mexaniki deyil, sırf kontekstə, vəziyyətə, hədəf auditoriyasına və məqsədə uyğun şəkildə formalaşdırmağı mənimsəyirlər.

Yekun olaraq qeyd etmək lazımdır ki, gələcək dərsliklərin və tədris materiallarının tərtibində situativ yanaşmanın payı daha da artırılmalıdır. Müəllimlər isə bilik mənbəyindən çox, bu situasiyaları peşəkarlıqla idarə edən və istiqamətləndirən fasilitatorlara çevrilməlidirlər. Yalnız bu yanaşma ilə cəmiyyət üçün açıq fikirli, tənqidi düşünən və sağlam ünsiyyət quran fərdlər yetişdirmək mümkündür.

Ədəbiyyat

1.Əhmədov, A. (2006). Azərbaycan dili tədrisinin müasir problemləri. Bakı: Təhsil nəşriyyatı.

2.Kərimov, Y. Ş. (2011). Ana dilinin tədrisi metodikası. Bakı: Zərdabi LTD.

3.Qasımova, L. N. (2014). Xarici dilin tədrisi metodikası. Bakı: Müəllim nəşriyyatı.

4.Richards, J. C., & Rodgers, T. S. (2014). Approaches and methods in language teaching (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

5.Veysova, Z. (2007). Fəal/interaktiv təlim: müəllimlər üçün vəsait. Bakı: UNICEF.

ALİ MƏKTƏBDƏ TƏLİM PROSESİNƏ NƏZARƏT VƏ QİYMƏTLƏNDİRMƏ

Əyubova Sevinc Əli

Azərbaycan Dövlət pedaqoji Universitetinin

Ümumi tarix və tarixin tədrisi texnologiyası kafedrası

Xülasə

Elmi məqalədə ali məktəbdə təlim prosesinə nəzarətin məqsədi və metodları araşdırılır. Araşdırma nəticəsində məlum olur ki, nəzarət tələbələrin bilik və bacarıqlarının səviyyəsini müəyyənləşdirmək, tədrisin gedişini izləmək və yaranan çətinlikləri aşkar etmək üçün aparılır. Elmi işdə o da göstərilir ki, təlim müvəffəqiyyətinin qiymətləndirilməsi tələbələrin bilik, bacarıq və səriştələrinin müəyyən meyarlar əsasında dəyərləndirilməsidir. Qiymətləndirmə meyarlarının əvvəlcədən müəyyənləşdirilməsi onun obyektivliyini və şəffaflığını təmin edir.

Açar sözlər: *nəzarət, qiymətləndirmə, metodlar, ali təhsil, keyfiyyət, meyarlar*

GİRİŞ

Azərbaycanda təhsil islahatlarının həyata keçirilməsi, pedaqoji innovasiyalara geniş yer verilməsi yeni keyfiyyət göstəricilərinin müəyyənləşdirilməsini tələb edir. “Bolonya prosesinə qoşulmaqla Azərbaycan öz milli ənənələrini saxlayaraq Avropa təhsil məkanının bir hissəsinə çevrildi, aparılacaq islahatların gələcək istiqamətlərini və onun hüdudlarını qabaqcadan müəyyənləşdirdi” [Tağıyeva, 2024, s. s.106-112]. Bu səbəbdən də təhsilin keyfiyyətini, təhsil prosesi iştirakçılarının nailiyyətlərini qiymətləndirmək üçün müvafiq göstəricilər parametrlər və ya indikatorlar seçilməli, elmi baxımdan əsaslandırılmış texnologiyalar hazırlanmalıdır. Digər tərəfdən, keyfiyyətin qiymətləndirilməsi dəqiq kriteriyalar əsasında aparılmalıdır. Pedaqoji proses bir-birilə əlaqədə olan mürəkkəb sistemdir. Odur ki, bu mürəkkəb sistemin hər bir komponentinin keyfiyyət göstəricilərini aşkarlamaq, hər bir komponentə uyğun kriteriyalar seçmək mütləq lazımdır.

Təhsildə keyfiyyət təminatı keyfiyyət tələblərinin yerinə yetirilməsi ilə bağlı təminatın təmin edilməsidir. “Keyfiyyət təminatı” termini davamlı təkimilləşdirmə çərçivəsində həyata keçirilən bütün fəaliyyətin təsvir olunması və izlənilməsidir. Gözlənilən proses və prosedurlar standartlar və tələblər çərçivəsindən kənara çıxan və aşkarlanan problemləri aradan qaldırmağa xidmət edir. Bu baxımdan da keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi müəssisələr arasında qarşılıqlı razılaşma əsasında həyata keçirilir. K.V. Mustafayeva göstərir ki, “ Keyfiyyət təminatı‖ üzrə ―Avropa ali təhsil məkanında daimi keyfiyyət təminatı üzrə standartlar və təlimatlarlar (ESG) toplusu mövcuddur. Daxili və xarici standartlar toplusu olan ESG Avropa Tələbələr Birliyi (ATB), Ali Təhsil Müəssisələrinin Avropa Assosiasiyası (EURASHE), Avropa Universitetlər Assosiasiyası (EUA) və Ali Təhsildə Keyfiyyət Təminatı üzrə Avropa Assosiasiyası (ENQA) tərəfindən hazırlanmışdır. Bu standartlar və təlimatlar toplusu ali təhsil müəssisələrinə cavabdeh olan nazirliklər tərəfindən 2005-ci ildə təsdiq edilmişdi” [Mustafayeva, 2021, s. s.203-206].

Keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi ali təhsil müəssisələrinin innovativ və iqtisadi yüksəlişinin, rəqabətədavamlılığının keyfiyyətini artırır. Bu keyfiyyətin təmin olunması məqsədilə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 29.12.2019-cu il tarixli fərmanı ilə Təhsildə Keyfiyyət Təminatı Agentliyi (TKTA) yaradılmışdır. Agentlik dövlət orqanları (qurumları) və bələdiyyələrlə, beynəlxalq və qeyri-hökumət təşkilatları, digər hüquqi və fiziki şəxslərlə qarşılıqlı əlaqədə fəaliyyət göstərir və ali təhsil müəssisələrinin fəaliyyətində əsaslı dəyişikliklər tələb edir ki, bu tələblərdə onların regional əməkdaşlıq əlaqələrinin genişləndirilməsinə təkan verir.

ƏDƏBİYYAT İCMALI

Keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi iki istiqamətdə aparılır:
1.Daxili keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi;
2.Xarici keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi.
Daxili keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi. Daxili keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi zamanı ali təhsil müəssisələrinin fəaliyyət istiqamətləri - tədqiqat, təlim və tədris arasında əlaqə, milli və strateji yanaşmalar, akademik dürüstlük və azadlılıq kimi məsələlər nəzərə alınır. Daxili keyfiyyətin qiymətləndirilməsi prosesi müəyyən istiqamət və meyarlar əsasında həyata keçirilir:
1. Proqramların tərtibi və təsdiq olunması prosesi üzrə qiymətləndirmə meyarları: - institusional strategiyada nəzərdə tutulmuş ümumi proqrama uyğunluğu;
- tələbələrin və digər maraqlı tərəflərin iştirakı;
- xarici təcrübədən və məlumat resurslarından istifadə;
- tələbələrin inkişaf təminatı;
- tələbələrin qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilən prosedurların səmərəliliyi;
- dərs yükünün uyğunluğu;
- tədris proqramının institusional qaydada formal təsdiqi və s.
2. Təhsil, tədris və qiymətləndirmə prosesləri üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- təhsildə yeni və dəyişən təhsil üsullarından istifadə zamanı tələbə ehtiyaclarının nəzərə alınması;
- tədrisin müxtəlif yollarla həyata keçirilməsi;
- müxtəlif pedaqoji metodlardan istifadə;
- tədris metodlarının və pedaqoji metodların daim qiymətləndirilməsi;
- tələbə və müəllim münasibətlərində qarşılıqlı əməkdaşlıq;
- tələbə ehtiyaclarının və şikayətlərinin nəzərə alınması və s.
3. Tələbələrin təhsil alması, tanınması və attestasiyası üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- tələbələrə elmi karyera üzrə imkan və şəraitin yaradılması;
- qəbul, tanınma və buraxılış üzrə irəliləyiş;
- tələbələrin digər ali təhsil müəssisələri ilə əməkdaşlığı və s.
4. Təhsil resursları üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- elektron kitabxana;
- tədris vasitələri;
- İT infrasrukturu və s.
5. Müəllim heyətinin fəaliyyəti üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- müəllim heyətinin peşəkar inkişafını təmin edən şərait;
- təhsil və tədqiqat işləri arasında əlaqənin təminatı;
- innovasiyaların tətbiqi və yeni texnologiyalardan istifadə və s.
6. Məlumatların idarə olunması üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- qiymətləndirmə göstəriciləri;
- tələbələrin təhsil proqramından məmnunluğu;
- tədris resurslarından istifadə metodları və s.
7. İctimai əməkdaşlıq üzrə qiymətləndirmə meyarları:
- təhsil müəssisənin fəaliyyət istiqamətinin ictimailəşdirilməsi;
- təklif etdikləri proqramların, seçim meyarlarının, gözlənilən nəticələrin ictimailəşdirilməsi;
- təhsil, tədris və qiymətləndirmə ilə bağlı ictimaiyyətin məlumatlandırılması;
- keçid balları, tələbələr üçün yaradılan tədris imkanlarının, işlə təmin olunmuş məzunların sayı ilə bağlı ictimaiyyətin məlumatlandırılası və s.

Xarici keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi. Daxili keyfiyyət təminatı qiymətləndirildikdən sonra xarici keyfiyyət təminatı üçün agentlik tərəfindən ekspert qrupu yaradılır. Xarici keyfiyyət təminatı ali təhsil müəssisəsinin təkmilləşdirilməsi istiqamətində katalizator rolunu oynayır. Daxili keyfiyyət təminatı nəticəsində əldə olunan qiymətləndirmənin səmərəliliyi, qiymətləndirilir. Daxili qiymətləndirmənin nəticələri bir daha nəzərdən keçirilir və ekspertlər tərəfindən problemlərin aradan qaldırılması istiqamətində təklif və tövsiyələr ali təhsil müəssisələrinə təqdim olunur və problemlərin aradan qaldırılması istiqamətində tövsiyələr hazırlanır və təqdim olunur. Xarici keyfiyyət təminatı ali təhsil müəssisəsində mövcud problemlərin aradan qaldırılmasına bilavasitə nəzarət edir. Daxili keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsindən fərqli olaraq xarici keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi zamanı aşağıdakı faktorlarda nəzərə alınır:

- iqtisadi şərtlər;
- sosial şərtlər;
- təbii şərtlər.

Meta-qiymətləndirmə. Daxili və xarici keyfiyyət təminatı sisteminin əhəmiyyət kəsb etməsi üçün ali təhsil müəssisələri və ictimaiyyət qiymətləndirmə aparan agentliklərə etibar etməlidir. Bunun üçün qiymətləndirmə fəaliyyəti göstərən agentliklərin özlərinin də fəaliyyəti obyektiv və şəffaf, məqsədləri və hədəfləri aydın olmalıdır. Onların fəaliyyətini tənzimləyən hüquqi-normativ baza əsasında müəyyən səlahiyyətlər daşımalı, ali təhsil sistemi, dövlət siyasəti, maraqlı tərəflər və ictimaiyyətlə qarşılıqlı əlaqədə olmalıdır. Eyni zamanda müstəqil fəaliyyətdə olmalı, ali təhsil müəssisələrində keyfiyyət təminatı ilə bağlı yekun nəticələrə cavabdehlik daşımalıdırlar. Aidiyyatı qurumlar tərəfindən agentliklərində fəaliyyəti qiymətləndirilir. Bu meta-qiymətləndirmədir, yəni qiymətləndirənlərin qiymətləndirilməsi. Metaqiymətləndirmə zamanı mərkəz, yaxud agentliklərin fəaliyyəti aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

1. Xidmət keyfiyyəti (davranış, ünsiyyət və s.).
2. İşçinin peşəkarlığı (bacarığı, operativliyi və s.).
3. İdarəetmə keyfiyyəti (müəssisənin iş fəaliyyəti, əməkdaşlıq əlaqələri və s.)

Qiymət çox incə bir pedaqoji vasitədir; o, tələbələri həvəsləndirə də bilər, ruhdan sala da bilər. Hər şey qiymətin necə verilməsindən, ədalətli olub-olmamasından asılıdır.

S. Əliyeva yazır: “Qiymətləndirmə və qeydlərin aparılması pedaqoji nəzarətin nəticəsidir. Qiymətləndirmə tələbənin bilik, bacarıq və vərdişlərinin təlimin məqsəd və vəzifələrinə uyğunluğunu və ya uyğunsuzluğunu təsdiq edən üsul və nəticədir. Onlar uğursuzluğun səbəblərini müəyyənləşdirməyi əhatə edir, tədris fəaliyyətinin təşkilinə kömək edir. Müəllim cavabdakı səhvlərin səbəbini tapır, tələbəyə təkrar yazarkən nələrə diqqət etməli olduğunu bildirir” [Əliyeva, 2024, s. 163].

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

Təlim müvəffəqiyyətinə nəzarətin əsas formaları cari, aralıq və yekun qiymətləndirmədir. Cari qiymətləndirmə semestr ərzində tələbənin dərslərdə, seminarlarda, laboratoriya və praktiki məşğələlərdəki fəaliyyətini əhatə edir. Aralıq qiymətləndirmə fənn üzrə tələbənin bilik və bacarıqlarını imtahan və ya digər müəyyən edilmiş üsullarla yoxlayır. Yekun qiymətləndirmə isə fənn və ya təhsil mərhələsi başa çatdıqda tələbənin ümumi nəticəsini müəyyənləşdirir. Məcid İsmixanov, Rəfiqə Bəxtiyarovaya görə “Təlimdə nəzarət, yoxlama müvəffəqiyyətin qiymətləndirilməsi ilə nəticələnir. Qiymətləndirmə təlim prosesini tamamlayan pillədir. O, təlimin səmərə və keyfiyyətini yüksəltməyə, əks əlaqə yaratmağa, tələbələrin bilik və bacarıqlarındakı uğurlu və zəif cəhətləri aşkara çıxarmağa kömək edir” [İsmixanov və Bəxtiyarova, 2010, s.84].

Qiymətləndirmə zamanı bəzi şərtləri gözləmək lazımdır:

1) qiymət obyektiv, ədalətli olmalı, tələbənin faktik bilik səviyyəsini düzgün əks etdirməlidir. Qiyməti «şişirtmək» və ya «kəsmək», bu zaman əliaçılıq və ya xəsislik etmək eyni dərəcədə zərərlidir: birinci halda

tələbələrdə arxayınçılıq, ikinci halda isə öz qüvvəsinə inamsızlıq baş verir. Buna yol verməmək üçün qiymətin müvafiq normalara, meyarlara tam uyğun olmasını təmin etmək lazımdır;

2) verilən qiymət tələbələr tərəfindən dərk olunmalıdır: müəllim qiyməti (rəqəmi) sadəcə elan etməklə kifayətlənməməli, onu əsaslandırmalıdır. Yəni tələbənin nə üçün «kafi», «qeyri-kafi», «yaxşı» və «əla» qiymət aldığını sözlə xarakterizə etməlidir. Bu halda tələbə öz nöqsanlarını başa düşər, müəllimi ədalətsizlikdə təqsirləndirməz;

3) qiymətləndirmə zamanı tələbənin təkcə nəyi öyrənməsini deyil, həm də necə öyrənməsini — şüurlu, yoxsa mexaniki öyrənməsini, materialı dərk etdiyini, yoxsa əzbərlədiyini nəzərə almaq lazımdır. Bu, tələbələrin təlimə şüurlu yanaşmalarında, mühüm rol oynayır. Çünki tələbələr müəllimin sorğu metodikasına uyğun olaraq təlim materiallarını öyrənir, məşğələdə cavab verməyə hazırlaşırlar.

G. X.Şirəliyeva yazır: “Hazırda informasiya cəmiyyətinin tələblərinə cavab verən yeni təhsil modelinə keçid şəraitində qiymətləndirmənin funksiyası yeni məna kəsb edir, qiymətləndirmənin məqsədləri dəyişir. İndi qiymətləndirmə təkcə nöqsanların aşkarlanmasına deyil, təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsi prosesinin fasiləsizliyini təmin edən mexanizmə çevrilməli, tədris prosesinin bütün subyektləri üçün konstruktiv əks əlaqə yaratmalıdır. Qiymətləndirmə yalnız əldə edilənləri yekunlaşdırmamalı, o, başlanğıc nöqtəyə çevrilməli, ardınca yeni inkişaf mərhələsinə, təhsilin keyfiyyətinin yeni səviyyəsinə yüksəlməlidir. Burada söhbət, qiymətləndirmə vasitələrinin dəyişdirilməsindən deyil, qiymətləndirmənin məqsədlərini və qiymətləndirmə fəlsəfəsini dəyişdirməkdən gedir “[Şirəliyeva, 2024, s. 203-208].

F. Rüstəmova görə “ Qiymət - tələbənin təlim fəaliyyətinin nəticələrinin (müvəffəqiyyətinin) son göstəricisidir. Qiymət - tələbənin təlim fəaliyyətinin həm keyfiyyətcə- (ölçü, norma, etalon, diskret), həm də kəmiyyətcə (mühüm xarakteristikalar və onların təhlili) ölçüsüdür. Kəmiyyət ölçüsü keyfiyyət ölçüsündən törəyir. Pedaqoji qiymətləndirmə - keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərinin müqayisəsi, ümumiləşdirilməsi və miicərrədləşdirilməsi nəticəsidir və bu əməliyyatlar bir-birilə vəhdətdədir” [Rüstəmov və Dadaşova, 2007, s. 336].

Bilik və bacarıqların qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif meyarlardan istifadə olunur. S. Əliyeva ali məktəb müəssisələrində nəzarət formalarının təsnifatını aşağıdakı şəkildə göstərmişdir:

1. Üsuluna görə - ənənəvi və qeyri-ənənəvi;

2 .Xarakterinə görə -subyektiv, obyektiv;

3. TSO-dan istifadəyə görə -maşınsız, maşınlı;

4. Formasına görə -şifahi, yazılı;

5.Zamanına görə- ilkin, başlanğıc, cari, mərhələli, yekun

6. Kütləviliyinə görə- fərdi, frontal, fərdi-qrup

7. Nəzarətedən şəxsə görə- Müəllim, tələbə-ortaq (qarşılıqlı nəzarət), tələbə özü (özünnəzarət)

8. Didaktik materialın mövcudluğuna görə- Didaktik material olmadan nəzarət (şifahi-ünsiyyət, disput-ünsiyyət və s.); didaktik materialla nəzarət (testlər, biletlər, nəzarətedici proqramlar və s.) [Əliyeva, 2024, s. 163].

Nəticələrin təhlili tələbələrin irəliləyişini, qarşılaşdıqları çətinlikləri və akademik borclarını müəyyən etməyə, həmçinin zəruri məsləhət və dəstək göstərməyə kömək edir. Beləliklə, nəzarət yalnız biliklərin yoxlanılmasına deyil, həm də təlim prosesinin keyfiyyətinin yüksəldilməsinə xidmət edir. Nəzarət monitorinq, diaqnostika anlayışları ilə də sıx bağlıdır.

Təlimdə nəzarətin əsas funksiyalarını göstərir:

1. Diaqnostik- Müəllim və tələbələr arasında əks əlaqənin bərqərar olması və nəticələrin nəzərə alınması;

2. Tədris, idarəedici- bacarıq və vərdişlərin, səlhiyyətlərin, düzəlişlərin formalaşması;
3. İnkişaf edən- Yaddaş, diqqət, məntiqi təfəkkür, moti-vasiyalar, predmetə maraq, yaradıcılığın inkişafı;
4. Tərbiyəedici- Tədrisin nəticələrinə görə intizamlılıq, tərbiyəlilik, əməksevərlik və məsuliyyətlilik.

Qiymətləndirmə metodu seçilərkən, aşağıdakılar nəzərə alınmalıdır;
- nəzarətin obyekti (təlimedici əməliyyat);
- nəzarətin predmeti (əməliyyatın gedişi və nəticələri);
-nəzarətin vasitələri (təlimedici əməliyyatın gedişi və nəticələrinin yoxlanması məqsədilə verilən tapşırıqlar);
- konkret tapşırıqların icrası zamanı tələbələrin cavablan; - nəzarətin tezliyi və müntəzəmliyi.
Tələbənin biliyinin qiymətləndirilməsi zamanı təlim formalarının, ayrı-ayrı iş sahələrinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmalıdır.

NƏTİCƏ

İmtahana görə qiymət ballarının hesablanması. Balların maksimum miqdarı 50-dir. Tələbə imtahanda biletə düşən 5 suala cavab verməlidir. Hər sualın cavabı maksimum 10 balla qiymətləndirilir. İmtahanın qiymət meyarları aşağıdakı kimidir:

10 bal – tələbə keçilmiş materialı dərindən başa düşür, cavabı dəqiq və hərtərəflidir.

9 bal – tələbə keçilmiş materialı tam başa düşür, cavabı dəqiqdir və mövzunun məzmununu açа bilir.

8 bal – tələbə cavabında ümumi xarakterli bəzi qüsurlara yol verir.

7 bal – tələbə keçilmiş materialı yaxşı başa düşür, lakin nəzəri cəhətdən bəzi məsələləri əsaslandıra bilmir.

6 bal – tələbənin cavabı əsasən düzgündür.

5 bal – tələbənin cavabında çatışmazlıqlar var, materialı tam əhatə edə bilmir.

4 bal – tələbənin cavabı qismən doğrudur, lakin materialı izah edərkən bəzi

səhvlərə yol verir.

3 bal – tələbənin mövzudan xəbəri var, lakin fikrini əsaslandırmağı bacarmır.

1-2 bal – tələbənin mövzudan qismən xəbəri var.

0 bal – suala cavab yoxdur.

Tələbələrin imtahanda aldıqları qiymət balları imtahana qədər semestr (tədris ili) ərzində topladığı ballara əlavə olunur. Konkret fənn üzrə toplanmış balın yekun miqdarına görə tələbənin biliyi aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

91 - 100 bal – «əla» (A); 81 - 90 bal – «çox yaxşı» (B); 71-80 bal – «yaxşı» (C), 61-70 bal – «orta» (D); 51 - 60 bal «kafi» (E); 50-dən az – «qeyri-kafi» (F).

Tələbənin semestr ərzində topladığı bal 17-dən az olduqda o, imtahana buraxılmır. İmtahanda aldığı balın miqdarı 17-dən az olduqda onun imtahan balları semestr (tədris ili) ərzində topladığı bala əlavə olunmur; o, həmin fəndən krediti toplamamış hesab olunur. Belə tələbələr tədris ilinin sonunda (yayda) həmin fəndən tam kursu yenidən keçərək imtahana buraxılırlar. Bu dəfə də imtahandan lazımi bal toplaya bilməsələr, növbəti ildə həmin fənni yenidən keçməli olurlar.

Hər bir iş formasına müvafiq ballar ayrılır: laborator məşğələsinə – maksimum 10 bal, davamiyyətə – 5 bal, fərdi isə –10 bal, kurs işinə (layihəsinə) – 10 bal, sərbəst işə-10 bal, pedaqoji təcrübə və elmi tədqiqata birlikdə – 100 bal və s.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Əliyeva, S. (2024). *Ali məktəb pedaqogikası: Dərs vəsaiti*. Füyuzat MMC.
2. İsmixanov, M., & Bəxtiyarova, R. (2010). *Ali məktəb pedaqogikası: Mühazirə mətnləri*.
3. Mustafayeva, K. V. (2021). Ali təhsil müəssisələrində keyfiyyət təminatının qiymətləndirilməsi. *Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutunun Elmi əsərləri, 88*(6), 203–206.
4. Rüstəmov, F. A., & Dadaşova, T. Y. (2007). *Ali məktəb pedaqogikası: Magistratura pilləsi üçün dərslik*. Nurlan.
5. Şirəliyeva, G. X. (2024). Ali məktəbdə ingilis dilinin tədrisində qiymətləndirmənin aparılmasının pedaqoji əsasları. *Azərbaycan Respublikasının Təhsil İnstitutunun Elmi əsərləri, 91*(6), 203–208.
6. Tağıyeva, S. (2024). Avropa Kredit Transfer Sisteminin yaratdığı imkanlar. *Azərbaycan məktəbi*, (4), 106–112.

MONITORING AND ASSESSMENT OF THE TEACHING PROCESS IN HIGHER EDUCATION

Ayubova Sevinj Ali
Department of General History and History Teaching Methodology
Azerbaijan State Pedagogical University

Abstract
This article examines the purpose and methods of monitoring the teaching process in higher education. The findings show that monitoring is carried out to determine students' levels of knowledge and skills, track the progress of instruction, and identify any difficulties that arise. The article also explains that the assessment of academic achievement involves evaluating students' knowledge, skills, and competencies against established criteria. Defining the assessment criteria in advance ensures objectivity and transparency.

Keywords: *monitoring, assessment, methods, higher education, quality, criteria*

OKUL ÖNCESİ EĞİTİM MÜFREDATINDA İÇERİK BİLEŞENLERİNİN YATAY ENTEGRASYONU

Dr. Tarana AKBARİ

Doktor Öğretim Görevlisi,

Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi (ADPU) Şamahı Şubesi

Sosyal ve Özel Disiplinler Bölümü

akbarietmp@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9293-4561

Özet

Erken çocukluk döneminde (3–6 yaş) çocuğun öğrenme nörobiyolojisi ve psikolojik yapısı, geleneksel eğitim kademelerinde görülen parçalanmış ve disipliner bilgi aktarımına uygun değildir; aksine gelişim süreçleri eşzamanlı, iç içe geçmiş ve bütüncül bir karakter sergiler. Bu doğrultuda okul öncesi eğitim müfredatının üfiqi (yatay) entegrasyonu; aynı yaş dönemindeki farklı gelişim alanları (bilişsel, fiziksel/motor, sosyal-duygusal, dil ve estetik) arasında anlamlı, tutarlı ve ardışık bağların kurulmasını ifade eder.

Bu bildirinin temel amacı, okul öncesi eğitim müfredatında yatay entegrasyonun yaş dönemlerine göre pedagojik esaslarını, gelişim alanları arasındaki geçişgenlik mekanizmalarını ve uygulamadaki metodolojik çerçevesini uluslararası literatür, kuramsal yaklaşımlar ve iyi uygulama örnekleri ışığında kapsamlı bir şekilde incelemektir. Çalışmada H. Gardner'ın Çoklu Zekâ Kuramı, J. Dewey'nin Deneyimsel Öğrenme Yaklaşımı, I. Pramling Samuelsson'un "Oyun-Öğrenme Pedagojisi" ve Loris Malaguzzi'nin Reggio Emilia yaklaşımı ("Çocuğun Yüz Dili") teorik zemin olarak ele alınmıştır. Ayrıca Birleşik Krallık (EYFS), İsveç (Lpfö 18) ve İtalya (Reggio Emilia) modellerinden hareketle, 3–4, 4–5 ve 5–6 yaş (mäktäbähazırlıq) dönemlerini kapsayan gelişim alanları arası yatay bir matris tasarlanmıştır.

Araştırma sonucunda, erken çocukluk müfredatlarının tekil disiplinler yerine tematik ve modüler projeler ("Su", "Tohumun Yolculuğu", "Geleceğin Köprüsü" vb.) etrafında örgütlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Öğrenme merkezlerinin (blok, sanat, dramatik oyun, fen) fiziksel olarak izole edilmediği, çocukların motor eylemlerini bilişsel ve dilsel süreçlerle harmanlayabildiği esnek öğrenme ortamlarının yaratılması önerilmektedir. Sürdürülebilir Ortak Düşünme (SST) gibi öğretmen rehberliği stratejileri ve otantik/bütüncül değerlendirme (gelişim portfolyoları) süreçleri, yatay entegrasyonun başarısında kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Okul Öncesi Müfredatı, Yatay Entegrasyon, Gelişim Alanları, Disiplinlerarası Temalar, Bütüncül Öğrenme.

HORIZONTAL INTEGRATION OF CONTENT COMPONENTS IN THE PRESCHOOL EDUCATION CURRICULUM

Senior Lecturer, PhD Tarana AKBARI

ASPU Shamakhi Branch

Department of Social and Special Disciplines

akbarietmp@gmail.com

ORCID: 0000-0001-9293-4561

Abstract

In early childhood education (ages 3–6), a child's learning neurobiology and psychological structure are unsuited for fragmented and strictly disciplinary knowledge transmission; instead, developmental processes operate synergistically, interdependently, and holistically. Accordingly, the horizontal integration of the preschool curriculum refers to the establishment of meaningful, coherent, and sequential connections across distinct developmental domains (cognitive, physical-motor, socio-emotional, linguistic, and aesthetic) within the same age phase.

The primary purpose of this paper is to comprehensively examine the pedagogical principles, inter-domain transition mechanisms, and methodological frameworks of horizontal integration across early childhood age brackets, grounded in international literature, theoretical foundations, and empirical practices. The study adopts H. Gardner's Multiple Intelligences Theory, J. Dewey's Experiential Learning Approach, I. Pramling Samuelsson's Play-Learning Pedagogy, and Loris Malaguzzi's Reggio Emilia approach ("The Hundred Languages of Children") as its theoretical bedrock. Furthermore, drawing upon international models from the United Kingdom (EYFS), Sweden (Lpfö 18), and Italy (Reggio Emilia), an integrated cross-domain horizontal matrix spanning the 3–4, 4–5, and 5–6 age groups (preschool preparation) has been designed.

The findings emphasize that early childhood curricula should be organized around thematic and modular projects ("Water", "The Journey of a Seed", "Bridge of the Future", etc.) rather than isolated subjects. It is recommended to create flexible learning environments where learning centers (blocks, art, dramatic play, science) are not physically isolated, allowing children to blend motor actions with cognitive and linguistic processes. Teacher-guided strategies such as Sustained Shared Thinking (SST) and authentic/holistic assessment methods (developmental portfolios) are highlighted as critical determinants for the successful implementation of horizontal integration.

Keywords: Preschool Curriculum, Horizontal Integration, Inter-Domain Coherence, Developmental Domains, Interdisciplinary Themes, Holistic Learning.

GİRİŞ

Modern erken çocukluk eğitiminde (ECE) öğretimin kalitesi, yalnızca aktarılan bilgi veya konu hacmiyle değil; müfredatı oluşturan bileşenlerin içsel yapısal-mantıksal ve fonksiyonel uyumuyla (*structural-functional alignment*) ölçülmektedir. Eğitim müfredatı, karmaşık bir sosyo-pedagojik sistemdir; bu sistemin her bir bileşeni (hedefler, gelişim alanları, yöntemler, kaynaklar ve değerlendirme) bütüncül çocuk gelişimini sağlamak adına kendine özgü fonksiyonları yerine getirir (OECD, 2021).

Geleneksel pedagojik modellerde öğretim bileşenleri sıklıkla birbirinden soyutlanmış şekilde tasarlanmaktadır. Bu durum, içeriğin edinilmesinde parçalanmaya ve bilişsel gelişimin zayıflamasına yol açmaktadır. **Yapısal-fonksiyonel modelleme** ise içerik bileşenlerinin sadece yan yana sıralanmasını değil, birbirini koşullandıran ve tamamlayan dinamik bir zincirleme ilişkinin kurulmasını sağlamaktadır.

1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Üfiqi entegrasyonun teorik temelleri, çocuğun dünyayı nasıl anlamlandırdığını açıklayan çağdaş öğrenme kuramlarına dayanmaktadır:

- **John Dewey ve Deneyimsel Öğrenme (Experiential Learning):** Dewey'ye göre öğrenme, çocuğun çevresiyle girdiği bütünsel etkileşimin bir sonucudur. Müfredat, yaşamın kendisi gibi entegre olmalı; öğrenme alanları birbirinden yapay duvarlarla ayrılmamalıdır.
- **Howard Gardner ve Çoklu Zekâ Kuramı (Multiple Intelligences):** Farklı zekâ alanları (sözel, mantıksal, görsel-uzamsal, bedensel-kinestetik, müziksel, kişilerarası vb.) tek bir öğrenme teması içinde aynı anda harekete geçirilebilir. Yatay entegrasyon, çocuğun güçlü olduğu zekâ alanını kullanarak zayıf olduğu gelişim alanını desteklemesine imkân tanır.
- **Ingrid Pramling Samuelsson ve Oyun-Öğrenme Pedagojisi:** İsveç erken çocukluk pedagojisinin öncülerinden Samuelsson, oyun ve içerik öğreniminin ayrılmaz bir bütün olduğunu savunur. Oyun esnasında çocuk hem sosyal etkileşim kurar (sosyal-duygusal), hem hareket eder (motor), hem de problemi çözer (bilişsel/dil).
- **Loris Malaguzzi ve Reggio Emilia Yaklaşımı ("Çocuğun Yüz Dili"):** Çocuk düşüncelerini, duygularını ve keşiflerini resim, heykel, drama, müzik ve söz aracılığıyla ifade eder. Müfredatın yatay boyutu, çocuğun bu "yüz dilini" aynı anda kullanabileceği açık uçlu öğrenme ortamlarını güvence altına alır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın Yöntemi ve Deseni

Bu çalışma, okul öncesi eğitim müfredatında gelişim alanları arasındaki üfiqi (yatay) entegrasyon esaslarını incelemeyi amaçlayan nitel araştırma yaklaşımına dayalı kuramsal ve betimsel bir incelemedir (doküman analizi). Çalışmada, erken çocukluk eğitimi literatürü, çağdaş öğrenme kuramları ve uluslararası müfredat modelleri (İngiltere EYFS, İsveç Lpfö 18, İtalya Reggio Emilia) ikincil veri kaynakları olarak ele alınmıştır.

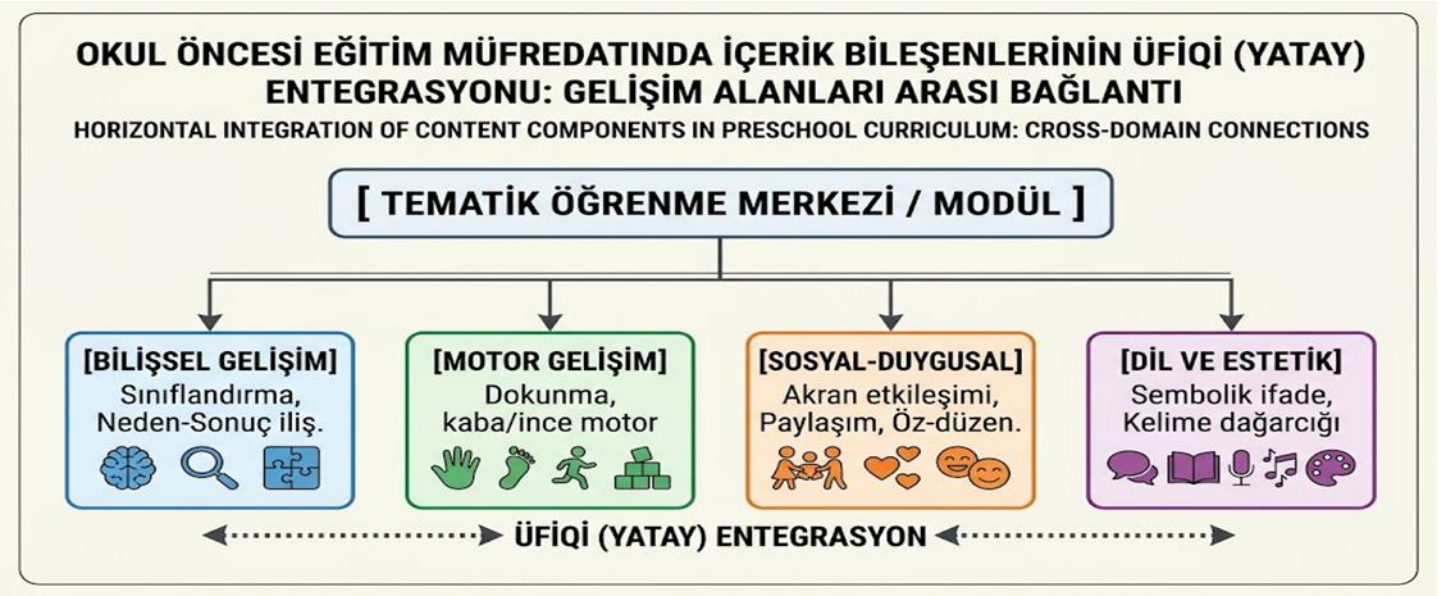
2.2. Verilerin Analizi ve Matris Tasarımı

Elde edilen veriler içerik analizi ve karşılaştırmalı eğitim analizi yöntemleriyle incelenmiştir. H. Gardner, J. Dewey, I. Pramling Samuelsson ve L. Malaguzzi'nin kuramsal yaklaşımlarından hareketle; 3–4, 4–5 ve 5–6 yaş dönemlerine özgü gelişimsel ihtiyaçlar saptanmış ve bu doğrultuda gelişim alanları arası "Üfiqi Entegrasyon Matrisi" sentezlenerek metodolojik bir çerçeveye dönüştürülmüştür.

3. BULGULAR

YAŞ DÖNEMLERİNE GÖRE GELİŞİM ALANLARI ARASINDAKİ ÜFİQİ İLİŞKİ VE ARDIŞIKLIK

Yatay entegrasyonun başarısı, aynı yaş döneminde bir gelişim alanındaki kazanımın diğer gelişim alanlarını nasıl desteklediğinin (çapraz uyarılma) doğru planlanmasına bağlıdır.



Şekil 1. Okul öncesi eğitimde gelişim alanları arası yatay entegrasyon matrisi

3.1. Yaş Dönemlerine Göre Yatay Entegrasyon Dinamikleri

1. 3–4 Yaş Dönemi (Duyusal-Motor Ağırlıklı Yatay Uyum):
   - *Odağı:* Duyusal algı, beden farkındalığı ve temel iletişim.
   - *Entegrasyon Mekanizması:* Bilişsel kazanımlar (renk, şekil, boyut) doğrudan fiziksel hareket ve duyusal materyallerle birleştirilir. Çocuk nesneyi eline alarak (motor), adını söyleyerek (dil) ve arkadaşıyla paylaşarak (sosyal) öğrenir.
2. 4–5 Yaş Dönemi (Keşif ve Sembolik Düşünce Ağırlıklı Yatay Uyum):
   - *Odağı:* Nesne ilişkileri, rol oynama, soru sorma ve kural anlama.
   - *Entegrasyon Mekanizması:* Dramatik oyunlar ve basit deneyler merkezdedir. Bir doğa olayı incelenirken matematiksel ölçüm (bilişsel), grup çalışması (sosyal) ve çizim/boyama (estetik/motor) eşzamanlı yürütülür.
3. 5–6 Yaş Dönemi - Məktəbəhazırlıq (Analitik ve Proje Odaklı Yatay Uyum):
   - *Odağı:* Problem çözme, fonematik farkındalık, öz-düzenleme ve işbirliği.
   - *Entegrasyon Mekanizması:* Proje tabanlı öğrenme esastır. Bir izin takibi veya maket yapımı sırasında ölçüm (bilişsel/matematik), hikaye kurgulama (dil), el becerisi (motor) ve liderlik/sorumluluk (sosyal-duygusal) bir bütün olarak işlenir.

3.2. Yaş dönemlerine göre yatay entegrasyon matrisi

Aşağıdaki tablo, aynı yaş döneminde tek bir öğrenme odağı etrafında 4 temel gelişim alanının nasıl eşzamanlı ve ardışık olarak entegre edildiğini göstermektedir:

Yaş dönemi	Entegre tema / Problem alanı	Bilişsel gelişim	Fiziksel ve motor gelişim	Sosial-emosional gelişim	Dil, iletişim ve estetik
3–4 yaş	"Renkler ve dokular"	Büyüklük ve renk bazlı nesne eşleştirme yapar.	Farklı dokulardaki materyalleri toplar, sıralar (ince motor).	Grup içinde materyal sırası beklemeyi öğrenir.	Hissettiği dokuları "yumuşak/sert" şeklinde kelimelerle ifade eder.
4–5 yaş	"Tohumun yolculuğu ve bitkiler"	Tohumun çimlenme aşamalarını sıralar, gün sayar (zaman algısı).	Bahçede toprağı kazar, sulama kabını taşır (kaba/ince motor).	Bir canlıya bakım sağlama sorumluluğu ve empati geliştirir.	Bitki gelişim günlüğüne resim çizer, gözlemini anlatır.
5–6 yaş	"Geleceğin köprüsü" (proje çalışması)	Köprünün dayanıklılığını test eder, blokları sayar ve ölçer.	Blokları dengede tutarak inşa eder, hassas el koordinasyonu kurar.	Fikir ayrılıklarında uzlaşır, grup içinde rol dağılımı yapar.	Tasarladığı köprünün işlevini sunar, yapım sürecini hikayeleştirir.

4.ULUSLARARASI TECRÜBE VE MODEL KARŞILAŞTIRMASI

Uluslararası erken çocukluk müfredatlarında yatay entegrasyonun tətbiq biçimleri farklılık göstermektedir:

- Birleşik Krallık (EYFS - Early Years Foundation Stage): EYFS müfredatında yer alan 7 öğrenme alanı birbirini tamamlayacak şekilde tasarlanmıştır. "Dünyayı Anlama" (Understanding the World) alanı; matematik, dil ve motor becerilerini birleştiren yatay bir çatı görevi görür.
- İsveç (Lpfö 18): İsveç modelinde ders ayrımı kesinlikle bulunmaz. Müfredat; "Sürdürülebilirlik", "Demokrasi" ve "Eşitlik" gibi yatay temalar etrafında şekillenir. Tüm gelişim alanları oyun temelli projeler içerisinde doğal olarak erir.
- İtalya (Reggio Emilia): Öğrenme merkezleri (Atölye / Atelier) yatay entegrasyonun kalbidir. Çocuk bir problemi çözerken fen, sanat, matematik ve dili aynı anda bir enstrüman gibi kullanır.

4. SONUÇ VE PEDAGOJİK ÖNERİLER

Məktəbəqədər təhsil kurikulumunda üfiqi (yatay) inteqrasiya, çocuğun gelişimsel ihtiyaçlarına yanıt veren bütüncül bir pedagojik zorunluluktur. Müfredat içerik bileşenlerinin yatay düzlemde ardışık ve sistemli bir bağ kurabilmesi için şu prinsipler esas alınmalıdır:

1. Tematik ve modüler planlamaya geçiş: Günlük ve haftalık etkinlik planları tekil alanlara göre değil, 4 gelişim alanını aynı anda uyaran bütüncül projeler ve temalar (örn. "Su", "Işık ve Gölge", "Dönüşüm") üzerinden kurgulanmalıdır.
2. Öğrenme merkezlerinin yatay entegrasyonu: Sınıf içindeki merkezler (matematik, blok, sanat, dramatik oyun) birbirinden izole edilmemeli; çocuğun bir merkezden aldığı materyali diğer merkezdeki problem çözümünde kullanmasına imkân tanınmalıdır.
3. Öğretmen reberliğinde SST (Sürdürülebilir Ortak Düşünme): Öğretmenler, etkinlik esnasında açık uçlu sorular sorarak çocuğun motor eylemini bilişsel ve dilsel bir sürece dönüştürmesine (çapraz geçiş) rehberlik etmelidir.

4. Otantik ve bütüncül değerlendirme: Çocuğun başarısı tek bir alan üzerinden değil, entegre etkinlikler esnasında nümayiş ettirdiği bütünsel beceriler (gelişim portfolyosu, gözlem kaydı) ile değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Department for Education (DfE). (2021). *Statutory Framework for the Early Years Foundation Stage (EYFS)*. UK Government Publishing.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Macmillan.
- Gardner, H. (2011). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books.
- Malaguzzi, L. (1998). History, ideas, and basic philosophy. In C. Edwards, L. Gandini, & G. Forman (Eds.), *The Hundred Languages of Children* (pp. 49–97). Ablex.
- OECD. (2021). *Starting Strong VI: Supporting Meaningful Interactions in Early Childhood Education and Care*. OECD Publishing.
- Pramling Samuelsson, I., & Asplund Carlsson, M. (2008). The playing-learning child: Towards a pedagogy of early childhood. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 52(6), 623–641.
- Swedish National Agency for Education. (2019). *Curriculum for the Preschool: Lpfö 18*. Skolverket.

BECOMING A SELF-REGULATED LEARNER: PSYCHOLOGICAL PRINCIPLES AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS

Azerbaijan-Baku, Gunel Shefiyeva

Orcid id: 0000-0001-5105-2749

agakishiyeva.g@mail.ru

Azerbaijan State Pedagogical University, Faculty of Philology, Foreign Languages Center

KEY WORDS: Self-regulated learning, educational psychology, metacognition, motivation, learner autonomy.

Learning is not simply the process of receiving information from teachers or educational materials. Successful learning also requires students to take responsibility for their progress, identify their needs, and select appropriate strategies to achieve their goals. This active approach is known as self-regulated learning.

Self-regulated learning has received considerable attention in educational psychology because it helps explain why some students manage their learning more effectively than others. Students who regulate their learning can organise their time, monitor their understanding, maintain motivation, and respond constructively to difficulties.

Zimmerman (2002) describes self-regulated learners as active participants in their own learning who manage their thoughts, motivation, and behaviour in pursuit of academic objectives.

Theoretical Foundations of Self-Regulated Learning

Self-regulated learning involves the interaction of cognitive, metacognitive, motivational, and behavioural processes. These processes enable learners to plan their activities, monitor their progress, and evaluate the effectiveness of their learning strategies.

Zimmerman (2002) presents self-regulation as a cyclical process consisting of three main phases: forethought, performance, and self-reflection.

The **forethought phase** occurs before a learning activity. Students establish goals, analyse the task, and select strategies. For example, a student preparing for an English examination may create a vocabulary revision schedule.

The **performance phase** takes place while the student is completing the task. Learners monitor their concentration, manage their time, and check their understanding. They may also modify their strategies when they encounter difficulties.

The **self-reflection phase** occurs after the activity. Students evaluate their performance, identify mistakes, and consider how they can improve. This evaluation informs their planning for future tasks.

These phases are interconnected. Reflection on one learning experience can influence the goals and strategies adopted during the next.

Key Components of Self-Regulated Learning

Metacognition

Metacognition refers to the ability to understand and regulate one's own thinking. In education, it involves planning learning activities, monitoring comprehension, and evaluating learning outcomes.

For example, while reading an academic text, a student may recognise that a paragraph is difficult to understand. Instead of continuing without comprehension, the student can reread the paragraph, identify unfamiliar vocabulary, and summarise its main idea.

Such actions demonstrate metacognitive awareness because the learner recognises a difficulty and selects an appropriate strategy to address it.

Teachers can develop metacognitive skills by encouraging students to set learning objectives, explain their reasoning, reflect on mistakes, and assess their progress.

Motivation and Goal-Setting

Motivation is essential for self-regulated learning because it influences the effort and persistence learners invest in educational tasks.

Ryan and Deci (2000) explain that motivation can be intrinsic, arising from personal interest, or extrinsic, driven by external outcomes such as grades or rewards. Both can influence learning behaviour, depending on the circumstances.

Goal-setting also plays an important role. Clear and realistic objectives help learners direct their attention and evaluate their progress.

For example, instead of setting the general goal of improving English, a student might aim to learn ten new words, use them in sentences, and review them at the end of the week.

Specific goals make learning more manageable and provide clear criteria for evaluating progress.

Learning Strategies and Time Management

Self-regulated learners select strategies according to their learning objectives and the demands of a particular task. These strategies may include note-taking, summarising, spaced repetition, practice testing, and learning through examples.

Effective time management is equally important. Students who divide large tasks into smaller stages may find it easier to maintain concentration and avoid last-minute preparation.

For instance, a student writing a research paper can organise the process into topic selection, literature review, drafting, revision, and final editing.

Planning these stages helps learners manage their workload and monitor their progress more effectively.

The Role of Teachers in Developing Self-Regulated Learners

Although self-regulated learning emphasises student independence, teachers remain important in developing these skills. Learners may initially need guidance to identify appropriate strategies and evaluate their performance.

Teachers can support self-regulation by modelling effective learning behaviours, providing structured tasks, and gradually reducing assistance as students become more independent.

One useful approach is reflective questioning. After completing an assignment, students can consider three questions:

1. What did I want to achieve?
2. Which strategies helped me complete the task?
3. What should I change next time?

These questions encourage students to analyse their learning experiences rather than focus exclusively on grades.

Feedback is another important element. Constructive feedback helps learners identify strengths, recognise weaknesses, and determine their next steps. A supportive classroom environment also encourages students to view mistakes as opportunities for improvement.

Digital learning tools can further support self-regulation by helping students organise tasks, monitor progress, and practise skills independently. However, such tools are most useful when learners have clear objectives and understand how to use them effectively.

Educational Benefits and Challenges. Self-regulated learning can support academic achievement by encouraging students to take responsibility for their progress. Learners who plan, monitor, and evaluate their work may become more independent and better prepared to manage complex tasks.

These skills are particularly valuable in foreign language learning, where progress requires regular practice beyond classroom instruction. English learners can use self-regulation to organise vocabulary revision, monitor grammar development, and evaluate their speaking and writing skills.

However, developing self-regulation takes time. Students may struggle with procrastination, unrealistic goals, limited motivation, or difficulty selecting effective strategies. Some may also overestimate their understanding and fail to recognise gaps in their knowledge.

Therefore, teachers should introduce self-regulatory strategies gradually and provide regular guidance. As learners gain experience, they can assume greater responsibility for planning and evaluating their learning.

Self-regulated learning is a significant concept in educational psychology because it emphasises learners' active participation in the learning process. Through goal-setting, metacognition, motivation, strategic learning, and self-evaluation, students can manage their educational activities more effectively.

Zimmerman's cyclical model demonstrates that learning involves continuous planning, performance monitoring, and reflection. Teachers can support this process by providing guidance, constructive feedback, and opportunities for independent decision-making.

Ultimately, becoming a self-regulated learner means developing the ability to understand one's learning needs, select appropriate strategies, monitor progress, and make improvements. These skills contribute not only to academic success but also to lifelong learning and personal development.

HƏSSAS ƏHALİ QRUPLARINA YÖNƏLMİŞ SOSİAL PROQRAMLARIN EFFEKTİVLİYİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ: MEYARLAR VƏ İNDİKATORLAR

Gular NURİYEVA

Academician Hasan Aliyev Street 104, Azerbaijan State Pedagogical University, Department of General Pedagogy, teacher

ORCİD: 0009-0001-3926-480X

Özet

Müasir mühitdə həssas qrupları dəstəkləməyə yönəlmiş sosial proqramlar sosial ədalətin təmin edilməsində, bərabərsizliyin azaldılmasında və həyat keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasında xüsusilə vacibdir. Bu cür proqramların effektivliyi yalnız ayrılan resursların miqdarından deyil, həm də məqsədlərə çatma dərəcəsindən, nəticələrin davamlılığından və göstərilən xidmətlərin hədəf qruplarının faktiki ehtiyaclarına uyğunluğundan asılıdır. Buna görə də, sosial proqramların effektivliyinin qiymətləndirilməsi sosial siyasətin təkmilləşdirilməsi və hökumət və qeyri-hökumət təşkilatlarının fəaliyyətinin artırılması üçün vacib vasitədir.

Bu tədqiqatın məqsədi həssas qrupları hədəf alan sosial proqramların effektivliyini qiymətləndirmək üçün əsas meyarları və göstəriciləri müəyyən etmək və onların sosial təsir təhlilində istifadəsini əsaslandırmaqdır. Həssas qruplara əlilliyi olan şəxslər, çətin həyat vəziyyətində olan uşaqlar, yaşlı vətəndaşlar, aztəminatlı ailələr, zorakılığa məruz qalan şəxslər və əlavə sosial dəstəyə ehtiyacı olan əhalinin digər kateqoriyaları daxildir.

Tədqiqat sosial proqramların effektivliyinin qiymətləndirilməsinə hərtərəfli yanaşmaya xüsusi diqqət yetirir. Nəzərə alınan əsas meyarlara sosial təsir, xidmətlərin əlçatanlığı və keyfiyyəti, xərc səmərəliliyi, yardımın ünvanlılığı, alıcının məmnuniyyəti və nəticələrin davamlılığı daxildir. Bu meyarların hər biri müvafiq göstəricilərin istifadəsini tələb edir. Məsələn, sosial təsir yoxsulluq səviyyəsindəki dəyişiklikləri, məşğulluğu, sosial inteqrasiyanı və xidmət alanın müstəqilliyini təhlil etməklə qiymətləndirilə bilər. Xidmətə əlçatanlıq ərazi əhatə dairəsi, alıcıların sayı, gözləmə müddəti və yardıma çıxış yolundakı maneələrlə müəyyən edilir. Sosial xidmətlərin keyfiyyəti onların müəyyən edilmiş standartlara uyğunluğu, vətəndaşların fərdi ehtiyacları və alıcının məmnuniyyət səviyyəsi ilə xarakterizə olunur.

Xərclərin səmərəliliyi maliyyə və təşkilati resursların əldə edilmiş nəticələrlə müqayisəsini əhatə edir, hədəf qiymətləndirmələri isə nəzərdə tutulan əhali qruplarına yardımın nə dərəcədə effektiv şəkildə göstərildiyini müəyyən etməyə imkan verir. Proqramların uzunmüddətli təsirinin qiymətləndirilməsi, o cümlədən sosial təcridin azaldılması, müstəqil yaşamaq imkanlarının genişləndirilməsi və sosial təminatın yaxşılaşdırılması da vacib bir sahədir.

Tədqiqat statistik məlumatların təhlili, nəticələrin monitorinqi, xidmət alanların sorğuları, ekspert müsahibələri və proqramın tətbiqindən əvvəl və sonra göstəricilərin müqayisəli təhlili daxil olmaqla kəmiyyət və keyfiyyət qiymətləndirmə metodlarının birləşdirilməsinin zəruriliyini əsaslandırır. Bu yanaşma yalnız əldə edilmiş nəticələri müəyyən etməyə deyil, həm də çatışmazlıqları müəyyən etməyə, düzəldici tədbirlər hazırlamağa və idarəetmə qərarlarının etibarlılığını artırmağa imkan verir.

Tədqiqatın praktik əhəmiyyəti təklif olunan meyar və göstəricilərin sosial proqramların hazırlanmasında, monitorinqində və təkmilləşdirilməsində potensial istifadəsi, daha şəffaf resursların bölüşdürülməsinin təmin edilməsi və həssas qruplar üçün sosial dəstəyin keyfiyyətinin artırılmasındadır.

Açar sözlər: sosial proqramlar, həssas qruplar, effektivliyin qiymətləndirilməsi, qiymətləndirmə meyarları, göstəricilər, sosial siyasət, sosial xidmətlərin keyfiyyəti, sosial inteqrasiya.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF SOCIAL PROGRAMS AIMED AT VULNERABLE GROUPS OF THE POPULATION: CRITERIA AND INDICATORS

Gular NURİYEVA

Academician Hasan Aliyev Street 104, Azerbaijan State Pedagogical University, Department of General Pedagogy, teacher

ORCİD: 0009-0001-3926-480X

Abstract

In today's environment, social programs aimed at supporting vulnerable groups are particularly important in ensuring social justice, reducing inequality, and improving the quality of life. The effectiveness of such programs depends not only on the amount of resources allocated but also on the degree to which goals are achieved, the sustainability of results, and the relevance of services provided to the actual needs of target groups. Therefore, assessing the effectiveness of social programs is an important tool for improving social policy and enhancing the performance of government and non-governmental organizations.

The purpose of this study is to identify key criteria and indicators for assessing the effectiveness of social programs targeting vulnerable groups and to justify their use in social impact analysis. Vulnerable groups include individuals with disabilities, children in difficult life situations, senior citizens, low-income families, individuals subjected to violence, and other categories of the population in need of additional social support.

The study places particular emphasis on a comprehensive approach to assessing the effectiveness of social programs. The key criteria considered include social impact, accessibility and quality of services, cost-effectiveness, targeting of assistance, recipient satisfaction, and sustainability of results. Each of these criteria requires the use of corresponding indicators. For example, social impact can be assessed by analyzing changes in poverty levels, employment, social integration, and service recipient independence. Service accessibility is determined by territorial coverage, the number of recipients, waiting times, and barriers to accessing assistance. The quality of social services is characterized by their compliance with established standards, the individual needs of citizens, and the level of recipient satisfaction.

Cost-effectiveness involves comparing financial and organizational resources with the achieved results, while targeting assessments allow us to determine how effectively assistance is provided to the intended population groups. Evaluating the long-term impact of programs, including reducing social exclusion, expanding opportunities for independent living, and improving social security, is also an important area.

The study substantiates the need to combine quantitative and qualitative evaluation methods, including statistical data analysis, results monitoring, service recipient surveys, expert interviews, and a comparative analysis of indicators before and after program implementation. This approach allows not only to identify achieved results but also to identify shortcomings, develop corrective measures, and improve the validity of management decisions.

The practical significance of the study lies in the potential use of the proposed criteria and indicators in the development, monitoring, and improvement of social programs, ensuring more transparent resource allocation and improving the quality of social support for vulnerable groups.

Keywords: social programs, vulnerable groups, effectiveness assessment, evaluation criteria, indicators, social policy, quality of social services, social integration.

TƏRBİYƏ PROSESİNDƏ MÜASİR PEDAQOJİ TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ

EMİLYA Hüseynova

Akademik Həsən Əliyev küçəsi 104, Azərbaycan Dövlət Pedagoji Universiteti, Ümumi pedaqogika kafedrası, pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

ORCİD: 0009-0003-4470-5440

Özet

Müasir təhsilin transformasiyası kontekstində müasir pedaqoji texnologiyaların tətbiqi ilə təhsil prosesinin təkmilləşdirilməsi xüsusilə aktuallaşmışdır. Dəyişən sosial şərait, rəqəmsal mühitin inkişafı və yeni təhsil ehtiyaclarının ortaya çıxması təhsil fəaliyyətinə ənənəvi yanaşmaların yenidən nəzərdən keçirilməsini zəruri edir. Müasir təhsil yalnız əxlaq normalarının və sosial dəyərlərin mənimsənilməsinə deyil, həm də müstəqilliyin, sosial məsuliyyətin, tənqidi düşüncənin, emosional zəkanın və konstruktiv qarşılıqlı əlaqə qabiliyyətinin inkişafına yönəlmişdir.

Bu tədqiqatın məqsədi təhsil prosesində müasir təhsil texnologiyalarının pedaqoji potensialını müəyyən etmək, onların tətbiqi üçün effektiv metodları müəyyən etmək və təhsil fəaliyyətinin effektivliyini artırmaq üçün şərtləri əsaslandırmaqdır. Xüsusi diqqət şagirdə yönəlmiş, fəaliyyətə əsaslanan, layihəyə əsaslanan, problemə əsaslanan və interaktiv yanaşmalara, eləcə də təhsil işinin təşkilində rəqəmsal təhsil resurslarından istifadəyə yönəldilmişdir.

Tədqiqatda şagirdlərin mənəvi keyfiyyətlərini, ünsiyyət mədəniyyətini və sosial bacarıqlarını inkişaf etdirmək üçün müzakirələrdən, rol oyunlarından, iş tədqiqatlarından, layihəyə əsaslanan fəaliyyətlərdən, qrup qarşılıqlı əlaqəsindən və situasiya modelləşdirməsindən istifadənin potensialı araşdırılır. Bu texnologiyaların istifadəsi uşaqların və gənclərin mənəvi dilemmaların müzakirəsində, kollektiv qərarlar qəbul etməsində və öz hərəkətlərinin nəticələrinin təhlilində fəal iştirakına imkan verir. Təhsil məkanını genişləndirməyə və şagirdlərin motivasiyasını artırmağa kömək edən rəqəmsal platformaların, multimedia materiallarının və interaktiv tapşırıqların istifadəsi də vacibdir.

Nəzəri təhlilin nəticələri göstərir ki, müasir pedaqoji texnologiyaların effektivliyi innovativ metodların istifadəsi ilə deyil, onların təhsil məqsədləri, şagirdlərin yaş xüsusiyyətləri və konkret təhsil şərtləri ilə uyğunluğu ilə müəyyən edilir. Əsas amillərə müəllimin peşəkar səriştəsi, psixoloji cəhətdən təhlükəsiz mühitin yaradılması, fərdi fərqlərin nəzərə alınması və təhsil prosesində iştirakçılar arasında aktiv qarşılıqlı əlaqənin təmin edilməsi daxildir. Eyni zamanda, rəqəmsal texnologiyalar informasiya təhlükəsizliyi tələblərinə, etik standartlara və birbaşa şəxslərarası ünsiyyətin qorunması zərurətinə uyğun olaraq istifadə edilməlidir.

Təhsil fəaliyyətinin effektivliyini qiymətləndirmək üçün mənəvi anlayışların dinamikası, sosial fəaliyyət səviyyəsi, əməkdaşlıq bacarıqlarının inkişafı, özünütənzimləmə qabiliyyəti və məsuliyyətli davranışın təzahürü daxil olmaqla bir sıra meyar və göstəricilərdən istifadə etmək məsləhətdir. Pedaqoji müşahidə, refleksiv tapşırıqlar, anketlər və layihə əsaslı nəticələrin təhlili şagirdlərin təhsil nailiyyətlərini daha dolğun şəkildə anlamağa imkan verir.

Açar sözlər: təhsil prosesi, müasir pedaqoji texnologiyalar, innovativ təhsil metodları, şagird mərkəzli təlim

APPLİCATİON OF MODERN PEDAGOGİCAL TECHNOLOGİES İN STUDENTS DEVELOPMENT

EMİLYA Huseynova

Academician Hasan Aliyev Str.104, Azerbaijan State Pedagogical University, Department of General Pedagogy, Doctor of Philosophy in Pedagogy, Associate Professor

ORCİD: 0009-0003-4470-5440

Abstract

In the context of the transformation of modern education, improving the educational process through the implementation of modern pedagogical technologies has become particularly relevant. Changing social conditions, the development of the digital environment, and the emergence of new educational needs necessitate a reconsideration of traditional approaches to educational activities. Modern education is aimed not only at the assimilation of moral norms and social values, but also at the development of independence, social responsibility, critical thinking, emotional intelligence, and the ability to constructively interact.

The purpose of this study is to determine the pedagogical potential of modern educational technologies in the educational process, identify effective methods for their application, and substantiate conditions for improving the effectiveness of educational activities. Particular attention is paid to student-centered, activity-based, project-based, problem-based, and interactive approaches, as well as the use of digital educational resources in organizing educational work.

The study examines the potential of using discussions, role-playing games, case studies, project-based activities, group interaction, and situational modeling to develop students' moral qualities, communicative culture, and social competencies. The use of these technologies allows for the active participation of children and young people in discussing moral dilemmas, making collective decisions, and analyzing the consequences of their own actions. The use of digital platforms, multimedia materials, and interactive tasks, which help expand the educational space and increase student motivation, is also important.

The results of the theoretical analysis show that the effectiveness of modern pedagogical technologies is determined not so much by the use of innovative methods as by their alignment with educational goals, the age characteristics of students, and specific educational conditions. Essential factors include the professional competence of the teacher, the creation of a psychologically safe environment, consideration of individual differences, and ensuring active interaction among participants in the educational process.

To assess the effectiveness of educational activities, it is advisable to use a set of criteria and indicators, including the dynamics of moral concepts, the level of social activity, the development of cooperation skills, the ability to self-regulate, and the manifestation of responsible behavior. A combination of pedagogical observation, reflective assignments, questionnaires, and analysis of project-based results allows for a more complete understanding of students' educational achievements.

Keywords: educational process, modern pedagogical technologies, innovative educational methods, student-centered learning

AZƏRBAYCAN DİLİNDƏ ETNOQRAFİK LEKSİKANIN BİR QOLU KİMİ GEYİM ADLARI

Nəzrin Tahir qızı İsmayılova

ADPU, müəllim

BSU, doktorant

Əlaqə nömrəsi: 0704913132

Xülasə

Məqalədə Azərbaycan dilinin etnoqrafik leksikasının mühüm tematik qruplarından biri olan geyim adları linqvistik və linqvokulturoloji aspektlərdə araşdırılır. Geyim adları xalqın maddi mədəniyyətini, məişətini, estetik zövqünü, sosial münasibətlərini və tarixi-mədəni əlaqələrini əks etdirən leksik vahidlər kimi nəzərdən keçirilir. Tədqiqatın əsasını etnoqrafik leksika, məişət leksikası, geyim adlarının tematik təsnifatı, mənşə xüsusiyyətləri və onların ədəbi dil, dialekt və şivələrdə işlənməsi məsələləri təşkil edir. Materialların təhlili göstərir ki, geyim adları yalnız əşyanı adlandırmır, eyni zamanda xalqın həyat tərzi, təsərrüfat fəaliyyəti və mədəni yaddaşı haqqında məlumat daşıyır. Məqalədə türk mənşəli sözlərlə yanaşı, alınma vahidlərin də geyim leksikasının formalaşmasındakı rolu qeyd edilir. Etnoqrafik geyim adlarının toplanması, izahı və sistemləşdirilməsi tarixi leksikologiya, dialektologiya və lüğətçilik üçün əhəmiyyətli hesab olunur.

Açar sözlər: etnoqrafik leksika, geyim adları, məişət leksikası, Azərbaycan dili, milli mədəniyyət, dialekt və şivələr.

Özet

Bu makalede Azerbaycan Türkçesindeki etnografik söz varlığının önemli tematik gruplarından biri olan giyim adları dilbilimsel ve dil-kültürbilimsel açıdan ele alınmaktadır. Giyim adları, halkın maddi kültürünü, gündelik yaşamını, estetik anlayışını, sosyal ilişkilerini ve tarihî-kültürel temaslarını yansıtan söz varlığı unsurları olarak incelenmiştir. Çalışmanın odağında etnografik söz varlığı, gündelik yaşam söz varlığı, giyim adlarının tematik sınıflandırılması, köken özellikleri ve bu kelimelerin edebî dilde, ağızlarda ve yerel konuşma biçimlerinde kullanımı yer almaktadır. İnceleme, giyim adlarının yalnızca nesneleri adlandırmadığını; aynı zamanda halkın yaşam biçimi, üretim faaliyetleri ve kültürel belleği hakkında bilgi taşıdığını göstermektedir. Türkçe kökenli kelimelerin yanı sıra alıntı kelimelerin de giyim söz varlığının oluşumunda rol oynadığı belirtilmektedir. Etnografik giyim adlarının derlenmesi, açıklanması ve sistemli biçimde sınıflandırılması tarihî sözlükbilim, ağız araştırmaları ve sözlükçülük açısından önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: etnografik söz varlığı, giyim adları, gündelik yaşam söz varlığı, Azerbaycan Türkçesi, millî kültür, ağızlar.

Abstract

This article examines clothing terms as an important thematic group within the ethnographic vocabulary of Azerbaijani. The terms are discussed from linguistic and linguocultural perspectives, as lexical units that reflect material culture, everyday life, aesthetic preferences, social relations, and historical-cultural contacts. The study focuses on ethnographic vocabulary, household vocabulary, the thematic classification of clothing terms, their origins, and their use in the literary language, dialects, and local varieties. The analysis suggests that clothing terms do more than name objects: they also preserve information about ways of life, economic activities, and cultural memory. Alongside words of Turkic origin, borrowed items have also contributed to the development of clothing vocabulary. Collecting, explaining, and systematizing these terms is therefore relevant to historical lexicology, dialectology, and lexicography.

Keywords: ethnographic vocabulary, clothing terms, household vocabulary, Azerbaijani, national culture, dialects.

Giriş

Dil xalqın tarixi təcrübəsini, dünyagörüşünü və mədəni yaddaşını qoruyan əsas vasitələrdən biridir. Lüğət tərkibi cəmiyyətin həyatında baş verən dəyişiklikləri əks etdirdiyindən dilin ən dinamik qatlarından sayılır. Xalqın məişəti, təsərrüfat fəaliyyəti, mərasimləri və maddi mədəniyyəti ilə bağlı sözlər isə bu dinamikanın xüsusi bir hissəsini təşkil edir. Etnoqrafik leksika həmin sözlərin məcmusu kimi milli həyat tərzinin dil vasitəsilə öyrənilməsinə imkan yaradır.

Etnoqrafik leksikanı yalnız dialekt və şivələrdə işlənən sözlərlə məhdudlaşdırmaq düzgün olmaz. Bu qrupun vahidləri həm məhdud ərazilərdə, həm də ümumişlək ədəbi dildə işlənə bilər. Məsələn, köynək, sırğa, papaq, qolbaq və başmaq kimi sözlər konkret əşyaları bildirməklə yanaşı, xalqın geyim mədəniyyəti haqqında təsəvvür yaradır. Belə sözlərin bir qismi ümumişlək leksikaya daxil olmuş, bir qismi isə müəyyən tarixi dövr, bölgə və ya ənənə ilə bağlılığını qorumuşdur.

Bu məqalənin məqsədi Azərbaycan dilində geyim adlarını etnoqrafik leksikanın ayrıca tematik qrupu kimi nəzərdən keçirmək, onların mədəni məzmununu, təsnifat imkanlarını və mənşə baxımından müxtəlifliyini göstərməkdir. Tədqiqatda təsviri və struktur-semantik yanaşmalardan istifadə olunur; nümunələr geyim leksikasının ümumi xüsusiyyətlərini izah etmək üçün qruplaşdırılır.

Etnoqrafik leksika xalqın məişətini, maddi və mənəvi mədəniyyətini, adət-ənənələrini, mərasimlərini və təsərrüfat məşğuliyyətini əks etdirən leksik vahidləri əhatə edir. Bu vahidlər xalqın tarixi inkişafı ilə sıx bağlı olduğuna görə onların öyrənilməsi yalnız dilçilik üçün deyil, etnoqrafiya, tarix və mədəniyyətşünaslıq üçün də faktik material verir. Etnoqrafik sözlərin mənası bəzən sözün birbaşa leksik mənasından daha geniş olur: söz müəyyən əşyanın adını bildirməklə yanaşı, onun hazırlanma üsulu, istifadə şəraiti və cəmiyyətdəki funksiyası haqqında da məlumat daşıya bilər.

Etnoqrafik leksikanın əsas mənbələri folklor nümunələri, yazılı tarixi və bədii mətnlər, dialektoloji materiallar, lüğətlər, arxeoloji tapıntılar və etnoqrafik təsvirlərdir. Şifahi xalq yaradıcılığı xüsusilə əhəmiyyətlidir, çünki geyim və məişət əşyalarının adları atalar sözlərində, bayatılarda, nağıllarda və mərasim mətnlərində qorunub qala bilir. Dialekt və şivələr isə ədəbi dildə az işlənən, yaxud artıq arxaikləşmiş sözlərin qeydə alınmasına şərait yaradır.

Etnoqrafik vahidlərin tədqiqində sözün mənşəyini, semantik dəyişmələrini və işlənmə dairəsini bir-birindən ayırmaq vacibdir. Bəzi sözlər müasir dildə fəal işlənir; digərləri tarixi geyim növlərinin adı kimi əsasən yazılı mənbələrdə rast gəlinir. Bu baxımdan geyim adları həm sinxron, yəni müasir işlənmə, həm də diaxron, yəni tarixi inkişaf müstəvisində araşdırılmalıdır.

Geyim xalqın maddi mədəniyyətinin mühüm elementidir. Onun forması, materialı, tikilmə üsulu və bəzəkləri təbii-coğrafi şərait, təsərrüfatın inkişaf səviyyəsi, sosial münasibətlər və estetik təsəvvürlərlə bağlı olur. Buna görə geyim adları xalqın gündəlik həyatını və mədəni fərqləndirici xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün dəyərli dil materialıdır. Geyim leksikası tarixi-mədəni əlaqələri də əks etdirə bilər: xalqlar arasında ticarət, qonşuluq və mədəni təmaslar əşya adlarının bir dildən digərinə keçməsinə səbəb olmuşdur.

Geyim adlarının semantik məzmunu təkcə geyimin növünü göstərməklə məhdudlaşmır. Bəzi adlar geyimin bədən üzərində yerləşdiyi sahəni, bəziləri onun formasını və materialını, digərləri isə bəzək funksiyasını və istifadə məqsədini ifadə edir. Məsələn, köynək, don, tuman, çuxa və arxalıq geyim əşyalarını; sırğa və qolbaq isə bəzək əşyalarını bildirir. Bu sözlərin tematik qruplaşdırılması leksik sistemdəki semantik əlaqələri daha aydın göstərir.

Geyim adları sosial və mərasim kontekstində də məna qazana bilər. Müəyyən geyim növləri keçmişdə yaş, cins, ailə vəziyyəti, sosial mövqe və ya mərasimlə bağlı fərqləri ifadə etmişdir. Bu cür xüsusiyyətlər bütün sözlərin mənasında eyni dərəcədə görünməsə də, etnoqrafik mənbələr və tarixi mətnlərlə birlikdə araşdırıldıqda sözün mədəni fonunu üzə çıxarmaq mümkündür. Deməli, geyim leksikasının təhlilində dil faktları etnoqrafik məlumatlarla əlaqəli şəkildə nəzərdən keçirilməlidir.

Geyim adlarını bir neçə prinsip əsasında qruplaşdırmaq mümkündür. Ənənəvi etnoqrafik bölgüyə əsasən qadın geyimləri, kişi geyimləri və bəzək adları fərqləndirilə bilər. Bununla belə, bəzi geyim növlərinin müxtəlif dövrlərdə və bölgələrdə həm qadınlar, həm də kişilər tərəfindən istifadə edilməsi nəzərə alınmalıdır. Təsnifatın məqsədi sözləri sərt və dəyişməz kateqoriyalara ayırmaq deyil, onların əsas semantik əlaqələrini müəyyənləşdirməkdir.

Qadın geyimlərinə aid leksik vahidlər sırasında köynək, üst köynəyi, alt köynəyi, tuman, arxalıq, küləcə, don, ləbbadə, çəpkən, kürdü və çaxçur kimi adlar göstərilir. Bu vahidlərin bəziləri müasir dildə gündəlik işlənmə dairəsini qorusa da, digərləri daha çox tarixi geyim növlərini ifadə edir. Belə sözlərin izahında yalnız ümumi məna deyil, geyimin biçimi, materialı, istifadə məqsədi və regional xüsusiyyətləri də nəzərə alınmalıdır.

Kişi geyimləri və ümumi geyim adları qrupunda papaq, börk, çuxa, kürk, başmaq, çarıq, yapıncı, dolaq, kaftan və üst-baş kimi nümunələr yer alır. Bu sözlərin bir qismi xalqın ənənəvi həyat tərzi və təsərrüfat fəaliyyəti ilə sıx bağlıdır. Məsələn, çöl və təsərrüfat işlərində istifadə edilən geyimlərin adları iqlim şəraiti və əmək vərdişləri haqqında məlumat verə bilər. Tarixi geyim adlarının bir hissəsi müasir dildə arxaikləşsə də, folklor və yazılı mənbələrdə onların izləri qalır.

Bəzək adları geyim leksikası ilə yaxın əlaqədədir. Sırğa, tana, qolbaq və digər bəzək əşyalarının adları yalnız əşyanı deyil, həm də bəzən estetik zövqü, sənətkarlıq ənənələrini və mədəni ünsiyyətləri əks etdirir. Eyni məfhumun müxtəlif adlarla ifadə olunması da bu qrup üçün səciyyəvidir. Məsələn, sırğa//tana kimi paralellər leksik sinonimiyanın və regional fərqlərin öyrənilməsi baxımından əhəmiyyətlidir. Belə paralellər dialektoloji materialların ümumi lüğət tərkibi ilə müqayisəsini zəruri edir.

Azərbaycan dilinin geyim leksikasında türk mənşəli sözlər mühüm yer tutur. Papaq, don, dolaq, çuxa, köynək, başmaq, çarıq, kürk, tuman, yaylıq, arxalıq və yapıncı kimi vahidlər ənənəvi geyim mədəniyyətinin dil qatını təmsil edir. Bu sözlərin bir çoxu uzun müddət ərzində işlənərək ümumişlək leksikanın tərkib hissəsinə çevrilmişdir. Bəzi sözlər isə müəyyən geyim növünün gündəlik istifadədən çıxması ilə əlaqədar olaraq tarixi və ya məhdud işlənmə xüsusiyyəti qazanmışdır.

Geyim adlarının mənşəyini araşdırarkən alınma sözləri də nəzərə almaq lazımdır. Azərbaycan xalqının müxtəlif xalqlarla tarixi, iqtisadi və mədəni əlaqələri geyim və parça adlarının leksik tərkibinə təsir göstərmişdir. Alınma sözlərin mənşəyini müəyyənləşdirmək üçün onların fonetik forması, tarixi mənbələrdə qeydə alınması, başqa dillərdəki uyğunluqları və mənaca inkişafı müqayisəli şəkildə öyrənilməlidir. Təkcə sözün müasir səslənməsinə əsaslanaraq onun etimologiyası haqqında qəti nəticə çıxarmaq düzgün deyil.

Leksik-semantik baxımdan geyim adları arasında sinonimlik, çoxmənalılıq, məna daralması və arxaikləşmə kimi hadisələr müşahidə oluna bilər. Eyni və ya yaxın əşyanın müxtəlif bölgələrdə fərqli adlarla işlənməsi sinonim sıralar yaradır. Digər tərəfdən, geyim əşyasının özü gündəlik həyatdan çıxdıqda onun adı da passiv lüğət fonduna keçə bilər. Bununla belə, söz tarixi mətnlərdə və folklorda yaşamaqda davam edir. Bu səbəbdən köhnəlmiş geyim adlarını yalnız istifadədən çıxmış sözlər kimi deyil, mədəni tarixə dair məlumat saxlayan leksik vahidlər kimi də qiymətləndirmək lazımdır.

Geyim adlarının tədqiqi ədəbi dil, dialekt və şivə materiallarının qarşılıqlı müqayisəsini tələb edir. Ədəbi dildə işlənən sözün regional variantları fonetik, morfoloji və semantik baxımdan fərqlənə bilər. Bu fərqlərin qeydə

alınması vahidlərin yayılma arealını müəyyənləşdirməyə, sözlərin tarixi inkişafını izləməyə və lüğətlərin daha dolğun hazırlanmasına kömək edir.

Geyim adlarının sistemli öyrənilməsi üçün müxtəlif mənbələrdən toplanmış materiallar bir araya gətirilməlidir. İzahlı və ikidilli lüğətlər sözlərin ümumi mənasını və başqa dillərdəki qarşılıqlarını müəyyənləşdirməyə kömək edir. Dialektoloji lüğətlər regional variantları, folklor mətnləri isə sözlərin ənənəvi kontekstdə işlənməsini göstərir. Tarixi və bədii əsərlər geyim adlarının zaman içərisindəki semantik və üslubi xüsusiyyətlərini izləməyə imkan verir.

Müasir lüğətçilikdə etnoqrafik vahidlərin təqdimatı zamanı sözün izahı ilə yanaşı, onun işlənmə sahəsi, bölgəsi, tarixi statusu və mümkün variantları da göstərilməlidir. Tarixi geyim adları üçün qısa etnoqrafik şərh vermək xüsusilə faydalıdır. Belə yanaşma oxucuya yalnız sözün nəyi bildirdiyini deyil, həmin əşyanın mədəni mühitdəki yerini də anlamağa imkan yaradır. Elektron lüğətlər və rəqəmsal mətn bazaları isə sözün müxtəlif mənbələrdəki işlənmə nümunələrini bir araya toplamaq baxımından yeni imkanlar yaradır.

Geyim leksikasının tam toplanması milli mədəni irsin qorunması üçün də əhəmiyyətlidir. Yaşlı nəslin yaddaşında və ayrı-ayrı bölgələrin şivələrində qalan sözlər qeydə alınmadıqda onların işlənmə xüsusiyyətləri unudula bilər. Bu səbəbdən sahə araşdırmaları, şifahi müsahibələr və yazılı mənbələrin müqayisəsi bir-birini tamamlamalıdır. Toplanmış materialın mənşə, məna, istifadə sahəsi və regional yayılma üzrə sistemləşdirilməsi gələcək etnolinqvistik tədqiqatlar üçün etibarlı baza yarada bilər.

Nəticə

Azərbaycan dilinin etnoqrafik leksikasında geyim adları xalqın maddi mədəniyyətini, məişətini, estetik təsəvvürlərini və tarixi əlaqələrini əks etdirən mühüm tematik qrupdur. Bu sözlər əşya adlandırma funksiyası ilə yanaşı, xalqın həyat tərzi və mədəni yaddaşı haqqında da məlumat verir. Geyim leksikasının qadın geyimləri, kişi geyimləri və bəzək adları kimi qruplaşdırılması onun semantik strukturunu təsvir etməyə imkan yaradır; lakin bu bölgü tarixi və regional dəyişkənlik nəzərə alınmaqla tətbiq edilməlidir.

Təhlil göstərir ki, geyim adlarının öyrənilməsi mənşə, sinonimlik, məna dəyişməsi, arxaikləşmə və dialekt variantları kimi məsələlərlə sıx bağlıdır. Türk mənşəli sözlər bu leksik qatın mühüm hissəsini təşkil edir, alınma vahidlər isə tarixi-mədəni təmasların nəticələrini əks etdirir. Gələcək tədqiqatlarda geyim adlarının bölgələr üzrə toplanması, tarixi mətnlərlə müqayisəsi və elektron lüğətlərdə sistemli təqdimatı məqsədəuyğun istiqamətlər hesab edilə bilər.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan dilinin leksikologiyası və etnoqrafik leksikası üzrə təqdim edilmiş tədqiqat materialı. “Leksikologiyanın yeni tipləri. Sahə leksikası”. Bakı, 2026. (İşçi material; tam biblioqrafik məlumatlar təqdim edilməyib.)

2. Cəfərov, S. Azərbaycan dilində söz qrupları və peşə-sənət leksikası ilə bağlı tədqiqatlar. (Mənbə materialında əsərin tam nəşr məlumatı göstərilməyib.)

3. Məmmədova, B. R. Azərbaycan dilində geyim adları və etnoqrafizmlər üzrə tədqiqat. (Mənbə materialında tam biblioqrafik məlumat göstərilməyib.)

4. Zeynalov, M. Ə. Azərbaycan dilinin Naxçıvan dialekt və şivələrində məişət leksikası. (Mənbə materialında tam nəşr məlumatı göstərilməyib.)

MÜSTƏQİL AZƏRBAYCANDA MÜƏLLİM YETİŞDİRMƏ SİSTEMİNİN İNKİŞAFI

ÜLVİYYƏ NAĞIYEVA

Pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, müəllim

Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu, Azərbaycan

Anahtar kelimeler: Azerbaycan, bağımsızlık, öğretmen yetiştirme, öğretmen yetiştirme sistemi, pedagojik eğitim, yükseköğretim, öğretmen, eğitim reformları, mesleki gelişim.

Keywords: Azerbaijan, independence, teacher education, teacher education system, pedagogical education, higher education, teacher, education reforms, professional development.

Azərbaycan Respublikasının dövlət müstəqilliyini yenidən bərpa etməsi ölkənin ictimai-siyasi, iqtisadi və mədəni həyatında olduğu kimi, təhsil sistemində də yeni inkişaf mərhələsinin başlanmasına səbəb olmuşdur. 1991-ci ildən etibarən Azərbaycan qarşısında duran mühüm vəzifələrdən biri milli dövlətçilik prinsiplərinə əsaslanan, ölkənin sosial-iqtisadi və mədəni inkişaf tələblərinə cavab verən müstəqil təhsil sisteminin formalaşdırılması olmuşdur. Bu baxımdan müəllim hazırlığı məsələsi xüsusi əhəmiyyət kəsb etmişdir. Çünki təhsil sistemində həyata keçirilən hər bir islahatın səmərəliliyi, ilk növbədə, həmin islahatları həyata keçirəcək müəllimin peşəkarlığından, dünyagörüşündən və pedaqoji kompetensiyalarından asılıdır. Müstəqillikdən sonra milli təhsil sisteminin formalaşdırılması, onun məzmununun yenilənməsi və müasir tələblərə uyğunlaşdırılması dövlət siyasətinin əsas istiqamətlərindən birinə çevrilmişdir. Əvvəlki dövrdə əsasən vahid ideoloji və mərkəzləşdirilmiş prinsiplər üzərində qurulan müəllim hazırlığının məzmununda müstəqil Azərbaycanın dövlətçilik ideologiyasına, milli-mənəvi dəyərlərinə, Azərbaycan tarixinin, dilinin və mədəniyyətinin öyrənilməsinə daha geniş yer verilməyə başlanılmışdır. Beləliklə, müəllim yetişdirmə sistemi yalnız müəyyən fənlər üzrə biliklərin mənimsədilməsi ilə məhdudlaşmayan, milli təfəkkürə, pedaqoji düşüncəyə və peşə məsuliyyətinə malik müəllim şəxsiyyətinin formalaşdırılmasına yönəlmişdir.

Müəllim hazırlığının inkişafı müstəqillik dövründə birbaşa olaraq ölkədə aparılan ümumi təhsil islahatları ilə əlaqələndirilmişdir. Təhsilin məzmununun yenilənməsi, yeni təlim texnologiyalarının tətbiqi, kompetensiyaya əsaslanan yanaşmanın gücləndirilməsi, müəllimlərin peşəkar inkişafının dəstəklənməsi və təhsilin keyfiyyətinin yüksəldilməsi müəllim yetişdirmə sisteminin qarşısında yeni vəzifələr yaratmışdır. Bu baxımdan müstəqil Azərbaycanda müəllim yetişdirmə sisteminin inkişafını yalnız ali pedaqoji təhsil müəssisələrinin fəaliyyəti ilə məhdudlaşdırmaq mümkün deyildir. Bu inkişaf prosesi müəllimlərin ali təhsil müəssisələrində hazırlanması ilə yanaşı, onların pedaqoji təcrübəsi, işə qəbulu, peşəkar inkişafı, ixtisasartırması, sertifikatlaşdırılması və müasir texnologiyalardan istifadə bacarıqlarının formalaşdırılması kimi bir-biri ilə əlaqəli istiqamətləri əhatə edir.

Azərbaycanın dövlət müstəqilliyini bərpa etməsi ilə bütün sahələrdə olduğu kimi, təhsil sistemində də yeni ideoloji və məzmun dəyişikliklərinə ehtiyac yaranmışdır. Təhsil artıq yalnız bilik və bacarıqların ötürülməsi vasitəsi kimi deyil, milli dövlətçiliyin möhkəmləndirilməsi, vətəndaş şəxsiyyətinin formalaşdırılması və cəmiyyətin intellektual potensialının inkişaf etdirilməsi vasitəsi kimi nəzərdən keçirilməyə başlanmışdır. Bu mərhələdə müəllim hazırlığının qarşısında mühüm vəzifələrdən biri sovet təhsil sisteminin mərkəzləşdirilmiş və ideoloji xarakter daşıyan elementlərindən uzaqlaşaraq milli təhsil modelinə keçidin təmin edilməsi idi. Müəllimdən yalnız tədris etdiyi fənni bilməsi deyil, həm də müstəqil Azərbaycanın milli maraqlarını, dövlətçilik dəyərlərini və milli-mənəvi irsini şagirdlərə çatdırması tələb olunmağa başladı. Müəllim şəxsiyyətinə münasibətdə də müəyyən dəyişikliklər baş verdi. Əvvəlki dövrdə müəllim daha çox təlim prosesinin əsas və dominant subyekti kimi çıxış edirdisə, müstəqillik dövründə onun şagirdin şəxsiyyətinə, fərdi xüsusiyyətlərinə və inkişaf imkanlarına həssas yanaşması ön plana keçdi. Bununla yanaşı, təhsil prosesində demokratik münasibətlərin, əməkdaşlığın, qarşılıqlı hörmətin və şəxsiyyətyönümlü yanaşmanın əhəmiyyəti artdı. Bu mərhələni müəllim yetişdirmə sisteminin yenidən qurulmasının ilkin mərhələsi kimi qiymətləndirmək

mümkündür. Çünki sonrakı illərdə həyata keçirilən təhsil islahatlarının əsas istiqamətləri məhz bu dövrdə formalaşan milli təhsil düşüncəsi üzərində inkişaf etdirilmişdir.

Müstəqil Azərbaycanın təhsil siyasətində müəllim hazırlığının inkişafına təsir edən mühüm amillərdən biri ali təhsil sistemində aparılan islahatlar olmuşdur. Ali pedaqoji təhsilin məzmununun yenilənməsi, təhsil proqramlarının müasir tələblərə uyğunlaşdırılması, yeni təlim texnologiyalarının tətbiqi və tələbəyönümlü yanaşmanın gücləndirilməsi gələcək müəllimlərin peşə hazırlığının keyfiyyətinə təsir göstərmişdir. Müəllim hazırlığı proqramlarında pedaqogika, psixologiya, metodika və ixtisas fənləri ilə yanaşı, müasir təlim strategiyalarının, qiymətləndirmə mexanizmlərinin, kommunikasiya bacarıqlarının və informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının öyrədilməsi daha əhəmiyyətli mövqeyə keçmişdir. Bu dəyişikliklərin əsas məqsədi gələcək müəllimi yalnız nəzəri biliklərlə təmin etmək deyil, onun real pedaqoji fəaliyyətə hazırlanması olmuşdur. Müasir müəllim dərsi planlaşdırmağı, təlim məqsədlərini düzgün müəyyənləşdirməyi, şagirdlərin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almağı, müxtəlif təlim üsullarından istifadə etməyi, nəticələri qiymətləndirməyi və pedaqoji problemləri həll etməyi bacarmalıdır.

2013-cü ildə təsdiq edilmiş “Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası” bu istiqamətdə mühüm dönüş nöqtələrindən biri olmuşdur. Strategiyada səriştəli təhsilverənlərin hazırlanması, müəllim peşəsinin nüfuzunun artırılması, müəllimlərin karyera inkişafının stimullaşdırılması və müəllim hazırlığında yeni modellərin tətbiqi strateji istiqamətlər kimi müəyyən edilmişdir. Beləliklə, müəllim hazırlığında “nəyi bilmək?” sualı ilə yanaşı, “bildiyini necə tətbiq etmək?”, “şagirdin inkişafına necə təsir göstərmək?” və “dəyişən təhsil mühitinə necə uyğunlaşmaq?” sualları da mühüm əhəmiyyət qazanmışdır. Müasir təhsil sistemində müəllim hazırlığının keyfiyyətini müəyyən edən əsas göstəricilərdən biri peşə kompetensiyalarının formalaşdırılmasıdır. Kompetensiya yalnız müəyyən biliklər toplusunu deyil, həmin biliklərin real pedaqoji situasiyalarda tətbiq edilməsini də nəzərdə tutur. Müəllimin peşə kompetensiyalarına fənn üzrə biliklərlə yanaşı, pedaqoji, metodik, kommunikativ, rəqəmsal, sosial və təşkilati bacarıqlar da daxildir. Müəllim şagirdin yalnız akademik nəticələrini deyil, onun sosial, emosional və yaradıcı inkişafını da nəzərə almalıdır.

2013-cü il Dövlət Strategiyasında səriştəyə əsaslanan şəxsiyyətyönümlü təhsil məzmununun yaradılması ilə yanaşı, səriştəli müəllim və təhsil menecerlərinin hazırlanması əsas strateji hədəflərdən biri kimi müəyyən edilmişdir. Bu yanaşma müəllim hazırlığının məzmununa da təsir göstərmişdir. Artıq gələcək müəllimin hazırlığı yalnız auditoriyada keçirilən nəzəri dərslərlə məhdudlaşdırılmamalı, real məktəb mühiti ilə əlaqələndirilməlidir.

Müəllim yetişdirmə sisteminin ən mühüm istiqamətlərindən biri pedaqoji təcrübədir. Pedaqoji təcrübə ali pedaqoji təhsil müəssisəsində əldə olunan nəzəri biliklərin real məktəb mühitində tətbiq edilməsinə imkan yaradır. Gələcək müəllim üçün məktəb mühiti yalnız biliklərin tətbiq olunduğu məkan deyil, həm də peşə şəxsiyyətinin formalaşdığı mühüm sosial-pedaqoji mühitdir. Tələbə pedaqoji təcrübə zamanı müəllimin gündəlik fəaliyyətini müşahidə edir, dərs planlaşdırır, dərs prosesində iştirak edir, şagirdlərlə ünsiyyət qurur, sinfin idarə olunması yollarını öyrənir və müxtəlif pedaqoji situasiyalarla qarşılaşır. Bu baxımdan pedaqoji təcrübənin formal xarakter daşımaması xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Təcrübə dövründə tələbə müəllimə yalnız müşahidəçi kimi deyil, mərhələli şəkildə pedaqoji fəaliyyətin iştirakçısı kimi cəlb edilməlidir. Pedaqoji təcrübənin keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün ali təhsil müəssisələri ilə ümumi təhsil məktəbləri arasında əməkdaşlığın gücləndirilməsi, təcrübə rəhbərlərinin fəaliyyətinin təkmilləşdirilməsi, tələbələrin fəaliyyətinə müntəzəm geribildirimin verilməsi və özünüqiymətləndirmə mexanizmlərinin tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu yanaşma gələcək müəllimin “nəzəriyyədən praktikaya” keçidini asanlaşdırır və onun peşə fəaliyyətinə daha hazırlıqlı başlamasına şərait yaradır.

Müəllim yetişdirmə sisteminin inkişafı yalnız gələcək müəllimlərin hazırlanması ilə başa çatmır. Müəllimin peşə fəaliyyətinə başladıqdan sonra davamlı inkişafının təmin olunması da müəllim siyasətinin mühüm komponentidir. Bu baxımdan son illərdə müəllimlərin peşəkar inkişafına, fəaliyyətlərinin qiymətləndirilməsinə

və müəllim peşəsinin nüfuzunun yüksəldilməsinə yönəlmiş tədbirlər həyata keçirilmişdir. Dövlət Strategiyasında müəllim peşəsinin nüfuzunun artırılması, karyera inkişafının və fəaliyyətin stimullaşdırılması üçün yeni sistemlərin yaradılması ayrıca istiqamət kimi müəyyən edilmişdir. Müəllimlərin bilik və bacarıqlarının diaqnostik qiymətləndirilməsi də bu prosesin mühüm elementlərindən biri olmuşdur. 2018-ci ildə ümumi təhsil müəssisələrində çalışan müəllimlərin 150 mindən çoxunun diaqnostik qiymətləndirilmədən keçirilməsi və bunun nəticəsində müəllimlərin əməkhaqlarında artımların həyata keçirilməsi müəllim peşəsinə münasibətin və peşəkar motivasiyanın gücləndirilməsi istiqamətində atılan mühüm addımlardan biri kimi qiymətləndirilə bilər. Digər tərəfdən, ixtisasartırma və peşəkar inkişaf imkanlarının genişləndirilməsi müəllimin daim öyrənən mütəxəssis kimi formalaşmasını şərtləndirmişdir. Müəllim artıq ali məktəbi bitirdikdən sonra öyrənmə prosesini başa çatdıran mütəxəssis deyil. Əksinə, dəyişən təhsil mühitində onun daim yeni bilik və bacarıqlar əldə etməsi zəruridir.

Müstəqil Azərbaycanda müəllim yetişdirmə sisteminin inkişafını müəllimlərin işə qəbulu və fəaliyyətlərinin qiymətləndirilməsi mexanizmlərindən ayrı təsəvvür etmək mümkün deyildir. Müəllimlərin işə qəbulu üzrə müsabiqə mexanizminin tətbiqi pedaqoji kadrlara seçim prosesində müəyyən standartların formalaşmasına xidmət etmişdir. Müəllim namizədlərinin ixtisas bilikləri ilə yanaşı, təlim strategiyaları və metodika üzrə biliklərinin də qiymətləndirilməsi müəllimlik fəaliyyətinin yalnız fənn biliklərindən ibarət olmadığını göstərir. Müəllimlərin peşəkar fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi istiqamətində digər mühüm mexanizm sertifikatlaşdırmadır. "Təhsil haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanununda sertifikatlaşdırma dövlət ümumi təhsil müəssisələrində pedaqoji və idarəetmə fəaliyyəti ilə məşğul olan təhsilverənlərin peşəkarlıq səviyyəsinin və peşə yararlılığının yoxlanılması proseduru kimi müəyyən edilmişdir. Qanunvericiliyə əsasən, dövlət ümumi təhsil müəssisələrində çalışan təhsilverənlərin müəyyən edilmiş qaydada beş ildə bir dəfə sertifikatlaşdırmadan keçməsi nəzərdə tutulur.

Sertifikatlaşdırma prosesinin ilk dəfə 2022-ci ildə keçirilməsi müəllimlərin peşəkarlığının sistemli şəkildə qiymətləndirilməsi baxımından yeni mərhələ yaratmışdır. Elm və Təhsil Nazirliyinin məlumatına əsasən, ilk mərhələdə ibtidai sinif müəllimləri prosesə cəlb edilmiş və 11 211 müəllim iştirak etmişdir. 2026-cı ildə isə sertifikatlaşdırma prosesinin əhatə dairəsinin genişlənərək müxtəlif fənn müəllimlərini əhatə etməsi bu mexanizmin müəllimlərin peşəkar inkişafı siyasətində davamlı xarakter aldığını göstərir. Sertifikatlaşdırmaya yalnız qiymətləndirmə mexanizmi kimi yanaşmaq düzgün olmazdı. Onun əsas məqsədlərindən biri müəllimlərin peşəkar inkişafına stimul yaratmaq, müəllimin öz bilik və bacarıqlarını daim yeniləməsini təşviq etmək və təhsilin keyfiyyətinə təsir edən insan resurslarının inkişafını təmin etməkdir. XXI əsrdə təhsil sisteminin inkişafını rəqəmsal texnologiyalarsız təsəvvür etmək mümkün deyildir. İnformasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tədris prosesinə daxil olması müəllim qarşısında yeni tələblər yaratmışdır. Müasir müəllim rəqəmsal resurslardan istifadə etməyi, elektron tədris materialları hazırlamağı, müxtəlif onlayn platformalardan faydalanmağı və rəqəmsal mühitdə şagirdlərlə effektiv ünsiyyət qurmağı bacarmalıdır. Bu baxımdan gələcək müəllimlərin hazırlanması prosesində rəqəmsal kompetensiyaların formalaşdırılması ali pedaqoji təhsilin mühüm istiqamətlərindən biri olmalıdır. Rəqəmsal texnologiya müəllimi əvəz edən vasitə kimi deyil, müəllimin pedaqoji fəaliyyətinin imkanlarını genişləndirən alət kimi qiymətləndirilməlidir.

Son illərdə süni intellekt texnologiyalarının sürətli inkişafı isə müəllim hazırlığına yeni məzmun gətirmişdir. Süni intellektdən tədris materiallarının hazırlanması, fərdiləşdirilmiş öyrənmə imkanlarının yaradılması, qiymətləndirmə prosesinin dəstəklənməsi və müxtəlif pedaqoji resursların hazırlanmasında istifadə etmək mümkündür. Lakin gələcək müəllim yalnız süni intellekt alətlərindən istifadə etməyi deyil, həm də onların imkanlarını və məhdudiyyətlərini qiymətləndirməyi bacarmalıdır. Burada informasiya savadlılığı, rəqəmsal etika, müəlliflik hüququ, məlumatların düzgünlüyünün yoxlanılması və akademik dürüstlük kimi məsələlər xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu səbəbdən gələcəyin müəllim hazırlığında "rəqəmsal müəllim" modeli ilə yanaşı, "rəqəmsal və pedaqoji düşüncəni birləşdirən müəllim" modelinin formalaşdırılması daha məqsədəuyğundur. Müstəqil Azərbaycanda müəllim yetişdirmə sisteminin inkişafının əsas nəticələrindən biri müəllim haqqında təsəvvürlərin

dəyişməsidir. Müasir müəllim yalnız bilik ötürən şəxs deyil, həm də öyrənmə prosesinin təşkilatçısı, fasilitator, mentor, tədqiqatçı və şagird inkişafının istiqamətləndiricisidir. Müasir müəllim ixtisasını və pedaqoji elmi yaxşı bilməli, şagirdlərin fərdi və yaş xüsusiyyətlərini nəzərə almalı, müasir təlim strategiyalarından istifadə etməli, tənqidi və yaradıcı düşünməni inkişaf etdirməli, rəqəmsal texnologiyalardan səmərəli istifadə etməli, şagirdlərlə sağlam kommunikasiya qurmalı, pedaqoji problemləri təhlil etməyi bacarmalı, öz fəaliyyətini qiymətləndirməli, daim yeni biliklər əldə etməyə hazır olmalı və milli və ümumbəşəri dəyərləri pedaqoji fəaliyyətində uzlaşdırmalıdır. Bu xüsusiyyətlər göstərir ki, müəllim hazırlığı artıq "ixtisas öyrətmək" çərçivəsindən çıxaraq şəxsiyyət və peşəkar formalaşdırılması prosesinə çevrilmişdir.

Müstəqillik dövründə müəllim hazırlığı sahəsində mühüm dəyişikliklər həyata keçirilsə də, sistemin qarşısında bir sıra yeni vəzifələr qalmaqdadır. Əvvəla, ali pedaqoji təhsil ilə məktəb təcrübəsi arasındakı əlaqənin daha da gücləndirilməsi zəruridir. Gələcək müəllim universitetdə öyrəndiyi nəzəri biliklərin məktəb mühitində necə tətbiq edildiyini daha erkən mərhələdən müşahidə etməlidir. İkincisi, müəllim hazırlığında praktik bacarıqların payı artırılmalıdır. Tələbə müəllimin yalnız "nəyi bilməsi" deyil, "nəyi necə etməsi" də qiymətləndirilməlidir. Üçüncüsü, müəllim hazırlığı proqramları rəqəmsal transformasiyanın yaratdığı yeni tələblərə uyğunlaşdırılmalıdır. Süni intellekt, rəqəmsal pedaqogika, məlumat savadlılığı və texnologiyadan etik istifadə kimi məsələlər gələcək müəllimlərin peşə hazırlığının tərkib hissəsinə çevrilməlidir. Dördüncüsü, müəllimlərin peşəkar inkişafı yalnız formal ixtisasartırma kursları ilə məhdudlaşmamalıdır. Məktəbdaxili əməkdaşlıq, mentorluq, peşəkar öyrənmə icmaları, müəllimlərarası təcrübə mübadiləsi və fəaliyyət tədqiqatları da müəllim inkişafının mühüm mexanizmləri kimi tətbiq edilməlidir. Beşincisi, müəllim hazırlığında tədqiqatçı müəllim modelinin formalaşdırılması vacibdir. Müasir müəllim öz fəaliyyətində qarşılaşdığı problemi yalnız təcrübə və intuisiya əsasında deyil, pedaqoji tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq həll etməyi bacarmalıdır.

Beləliklə, müstəqil Azərbaycanda müəllim yetişdirmə sisteminin inkişafı ölkənin ümumi təhsil siyasətinin mühüm istiqamətlərindən biri kimi formalaşmışdır. Müstəqilliyin ilk illərində milli təhsil sisteminin əsaslarının yaradılması və müəllim hazırlığının milli dəyərlər əsasında yenidən qurulması ilə başlayan proses sonrakı mərhələlərdə ali pedaqoji təhsilin məzmununun yenilənməsi, kompetensiya əsaslı yanaşmanın tətbiqi, pedaqoji təcrübənin inkişafı, müəllimlərin peşəkar inkişafının dəstəklənməsi, işə qəbul və sertifikatlaşdırma mexanizmlərinin təkmilləşdirilməsi ilə davam etmişdir. Bu inkişafın əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, müəllim anlayışı da zamanla dəyişmişdir. Müəllim artıq yalnız bilik ötürən şəxs deyil, şagirdin şəxsiyyət və bacarıqlarının inkişafına istiqamət verən, təlim mühitini formalaşdıran, texnologiyalardan istifadə edən və daim öz üzərində çalışan peşəkardır. Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyasında səriştəli təhsilverənlərin hazırlanmasının strateji hədəf kimi müəyyənləşdirilməsi də bu istiqamətin dövlət təhsil siyasətindəki əhəmiyyətini göstərir. Müasir mərhələdə müəllim yetişdirmə sisteminin qarşısında daha mürəkkəb vəzifələr dayanır. Rəqəmsal transformasiya, süni intellekt, dəyişən əmək bazarı, yeni nəsil şagirdlərin xüsusiyyətləri və qlobal təhsil tendensiyaları müəllim hazırlığının məzmununun daim yenilənməsini tələb edir. Bu baxımdan müstəqil Azərbaycanda müəllim yetişdirmə sisteminin gələcək inkişafı milli dəyərlərlə qlobal təhsil tendensiyalarının, nəzəri hazırlıqla praktik təcrübənin, pedaqoji ənənələrlə rəqəmsal innovasiyaların və müəllimlik peşəsi ilə davamlı öyrənmə mədəniyyətinin vəhdətinə əsaslanmalıdır.

Nəticə etibarilə, müstəqil Azərbaycanın gələcəyinin qurulmasında müəllim hazırlığının strateji əhəmiyyəti yalnız təhsil sistemi daxilində deyil, bütövlükdə cəmiyyətin inkişafında özünü göstərir. Çünki keyfiyyətli təhsil, ilk növbədə, keyfiyyətli müəllimdən başlayır. Buna görə də gələcəyin müəllimini hazırlamaq əslində gələcəyin Azərbaycan vətəndaşını və insan kapitalını formalaşdırmaq deməkdir.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, Ə. (2019). Pedaqogika. Bakı: Təhsil Nəşriyyatı, s. 25–40.

2. Qasımov, H. (2012). Təhsil psixologiyasına giriş. Bakı: Elm və Təhsil Nəşriyyatı, s. 35–50.

3. Həsənov, A. (2018). Pedaqogika. Bakı: Maarif, s. 20–35.

4.Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi. (2026). Təhsilverənlərin sertifikatlaşdırılması. Bakı, s. 3–10.

5.Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi. (2026). Təhsilverənlərin sertifikatlaşdırılması prosesi ilə bağlı məlumat. Bakı, s. 2–6.

6. Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi. (2026). Təhsilin inkişaf strategiyası: nailiyyətlər və əsas hədəflər. Bakı, s. 8–15.

7. Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi. (2026). Ümumi təhsil sahəsində prioritet fəaliyyət istiqamətləri. Bakı, s. 4–10.

8. Azərbaycan Respublikasının Konstitusiyası. (2022). Bakı: Hüquq Yayın Evi, s. 15–18.

9. Azərbaycan Respublikasının "Təhsil haqqında" Qanunu. (2009). Bakı, s. 1–12.

10.Azərbaycan Respublikasında təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Strategiyası. (2013). Bakı, s. 5–18

BAĞIMSIZ AZERBAYCANDA ÖĞRETMEN YETİŞTİRME SİSTEMİNİN GELİŞİMİ

ÜLVİYYA NAĞIYEVA

Pedagoji Bilimler Doktoru, Öğretim Görevlisi

Nahçıvan Öğretmenler Enstitüsü, Azerbaycan

Özet: Azerbaycan Cumhuriyeti'nin devlet bağımsızlığını yeniden kazanması, eğitim sisteminde, özellikle öğretmen yetiştirme alanında yeni bir gelişim döneminin başlamasına neden olmuştur. Bağımsızlığın ilk yıllarından itibaren milli devletçilik ilkelerine, milli-manevi değerlere, Azerbaycan tarihinin, dilinin ve kültürünün öğrenilmesine dayanan bağımsız bir eğitim modelinin oluşturulması önemli görevlerden biri olarak belirlenmiştir. Bu süreç, öğretmen yetiştirmenin içeriğini de etkileyerek öğretmenin yalnızca alan bilgisine değil, milli düşünceye, pedagojik düşünceye ve mesleki sorumluluğa sahip bir birey olarak yetiştirilmesini gerekli kılmıştır.

Bağımsız Azerbaycan'da öğretmen yetiştirme sisteminin gelişimi; eğitim reformları, yükseköğretimde pedagojik eğitimin içeriğinin yenilenmesi, yeterlik temelli yaklaşımın uygulanması, çağdaş öğretim teknolojilerinin kullanılması ve öğrenci merkezli eğitimin güçlendirilmesi ile birlikte gerçekleşmiştir. 2013 yılında onaylanan "Azerbaycan Cumhuriyeti'nde Eğitimin Geliştirilmesine İlişkin Devlet Stratejisi", yetkin eğitimcilerin yetiştirilmesini, öğretmenlik mesleğinin saygınlığının artırılmasını ve mesleki gelişimin desteklenmesini stratejik bir yön olarak belirlemiştir.

Öğretmen yetiştirmede pedagojik uygulama özel bir öneme sahiptir. Uygulama, geleceğin öğretmeninin teorik bilgilerini gerçek okul ortamında uygulamasına, ders planlamasına, öğrencilerle iletişim kurmasına ve pedagojik durumları yönetmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda öğretmenlerin işe alımı, tanılayıcı değerlendirilmesi, hizmet içi eğitimi ve sertifikasyonu, onların mesleki yeterliklerinin geliştirilmesine hizmet eden önemli mekanizmalar olarak oluşturulmuştur.

Günümüzde dijital teknolojiler ve yapay zekâ, öğretmen yetiştirmeye yeni gereklilikler getirmiştir. Geleceğin öğretmeni, dijital kaynaklardan ve yapay zekâ araçlarından yararlanmanın yanı sıra bunların olanaklarını ve sınırlılıklarını, dijital etik kurallarını, akademik dürüstlük ilkelerini ve bilgilerin doğruluğunu değerlendirebilme becerisine sahip olmalıdır.

Sonuç olarak, bağımsız Azerbaycan'da öğretmen yetiştirme sistemi "uzmanlık kazandırma" çerçevesini aşarak bireyin ve meslek profesyonelinin yetiştirilmesi yönünde gelişmiştir. Gelecekteki gelişim; milli değerlerle küresel eğitim eğilimlerinin, teorik hazırlıkla uygulamalı deneyimin ve pedagojik geleneklerle dijital yeniliklerin bütünleştirilmesine dayanmalıdır. Çünkü kaliteli eğitim, her şeyden önce kaliteli öğretmenle başlar.

DEVELOPMENT OF THE TEACHER TRAINING SYSTEM IN INDEPENDENT AZERBAIJAN

ULVIYYA NAGHIYEVA

Doctor of philosophy in pedagogy, teacher

Nakhchivan Institute of Teachers, Azerbaijan

ulviyyenagiyeva921@gmail.com

Orcid id: 0000-0001-9962-5913

Abstract: The restoration of state independence by the Republic of Azerbaijan marked the beginning of a new stage of development in the education system, particularly in teacher education. From the early years of independence, the establishment of an independent education model based on the principles of national statehood, national and moral values, and the study of Azerbaijan's history, language, and culture was identified as one of the key priorities. This process also influenced the content of teacher education, making it necessary to prepare teachers not only with subject-specific knowledge but also as individuals possessing national consciousness, pedagogical thinking, and professional responsibility.

The development of the teacher education system in independent Azerbaijan has been accompanied by education reforms, the renewal of the content of pedagogical education in higher education, the implementation of a competency-based approach, the use of modern teaching technologies, and the strengthening of student-centered education. The "State Strategy for the Development of Education in the Republic of Azerbaijan," approved in 2013, identified the preparation of competent educators, enhancement of the prestige of the teaching profession, and support for professional development as strategic priorities.

Pedagogical practice has particular importance in teacher education. It enables future teachers to apply their theoretical knowledge in a real school environment, plan lessons, communicate with students, and manage pedagogical situations. At the same time, teacher recruitment, diagnostic assessment, in-service training, and certification have been established as important mechanisms contributing to the improvement of teachers' professional competence.

Today, digital technologies and artificial intelligence have introduced new requirements for teacher education. In addition to using digital resources and artificial intelligence tools, future teachers should be able to evaluate their opportunities and limitations, understand digital ethical principles, uphold academic integrity, and assess the accuracy and reliability of information.

In conclusion, the teacher education system in independent Azerbaijan has moved beyond the framework of simply "providing professional qualifications" toward the comprehensive development of individuals and professional educators. Future development should be based on the integration of national values with global educational trends, theoretical preparation with practical experience, and pedagogical traditions with digital innovations. Because quality education begins, first and foremost, with a quality teacher.

GƏLƏCƏK ƏDƏBİ NALİYYƏTLƏRƏ QAPI AÇAN “UŞAQ BAXÇASI” VƏ “BƏSİRƏTÜL-ƏTFAL” DƏRSLİKLƏRİ

Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Edebiyat öğretim teknolojisi bölümü

(ahmadovaa708@gmail.com) **ORCID: 0000-0002-2464-2513**

Özet

Yaratıcılık yolunu ağırlıklı olarak çocuk edebiyatı, dramaturji ve edebi çeviri alanlarında seçen Efendiyev, okulların ulusal düzeyde hazırlanmış ders kitaplarına ve çocuk sağlığına yönelik edebiyata olan ihtiyacını karşılamak amacıyla, pedagojik faaliyetinin ilk yıllarında özgün eserler ve çevirilerden oluşan ders kitapları yayımladı. Hazırladığı "Anaokulu" ve "Başabaş-Atfal" adlı iki ders kitabı, gelecekteki edebi başarılarının kapısını araladı. Eğitim alanındaki bu yetenekli başarısı, Azerbaycanlı okuyucularla birlikte Kafkasya'da Türk halklarının yaşadığı diğer bölgelerdeki okullarda da öğretildi. "Başabaş-Atfal" öğretmenler için metodolojik bir araç olmasına rağmen, yaşam, günlük yaşam, dil, edebiyat, tarım, doğa, coğrafya vb. konuları bir bütün olarak ele alarak ansiklopedik bilgiler sunmuştur. Geniş bir yaratıcılık yelpazesine sahip olan öğretmen Raşid Bey Efendiyev, iki bölümden oluşan “Muhtasar Şeriat” (1910) adlı ders kitabının da yazarıdır.

“Basiratul-etfal” (1901) adlı kitap üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm kısa öykülerden, şiir ve düzyazı eserlerinden oluşmaktadır. Kitabın “Azerbaycan Edebiyatından Örnekler” adlı ikinci bölümü, edebiyat hakkında birçok bilgi içermektedir. Kitabın en güzel özelliklerinden biri, çocuklara mektup, tebrik, davetiye, taziye gibi düzyazı ve şiir yazım kuralları hakkında örnekler, açıklamalar ve yorumlar sunmasıdır. Ders kitabının üçüncü bölümü ise Müslüman çocukların eğitim ve yetiştirilmesinde en önemli sayılan dini kuralları ele almaktadır. Yazar, “Her insanın yaratıcısını tanıması farzdır,” diye yazıyor, “İnsanlar her yerde mevcuttur ve her şeyi gözlemlerler” ve insanın her hareketini görürler. Bu nedenle, bir kişi çocukluk döneminde "İslam dinini" mükemmel bir şekilde bilmelidir. Kitap ayrıca Azerbaycan edebiyatının bazı klasik eserlerinden örnekler de sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: ders kitabı, günlük yaşam, şiir türü, şiir ve düzyazı

THE "USHAG BAGHCHASI" AND "BASIRATUL-ATFAL" TEXTBOOKS: OPENING THE DOOR TO FUTURE LITERARY ACHIEVEMENTS

Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Edebiyat öğretim teknolojisi bölümü

(ahmadovaa708@gmail.com) **ORCID: 0000-0002-2464-2513**

Abstract

Efendiyev, who chose the path of creativity mainly in the fields of children's literature, dramaturgy and literary translation, published textbooks consisting of original works and translations in the first years of his pedagogical activity in order to meet the needs of schools for textbooks prepared at the national level and literature for children's health. The two textbooks he prepared, "Kindergarten" and "Başabaş-Atfal", opened the door to his future literary achievements. This talented achievement in the field of education was taught in schools in other regions where Turkish people live in the Caucasus, along with Azerbaijani students. Although "Başabaş-Atfal" is a methodological tool for teachers, it is used for life, daily life, language, literature, agriculture, nature, geography, etc. treated the subjects as a whole and presented encyclopedic information. The teacher Rashid Bey Efendiyev, who has a wide range of creativity, is also the author of the textbook "Muhtasar Shariat" (1910), which consists of two parts.

The book "Basiratul-etfal" (1901) consists of three parts. The first part consists of short stories, poetry and prose works. The second part of the book called "Examples of Azerbaijani Literature" contains a lot of information about literature. One of the best features of the book is that it provides examples, explanations and comments about the rules of writing prose and poetry, such as letters, congratulations, invitations, and condolences. The third part of the textbook deals with the most important religious rules in the education and upbringing of Muslim children. The author writes, "It is obligatory for every person to know his creator." "People are present everywhere and observe everything" and they see every movement of a person. Therefore, a man should know "Islam" perfectly during his childhood. The book also offers examples of some classic works of Azerbaijani literature.

Keywords: textbook, daily life, genre of poetry, poetry and prose

Giriş

1900-cu ildə Tiflisdə Aleksandrovsk Müəllimlər İnstitunu bitirən R.Əfəndiyev Qori Müəllimlər seminariyasının Azərbaycan şöbəsinə ana dili və şəriət fənləri müəllimi vəzifəsinə təyin olunur. On altı il seminariyada dərs deyən Rəşid bəy Əfəndiyev, F.Köçərli ilə bir yerdə işləyir və onun fəlsəfi fikirlərinə çox böyük etiqat göstərir. 1918-ci ildə Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin xalq maarifi sahəsində tədbirlərin həyata keçirilməsinə yaxından köməklik göstərir, maarif rəhbərliyinin əmri ilə Bakı kişi seminariyasının direktoru təyin olunur. Maarif rəhbərliyi yanında əlifba komissiyasının tərkibində latın qrafikasına keçmək üçün təqdim olunmuş layihələrin müzakirəsində fəal iştirak etmişdir. O, sovet hakimiyyəti illərində də, pedaqoji və elmi fəaliyyətini davam etdirmiş, Nuxada pedaqoji məktəbin direktoru, etnoqrafiya cəmiyyəti Nuxa şöbəsinin elmi katibi, SSRİ Elmlər Akademiyasının Azərbaycan Filialının elmi işçisi olmuşdur.

Əyalət məktəblərində işləmək Rəşid bəy Əfəndiyevi dərslik yazmaq, uşaq mütaliəsi üçün xüsusi ədəbiyyat hazırlamaq zərurəti ilə qarşılaşdırır. Əsasən uşaq ədəbiyyatı, dramaturgiya və bədii tərcümə sahəsində yaradıcılıq yolunu seçən Əfəndiyev pedaqoji fəaliyyətinin ilk günlərində məktəblərin milli zəmində hazırlanmış dərsliyə, uşaqların sağlam ədəbiyyata ehtiyacını ödəmək məqsədi ilə orijinal əsərlərdən, tərcümələrdən ibarət dərsliklər nəşr etdirir. Onun hazırladığı "Uşaq bağçası" və "Bəsirətül-Ətfal" adlı hər iki dərslik gələcək ədəbi naliyyətlərinə bir qapı açır. Maarif sahəsində bu bacarıqlı naliyyəti, azərbaycan oxucuları ilə yanaşı, Qafqazda türk xalqları yaşayan digər bölgələrin məktəblərində də tədris olunurdu. "Bəsirətül-Ətfal" müəllimlər üçün metodik vəsait olsa da, bütövlükdə əhatə etdiyi həyat, məişət, dil, bədii ədəbiyyat, kənd təsərrüfatı, təbiət, coğrafiya və s. kimi mövzular bu dərslikdə ensiklopedik məlumat kimi kitabda öz yerini tapmışdır. Geniş yaradıcılıqla məşqul olan pedaqoq Rəşid bəy Əfəndiyev iki hissədən ibarət "Müxtəsər şəriət" (1910) adlı dərsliyinin də müəllifidir.

"Bəsirətül-ətfal" kitabı (1901) üç hissədən ibarətdir. Birinci hissə kiçik hekayələrdən ibarət olub, nəzm və nəsr əsərlərindən ibarətdir. Kitabın "Azərbaycan ədəbiyyatı nümunələri" adlanan ikinci hissəsi ədəbiyyatla bağlı bir çox məlumatlardan ibarətdir. Kitabın ən yaxşı cəhətlərindən biri də budur ki, uşaqlara yazı nümunələri yazının nəsr və nəzm növlərinə-məktub, təbriknamə, dəvətnamə, təziyənamə (başsağlığı) yazmaq qaydasına aid nümunələr, izahlar, şərhlər verilmişdir. Dərsliyin üçüncü hissəsi müsəlman uşaqları üçün təlim və tərbiyə vəzifələrinin ən vacib hesab etdiyi dini qaydalara aiddir. "Hər bir şəxsə xaliqini bilmək fərzdir"-deyən müəllif yazır ki, "Xalq özü hər yerdə iştirak edir və müşahidə edir", insanın hər bir əməlini görür. Odur ki, gərək insan uşaqlıq dövründə "dini-İslam" kəmalınca bilsin. Kitabda həmçinin Azərbaycan ədəbiyyatının klassiklərinin bəzilərinin əsərlərindən nümunələr vermişdir.

"Uşaq bağçası" adlı əlifba dərsliyin (1898) müəllifi Zaqafqas Darül-müəlliminin müsəlman şöbəsinin elmi-ilahi və lisan (dil) müəllimi Rəşid bəy Əfəndizadədir. Müəllif "Uşaq bağçası" əlifba kitabını maraqlı və yadda qalan bir şəkildə 1887-ci ildə yazır və 1898-ci ildə İstanbulda çap etdirir. Təkrar nəşrə qərar verən ədib, "Uşaq bağçası" adlı əlifba dərsliyinə yeni əlavələr edərək 1912-ci ildə "Тифлис, Типография Культура" nəşriyyatında 112 səhfədən ibarət mövzu seçimi ilə fərqlənən kitabı oxucularına təqdim edir. Məktəblilər üçün hazırlanmış türk-qiraət kitabı, "bismilləhir-rəhmanir-rəhim" ilə başlayır. Müəllif bu kitabda savad təlimi, oxu texnikasını inkişaf etdirmək məsələləri ilə yanaşı, həm də uşaqların tərbiyə edilməsinə, əxlaqının düzgün formalaşmasına xüsusi diqqət yetirmişdir. Müəllif kitab haqqında belə bir fikir söyləmişdir:-"Bu kitab, Müsəlman millətinin tərbiyeyi-əxlaqına və məlumati-nafiəsinə xidmət edici tazə bir kitabdır".

R.Əfəndiyevin "Uşaq baxçası" kitabının Çemyayevskinin "Vətən dili" kitabından bir sıra fərqi və üstünlüyü vardır. Bu fərq ondan ibarətdir ki, Çemyayevskinin "Vətən dili" kitabı vasitəsilə ərəb əlifbasını şagirdə 6 aydan az vaxtda öyrətmək mümkün olmadığı halda, R.Əfəndiyevin "Uşaq baxçası" kitabı vasitəsilə bu əlifbanı bir ay müddətində öyrətmək, şagirdlərə yazı vərdişləri aşılamaq mümkünlüyünü söyləyirdi. Buna görə də Rəşid bəy kitabın titul səhifəsində belə yazmışdır: "Savadsız adam bir ayda oxuyar və yazar".

Dramaturgiya janrının inkişafı tarixində Rəşid bəyin yaradıcılığı danılmazdır. XIX əsrin 80-ci illərində Qori seminariyasında oxuyarkən dram ilə maraqlanmış, 1885-ci ildə "Qan ocağı" Tiflisin "Kəşkül" mətbəəsində pyesini çap etdirib, məktəb səhnəsində tamaşaya qoymuşdur. İlk əsərinin müvəffəqiyyətindən ruhlanan müəllif sonralar da ardıcıl olaraq bədii yaradıcılıqla məşğul olmuşdur. Durmadan maraqlı səhnə əsərləri yazaraq, məktəb səhnələrində tamaşalar təşkil edirdi. Xatirələrində aktyor qıtlığından şikayət edən müəllif, əlacsız qaldığı zamanlarda hətta şəxsən özü artist kimi iştirak etdiyini səyləyirdi. Onun "Qan ocağı"ndan başqa (1904), "Saqqalın kəraməti" (1909), "Qonşu-qonşu olsa, kor qız ərə gedər" (19012), "Pul dəlisi" (1918), "Arvad məsələsi" (1912), "Bir saç telin qiyməti", "Tiflis səfirləri", "Diş ağrısı", "Təbiətdə əhvali-məişət" adlı dramları vardır.

Böyük elmi yaradıcılıq yolunda ləngimək bilməyən Rəşid bəy Əfəndiyev ədəbiyyatşünaslıqda qələmini sınayaraq "Azərbaycan türklərinə məxsus ədəbiyyat", "Azərbaycan ədəbiyyatı nümunələri", "Lev Nikolayeviç Tolstoy", həmçinin "Seyid Əzim Şirvani" və s. kimi maraqlı elmi əsərlərin müəllifi olmuşdur. Rəşid bəyin tərcümə ədəbiyyatında fəaliyyəti danılmazdır. Rus klassiklərindən A.S.Puşkinin "Kaftar", "Torçu və balıq", "Hal anası", "Bağçasaray fontanı" İ.A.Krılovun "Ayna və meymun", "Kəndli və ilan", "Qurd və pişik", "Kvartet" (Sazandalar") əsərlərini tərcümə edərək, dərs kitablarına daxil etmişdir. Eləcə də farscadan Firdovsidən "Rüstəm və Söhrab" əhvalatını, Şillerdən "Cam" adlı mənzuməni tərcümə etmişdir. Rəşid bəy istər şeir tərcümələrində və istərsə müasir mövzularda yazdığı şeirlərində klassik şeir üslubu və yolu ilə getmişdir. Bu şeir, hekayə və rəvayətlərdə vətənin təbiətini sevmək, xalqın məişətini bilmək, məktəbə getmək, elm öyrənmək və s. ön planda qoyulmuşdur. Kitabda kənd təsərüfatı, təbiət və coğrafiyaya aid bir sıra məlumatlar da verilmişdir.

1914-cü ildə, ərəb dilində müəllifin çap olunan əsərləri: "Uşaq-baxçası", "Bəsirətül-ətfal", "Rüstəm və Zöhrab", "Müxtəsər şəriət I cild", "Müxtəsər şəriət II cild", "Müxtəsər şəriət II cild rus dilində", "Qan ocağı", "Saqqalın kəraməti" kimi əsərlər Rəşid bəyin yaradıcılıq yolundakı maraqlı və yadda qalan əsərlərdir.

Rəşid bəy Əfəndiyevin yaradıcılıq yolunda bədii əhəmiyyət daşıyan əsərləri, demək olar ki, ən çox pyesləridir, xüsusilə əsrimizin əvvəllərində yazılan komediyalarıdır. Bu məzhəkələr nəinki üslub etibarilə, həm də mövzu etibarilə bir silsilə və bir vəhdət təşkil edən əsərlərdir. Bunların hamısında köhnə dünya, köhnə məişət, köhnə zehniyyət təsvir olunur. Yazıçının "Qan ocağı" əsərində bir ailə içərisindəki nifaq, fəsad, ədavət, köhnə ailənin çürük bünövrəsi, məktəb və elmə qarşı olan cahil və vəhşi fikirlərin eyni zamanda əməli fəaliyyətlərin təzahüründən bəhs olunur. "Qonşu-qonşu olsa, kor qız ərə gedər" adlı komediyasında qadın alqı-satqısı ilə məşqul olan, qadınların pis əməlləri tənqid edilir. Söz haqqı olmayan gənc qızların hüquqsuzluğu, gülünc bir şəkildə evlənmək qaydaları təsvir olunur.

Bu əsərdə müəllif oxucularını maraqlı, həm də təbii əhvalatlarla qarşılaşdırır. Sövdəgər Qaçay bəy şəhərə çox gəlib gedir. Karvansaralarda, qonaq yerlərində rahatlıq tapmır və evlənmək qərarı alır ki, şəhərə gələndə onu qarşılayıb, yola salan bir zövcəsi olsun. Hay salır dosta-tanışa ki, ona gözəl və işgüzar bir arvad tapsınlar. Bu söhbəti eşidən dəllal qadın Cici xanım işə girişir. Zərbəli bəyin qocalmış, çirkin, heç kəsin tamah salmadığı qızı Sonanı ona ərə vermək fikrinə düşür. Sövdəgər Qaçay bəyə qonşunun qızı Dilbəri göstərir. Kişinin razılığını alandan sonra Sonanın ailəsinə bu işin tamama gəldiyini söyləyib, Qaçay bəyi aldadır. Sövdəgərin evlənmək üçün xərclədiyi pullar hədərə gedir. Bu əsərdə Sonadan da, Qaçay bəydən də canlı verilmiş surət Mələk arvaddır. Belə qadınlar hamının, varlının da, yoxsulun da, böyüyün də, kiçiyin də evinə məhrəm olaraq girər, hər yerə yol tapar, öz hiyləgərliyi ilə, əksər insanların etibarını qazanaraq ailənin bir üzvünə çevrilər. Bu tipli obrazlar keçmişdə Azərbaycanın şəhər və kəndlərində məclis, mərəkə axtarırlar. Təzə xəbərləri, toy və ya vay xəbərini bu qadınlar hərkəsdən qabaq bilib camaata yayardılar.

Xüsusilə də kənardan qız almağa, ya oğlan evləndirməyə gələnlər belə qadınlar üçün yağlı bir şikar kimi mənfəətli müştəri olardılar. Mələk də belə tiplərdəndir. Qaçay bəyə tor quran da, ondan xələt və peşkəş alan da Mələk olur. Qaçay bəy puluna, malına güvənən, heç bir ehtiyacı olmayan, qoçusifət bir mülkədardır. Onu aldatmaq hər adamın hünəri deyil, Mələk də buna cəsarət etməzdi. Ancaq Zərbəli bəyin qızı Sona üçün olan xeyir işdə heç bir

qorxu ola bilməz. Çünki qızın qardaşı hər barədə Qaçay bəydən güclü bir adamdır. Əsərin ən qüvvətli cəhəti məişət, etnoqrafik səhnə və əlamətlərin zənginliyidir. Burada verilən bayatılar, atalar sözü və məsəllərin çoxu ehtimal ki, birinci dəfədir ədəbiyyata, kitaba müəllif tərəfindən daxil olunmuşdur. Bu parçalarda milli kolorit, adət, ənənə, qədim qaydalar bütün əlvanlığı ilə görünməkdədir. Bu əlvanlığı tiplərin xarakterinə aid etmək olar.

Rəşid bəy, bu əsərdə xüsusilə mükalimələrdə həddən artıq çılpaqlığa, biədəb ifadələrdən geniş istifadəyə imkan vermişdir. Mələk arvadın danışıqları tamam ədəb və nəzakət dairəsindən kənardır. Müəllif guya etnoqrafiya, məişət əlaqələrini yazıya köçürmək istəyir. Halbuki, bunlar əsərin naturalist meyllərini daha da qəlizləşdirir və qüvvətləndirir.

"Saqqalın kəraməti"ndə ruhanilərin fırıldaqlarından bəhs olunur. Göyçay çölündə yağışa düşən bir dəstə sövdəgər daldalanmağa yer axtarırlar. Heç kəsin bu yaxınlarda tanıdığı bir yeri yoxdur. Çünki, bu yerlərin əhalisi tərəkəmə, köçəri camaatıdır, deməli ki, oturaq həyatları yoxdur. Çarvadarların (yük heyvanı ilə muzdla yük daşıyan adam) deməyinə görə bu yerin əhalisi evlərində ancaq mollalara, seyid və mərsiyəçilərə hörmət edib qonaq saxlayarlar. Qərara gəlirlər ki, sövdəgər Hacı Söhrabı uzun saqqalına, mollaya bənzər geyiminə görə onu molla kimi qələmə verib və onun sayəsində bir qonaq yeri tapsınlar. Bu vəzifə Hacı Söhrab üçün çətin olsa da, razılıq verir. Gəldikləri kəndli evində isə sanki "molla"nı çoxdan gözləyirmişlər. Kənd mollası ilə deyişmə təklif edirlər. Kənd mollası Qulaməli ilə sövdəgər Hacı Söhrab üz-üzə gəlib deyişməli olur.

Bu əsərdə də müəllif gülünc vəziyyət yarada bilmişdir. Adamlar bu vəziyyətdən çıxmaq üçün təlaş edib çarə aradıqda isə daha gülünc olurlar. Bu mənada ancaq iki surət Hacı Söhrab və Molla Qulaməli seçilir, komediyanın mərkəzində dururlar. Yazıçının digər pyeslərində olduğu kimi hər gülməli əhvalat və hətta gülməli vəziyyət mühüm ictimai hadisəyə toxunmur, həyatda çox rast gəlinən maraqlı və gülməli bir əhvalatı göstərməklə kifayətlənən müəllif komediyanın ictimai məna tərəfinə lazımi diqqət yetirməmişdir.

Bu pyeslər oxucu və tamaşaçıya ağızlarda gəzən yüzlərlə maraqlı lətifələrin buraxdığı təsirdən artıq heç nə vermir. Çünki bu hadisə yalnız sövdəgərlərin deyil, məmurların da başına gələ bilər, yalnız Göyçayda deyil, digər bölgələrdə də baş verə bilər. Burada canlı insanlar, tamamlanmış xarakterlər olmadığından əhvalat bədii əsər səviyyəsinə qalxmır. Bu əhvalat bir qədər Ə. Haqverdiyevin "Acından təbib" hekayəsini xatırladır. Orada müəllif iki yarpaqlıq bir yumor ilə kifayətləndiyi halda, Rəşid bəy Əfəndiyev burada bunu bir komediya mövzusuna gətirib çıxarda bilmişdir.

Yaradıcılığında Seyid Əzim Şirvani irsinə, L.N.Tolstoyun müdrik fikirlərinə böyük inamla yanaşaraq ədəbi fəaliyyətində bu bəşəri irsi təbliğ etməkdən çəkinməmişdir. Nuxa, Qəbələ mahalında elin adət-ənənəsini, məişətini, maddi mədəniyyətini araşdırması, dövri mətbuatda coğrafiya, təbabət, xalq sənəti barədə dərc etdirdiyi elmi məqalələri onun ilk etnoqraf alim kimi milli etnoqrafiya elminin yaradılmasında xidmətlərini aydın təsəvvür etməyə imkan verir.

Görkəmli maarif xadimi, nasir Rəşidbəy Əfəndiyev, 31 avqust 1942-ci ildə-79 yaşında Nuxada, (indiki Şəki şəhərində vəfat edib. Nuxadakı Xoçik qəbirstanlığında, həyat yoldaşı ilə eyni qəbirdə dəfn dəfn olunub.

Kaynakca

1.Əfəndiyev, Rəşid bəy İsmayıl oğlu. Seçilmiş əsərləri Bakı, Şərq-Qərb, 2006. -120 s.

2.Əfəndiyev, Rəşid bəy İsmayıl oğlu. Bəsirətül-ətfal (Uşaqların idrakı). Bakı Elm və təhsil, 2019. - 240 s.

3.Əfəndiyev(Əfəndizadə) Rəşid bəy İsmayıl bəy oğlu. "Azərbaycan Milli Ensiklopediyası" Elmi Mərkəzi, 2018-VIII c. Səh. 218.

DİFERENSİAL YANAŞMA İLƏ ƏLAQƏDAR ELMİ TƏDQİQAT İŞİNİN APARILMASI.

Gülşən Nadir qızı Hacıyeva

Pedaqogika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

E-mail:gyulshan.gadzhiyeva@mail.ru ORCID: https://orcid.orq/ 0000-0002-1351-6730

Aydan Süleymanzadə Seymur qızı

Magistr . *Azərbaycan Dövlət PedaqojiUniversiteti, Kimya biologiya fakültəsi, Biologiya və onun tədrisi texnologiyası kafedrası.* ***E-mail:*** *Suleymanovaaylin65@gmail.com*

Xülasə: Elmi tədqiqat işi — hər hansı bir elmi problemi, hadisəni və ya qanunauyğunluğu obyektiv metodlarla araşdırmaq, təhlil etmək və yeni elmi nəticələr əldə etmək məqsədilə yerinə yetirilən sistemli fəaliyyətdir.

Pedaqoji tədqiqat — təlim, tərbiyə və təhsil prosesinin qanunauyğunluqlarını, səmərəli metodlarını və inkişaf meyllərini öyrənmək üçün həyata keçirilən elmi-araşdırma fəaliyyətidir.

Pedaqoji tədqiqatın əsas məqsədi təhsilin keyfiyyətini artırmaq, yeni təlim texnologiyaları hazırlamaq və təlim-tərbiyə prosesində yaranan problemləri elmi əsaslarla həll etməkdir.

Pedaqoji elmlərdə elmi tədqiqat işinin uğuru onun düzgün qoyuluşundan və aktuallığının əsaslandırılmasından bilavasitə asılıdır. Tədqiqatın mövzusu nəzəri və ya praktiki cəhətdən pedaqogika elminə yeni töhfə verməli, müasir təhsil sisteminin ehtiyaclarına cavab verməlidir.

Açar sözlər: pedaqogika,təlim, tərbiyə , metodlar, tədqiqat.

KEY ISSUES IN SCIENTIFIC RESEARCH.

Gulshan Nadir gizi Hajiyeva

PhD in Pedagogy, Associate Professor, Azerbaijan State Pedagogical University

E-mail: gyulshan.gadzhiyeva@mail.ru | ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1351-6730

Aydan Suleymanzade Seymur gizi

Master's Student, Azerbaijan State Pedagogical University, Faculty of Chemistry and Biology, Department of Biology and Teaching Technology.

E-mail: Suleymanovaaylin65@gmail.com

Abstract: Scientific research is a systematic activity carried out with the aim of investigating and analyzing a scientific problem, phenomenon, or regularity using objective methods and obtaining new scientific results.

Pedagogical research is a scientific inquiry activity conducted to study the regularities, effective methods, and developmental trends of the processes of instruction, upbringing, and education.

The primary goal of pedagogical research is to enhance the quality of education, develop new instructional technologies, and resolve issues arising within the teaching and upbringing process on a scientific basis.

In pedagogical sciences, the success of a research project depends directly on how it is formulated and the justification of its relevance. The research topic must make a new contribution to the science of pedagogy—whether theoretically or practically—and address the needs of the modern education system.

Keywords: pedagogy, instruction, upbringing, methods, research.

Diferensial yanaşma — təlim prosesində hər bir şagirdin fərdi xüsusiyyətlərini (maraqlarını, idrak səviyyəsini, öyrənmə tərzini, hazırlıq dərəcəsini) nəzərə alaraq dərsin təşkil edilməsidir. Bu yanaşmanın əsas məqsədi həm zəif, həm də istedadlı şagirdlərin öz potensialını tam reallaşdırmasına şərait yaratmaqdır.

Diferensial yanaşmanın 4 ana komponenti.

Müəllim dərsi diferensiasiya edərkən əsasən bu 4 sahə üzrə dəyişiklik edir:

1.Məzmun (Content):

Bütün şagirdlərə eyni konsepsiya öyrədilir, lakin məlumatın mürəkkəbliyi fərqlənir.

Nümunə: Zəif mənimsəyən şagirdlərə əsas anlayışlar, güclü şagirdlərə isə həmin mövzunun daha dərin, analitik aspektləri təqdim olunur.

2.Proses (Process):

Şagirdlərin informasiyanı işləmə və öyrənmə üsulları fərqləndirilir.

Nümunə: Vizual öyrənənlər üçün diaqram və şəkillər, auditorlar üçün audio materiallar, kinetik öyrənənlər üçün moves/təcrübə tapşırıqları verilir.

3.Nəticə / Məhsul (Product):

Şagirdlərin qazandıqları bilik və bacarıqları nümayiş etdirmə formaları çeşidlənilir.

Nümunə: Mövzu üzrə hesabat yazmaq, təqdimat hazırlamaq, poster çəkmək və ya videoçarx hazırlamaq seçimi verilir.

4.Öyrənmə mühiti (Learning Environment):

Sinifdəki fiziki və emosional mühit şagirdlərin ehtiyaclarına uyğunlaşdırılır.

Nümunə: Fərdi işləməyi sevənlər üçün sakiti künc, qrup işi üçün fəal müzakirə masaları təşkil edilir.

Əsas strateqiyalar və üsullar.

Pilləli tapşırıqlar (Tiered Tasks): Eyni mövzu üzrə çətinlik səviyyəsinə görə (baza, orta, yüksək) tərtib edilmiş tapşırıqlar.

Təlim mərkəzləri (Learning Centers): Sinifdə müxtəlif bacarıqları inkişaf etdirən mərkəzlərin (məsələn, oxu mərkəzi, tədqiqat mərkəzi) qurulması.

Seçim menyusu (Choice Boards / Learning Menus): Şagirdlərə icra edəcəkləri tapşırıqları özlərinin seçməsi üçün siyahı təqdim edilməsi.

Çevik qruplaşdırma (Flexible Grouping): Şagirdlərin bacarıqlarına, maraqlarına və ya dərsin məqsədinə uyğun olaraq tez-tez dəyişən qrupların yaradılması.

Üstünlükləri.

Şagird cəlb olunması artır: Hər bir şagird öz səviyyəsinə uyğun tapşırıq aldığı üçün dərsdən yayınmır.

Özgüvən formalaşır: Zəif şagirdlər uğursuzluq qorxusunu dəf edir, güclü şagirdlər isə darıxmaq əvəzinə özlərini inkişaf etdirirlər.

İnklüzivlik təmin olunur: Müxtəlif təlim ehtiyacları olan şagirdlərin eyni sinifdə səmərəli öyrənməsi mümkün olur.

Ali pedaqoji məktəblərdə (universitetlərdə) **differensial yanaşmanın** öyrədilməsi, gələcək müəllimlərin müasir şagirdyönümlü təhsil sisteminə hazırlanmasında ən mühüm mərhələlərdən biridir. Differensial yanaşma — təlim prosesinin hər bir təhsilalanın fərdi xüsusiyyətlərinə, idrak tələbatına, maraqlarına və təlim sürətinə uyğunlaşdırılmasıdır.Gələcək müəllimlərə differensial yanaşmanın öyrədilməsi əsasən aşağıdakı istiqamətlərdə və mərhələlərdə təşkil olunur:

1. Tədris edilən əsas modullar və fənlər.

Diferensial yanaşma nəzəriyyəsi və praktikası gələcək pedaqoqlara əsasən bu fənlərin tərkib hissəsi kimi keçirilir:

Pedaqogika və Müasir Təlim Nəzəriyyələri: Differensiasiyanın fəlsəfəsi, şagirdyönümlülük prinsipi, Qardnerin *Çoxşaxəli intellekt nəzəriyyəsi* və İnklüziv təhsilin əsasları.

Xüsusi Metodika (İxtisas üzrə təlim metodikası): konkret fənn üzrə (məsələn, riyaziyyat, dil-ədəbiyyat, tarix) tapşırıqların differensiallaşdırılması texnikaları.

Təhsildə Qiymətləndirmə: Formativ qiymətləndirmə vasitəsilə şagirdlərin ehtiyaclarının müəyyənləşdirilməsi və təlimin buna uyğunlaşdırılması.

2. Diferensiallaşmanın 4 əsas elementinin öyrədilməsi.

Universitetdə gələcək müəllimlərə dərs prosesini 4 əsas istiqamətdə differensiallaşdırmaq öyrədilir:

Element	Nəyi Əhatə Edir?	Müəllim Namizədlərinə Öyrədilən Baza Bacarıq
Məzmun (*Content*)	Şagirdin nəyi öyrənəcəyi	Eyni mövzunu müxtəlif mürəkkəblik səviyyəsindəki mətnlər və ya resurslar vasitəsilə təqdim etmək.
Proses (*Process*)	Təlim fəaliyyətinin tərzi	Vizual, audial və kinestetik öyrənənlər üçün fərqli tapşırıq növləri və iş formaları (fərdi, cütlərlə, qrupla) seçmək.
Nəticə/Məhsul (*Product*)	Şagirdin öyrəndiyini nümayiş etdirməsi	Şagirdə biliyini göstərmək üçün seçim vermək (məsələn: təqdimat hazırlamaq, esse yazmaq, model qurmaq və ya şifahi nəql etmək).
Mühit (*Environment*)	Təlim şəraiti	Sinifdə fiziki və psixoloji rahatlıq yaratmaq, səssiz zona və ya əməkdaşlıq zonası təşkil etmək.

3. Təlim metodları və praktik tətbiq.

Ali pedaqoji məktəblərdə bu yanaşma yalnız mühazirə şəklində deyil, interaktiv interaktiv metodlarla aşılanır:

1.İyerarxik (Pilləli) Tapşırıqların Hazırlanması (*Tiered Assignments*): Tələbələrə eyni təlim nəticəsinə çatmaq üçün zəif, orta və yüksək mürəkkəblik dərəcəsinə malik tapşırıq ssenariləri hazırlatdırılır.

2.Mikrotəlim (*Micro-teaching*): Tələbələr auditoriya şəraitində qrup yoldaşlarını müxtəlif bilik səviyyəsinə malik "şagirdlər" kimi təsəvvür edərək differensiallaşdırılmış dərs nümunələri təqdim edirlər.

3.Məktəb Praktikası (*Pedagogical Internship*): Bakalavr və magistr tələbələri real sinif mühitində şagirdlərin diaqnostik qiymətləndirməsini aparırvə onların fərdi xüsusiyyətlərinə uyğun dərslər təşkil edirlər.

4. Qarşıya çıxan əsas çağırışlar.

Universitetlərdə bu mövzunun tədrisi zamanı diqqət yetirilən əsas çətinliklər bunlardır:

Differensial yanaşmanın **"hər şagirdə fərdi dərs keçmək"** kimi yanlış anlaşılmasının qarşısını almaq (əslində fərdi yox, oxşar qruplara ayıraraq çevik təlim keçməkdir).

Böyük heyətli siniflərdə (30+ şagird) differensiallaşmanı tətbiq etməyin vaxt idarəetməsi strategiyalarını öyrətmək.

Şagirdlərin zəif/güclü kimi etiketlənməməsi üçün çevik qruplaşdırma (*flexible grouping*) üsullarını mənimsətmək.

İnklüziv yanaşma və diferensial yanaşma təlim metodikasında bir-biri ilə sıx bağlı olan, lakin eyni anlayışı ifadə etməyən iki mühüm konseptdir. **İnklüziv yanaşma diferensial yanaşmanı öz daxilində ehtiva edir**, yəni diferensiallaşdırma inklüziv təhsilin uğurla həyata keçirilməsi üçün əsas alətlərdən biridir.

1. Bu yanaşmalar nədir?

İnklüziv yanaşma (Əhatəedici təhsil): Fiziki, zehni, sosial, dil və ya digər xüsusiyyətlərindən asılı olmayaraq, **bütün uşaqların bərabər hüquqlarla eyni təlim mühitinə (ümumi təhsil məktəblərinə) cəlb olunmasını** nəzərdə tutur. Əsas fəlsəfəsi: *"Məktəb uşağa uyğunlaşmalıdır, uşaq məktəbə deyil."*

Diferensial yanaşma (Fərdi yanaşma): Bir sinifdəki şagirdlərin **öyrənmə sürəti, maraqları, bilik səviyyəsi və öyrənmə üslubları (vizual, audial, kinestetik)** fərqli olduğu üçün təlim prosesinin, tapşırıqların və qiymətləndirmənin bu fərqliliklərə uyğunlaşdırılmasıdır.

2. İnklüziv və diferensial yanaşmanın qarşılıqlı əlaqəsi.

İnklüziv sinifdə həm xüsusi qayğıya ehtiyacı olan, həm də normativ inkişaf edən şagirdlər birgə təhsil alır. Bütün bu şagirdlərə eyni metodla, eyni sürətlə və eyni tapşırıqla dərs keçmək mümkün deyil.

Məhz burada **diferensiallaşdırma** köməyə çatır:

1.Məzmunun diferensiallaşdırılması: Eyni mövzu keçilir, lakin xüsusi ehtiyacı olan və ya zəif mənimsəyən şagird üçün məzmun daha sadə və əyani formalarda təqdim olunur, daha irəlidə olan şagird üçün isə dərinləşdirilir.

2.Prosesin diferensiallaşdırılması: Şagirdlərin öyrənmə tərzinə uyğun olaraq vizual resurslar (şəkillər, sxemlər), audial materiallar və ya praktiki tapşırıqlar istifadə edilir.

3.Nəticənin/Tapşırığın diferensiallaşdırılması: Şagirdlərə biliklərini nümayiş etdirmək üçün fərqli yollar verilir (məsələn, biri yazı yazır, digəri şifahi cavab verir, digəri isə rəsm çəkir və ya modeli göstərir).

İnklüzivlik bir **məqsəd və fəlsəfədir** — bütün uşaqları bir araya gətirmək və heç kimi kənarda qoymamaq.

Diferensiasiya isə bu məqsədə çatmaq üçün kullanılan bir **pedaqoji alətdir** — hər bir uşağın potensialına uyğun fərqli yollarla təlim keçmək.

Buna görə də, inklüziv mühitin effektiv fəaliyyət göstərməsi üçün diferensial yanaşmanın tətbiqi mütləqdir.

Diferensial yanaşma (diferensiallaşdırılmış təlim) təlim prosesinin hər bir şagirdin fərdi ehtiyaclarına, maraqlarına, qabiliyyətlərinə və öyrənmə tərzinə uyğunlaşdırılmasıdır. Bu yanaşmanın əsas müsbət tərəfləri aşağıdakılardır:

1. Fərdi potensialın maksimum üzə çıxarılması.

Hər kəs öz sürəti ilə öyrənir: Zəif mənimsəyən şagirdlər geridə qalmır, güclü şagirdlər isə darıxmır.

Yüksək nailiyyətli şagirdlərin inkişafı: Güclü şagirdlərə daha mürəkkəb və mühakimə tələb edən tapşırıqlar verildiyi üçün onların akademik potensialı tam reallaşır.

Dəstəyə ehtiyacı olanların irəliləməsi: Çətinlik çəkən şagirdlərə adekvat dəstək (*scaffolding*) verildiyi üçün baza bilikləri daha möhkəm mənimsəyirlər.

2. Şagird motivasiyası və cəlb olunmanın (Engagement) artması.

Maraqların nəzərə alınması: Tədris materialları şagirdlərin şəxsi maraq dairəsinə uyğunlaşdırıldıqda onların dərsə olan həvəsi və marağı əhəmiyyətli dərəcədə artır.

Məqsədyönlü öyrənmə: Şagirdlər öz səviyyələrinə uyğun tapşırıqlarla qarşılaşdıqda öyrənmə prosesində daha fəal iştirak edirlər.

3. Özünəinamın və özünə hörmətin yüksəlməsi.

Uğur hissi: Hər bir şagird öz səviyyəsinə uyğun tapşırığı uğurla yerinə yetirdikdə özünə inamı artır.

Uğursuzluq qorxusunun azalması: Şagirdlərin bacarmadığı ağır yükün altına salınmaması onlarda məktəbə və fənnə qarşı yaranacaq mənfi münasibətin qarşısını alır.

4. İnklüzivliyin və ədalətliliyin təmin edilməsi.

Bərabərlik deyil, ədalət (*Equity vs. Equality*): Hər kəsə eyni şeyi vermək bərabərlik olsa da, hər kəsə *ehtiyacı olanı* vermək ədalətdir. Diferensiallaşdırma inklüziv mühit yaradır.

Müxtəlif öyrənmə tərzlərinə uyğunluq: Vizual, audial, kinestetik və ya analitik öyrənənlər üçün fərqli təqdimat və qiymətləndirmə yolları təklif olunur.

5. Müstəqil öyrənmə və məsuliyyət hissinin formalaşması.

Özünütənzimləmə: Şagirdlərə müəyyən seçim imkanlarının verilməsi (məsələn, tapşırığı təqdim etmək üçün forma seçimi) onlarda müstəqil qərar vermə və cavabdehlik vərdişlərini inkişaf etdirir.

Diferensial yanaşma "bir ölçü hər kəsə uyğundur" (*one size fits all*) modelindən imtina edərək təhsildə keyfiyyəti və hər bir şagirdin fərdi inkişafını ön plana çəkir.

Hovard Qardnerin **Çoxnövlü İntellekt Nəzəriyyəsi** (*Multiple Intelligences Theory*) ilə **diferensial təlim yanaşması** arasında sıx və təbii bir bağlılıq var. Qardner nəzəriyyəsi diferensiallaşdırma strategiyasının nəzəri və psixoloji bünövrələrindən birini təşkil edir.

1. Əsas əlaqə və mahiyyət.

Ənənəvi yanaşmanın inkarı: Ənənəvi təhsil sistemi intellekti yalnız linqvistik (dil) və məntiqi-riyazi sahələrlə məhdudlaşdırırdı. Qardner isə insanın ən azı 8 müxtəlif intellekt növünə (linqvistik, məntiqi-riyazi, məkan-vizual, bədən-kinestetik, musiqi, şəxslərarası, fərdi-daxili, naturalist) malik olduğunu irəli sürdü.

Diferensiallaşdırmanın zərurəti: Əgər hər bir şagirdin intellekt profili (güclü və zəif tərəfləri) fərqlidirsə, hamıya eyni metodla dərs keçmək və eyni meyarla qiymətləndirmək effektiv ola bilməz. Diferensial yanaşma məhz bu fərqlilikləri nəzərə alaraq təlimi fərdiləşdirir.

2. Diferensial yanaşmanın komponentlərində qardner nəzəriyyəsinin tətbiqi.

Diferensial təlim üç əsas istiqamətdə həyata keçirilir və Qardner nəzəriyyəsi bu istiqamətlərin hər birinə tətbiq edilir:

Diferensiallaşdırma Sahəsi	**Qardner nəzəriyyəsinin təsiri və tətbiqi.**
Məzmun (Content)	Mövzu müxtəlif formalarda təqdim olunur. Məsələn, bir tarixi hadisə **vizual** şagirdlər üçün xəritə/mənzərə ilə, **musiqi** intellektli şagirdlər üçün dövrün mahnısı ilə, **məntiqi** şagirdlər üçün causes-and-effects (səbəb-nəticə) xronologiyası ilə çatdırılır.
Proses (Process)	Şagirdlərin tapşırığı mənimsəmə yolları diferensiallaşdırılır. **Bədən-kinestetik** intellekti üstün olanlar rollu oyunlar və ya model hazırlamaqla, **şəxslərarası** intellekti güclü olanlar qrup müzakirəsi ilə, **fərdi-daxili** intellektə sahib olanlar isə təkbaşına refleksiya yazmaqla öyrənirlər.

Diferensiallaşdırma Sahəsi	**Qardner nəzəriyyəsinin təsiri və tətbiqi.**
Nəticə / Məhsul (Product)	Öyrənilənlərin nümayiş etdirilməsi forması müxtəlif olur. Şagirdlərə yalnız yazılı imtahan deyil, təqdimat hazırlamaq, essey yazmaq, debatda çıxış etmək və ya vizual layihə təqdim etmək seçimi verilir.

3. Təlim mühitinə və müəllim strategiyasına təsiri.

1.Şagird Yönümlülük: Qardner nəzəriyyəsinə əsaslanan diferensiallaşdırma şagirdin zəif tərəflərini "qüsur" kimi deyil, güclü intellekt sahələri vasitəsilə inkişaf etdirilə biləcək potensial kimi görür.

2.Özünəinamın Artması: Uşaq linqvistik və ya riyazi baxımdan zəif olsa da, vizual və ya bədən-kinestetik sahədə özünü ifadə edə bildikdə təlimə marağı və özünəinamı artır.

3.Məqsədli Seçim İmkanı: Müəllim diferensial dərsdə şagirdlərə tapşırıq və fəaliyyət seçimi verərkən Qardnerin intellekt tiplərini bələdçi kimi istifadə edir.

Qardnerin Çoxnövlü İntellekt Nəzəriyyəsi **"Uşaqlar necə fərqlənir?"** sualına elmi cavab verir, diferensial yanaşma isə **"Bu fərqlilikləri nəzərə alaraq necə tədris etməliyik?"** sualının praktiki tətbiqini təmin edir. Şagirdlərin intellekt profillərini tanımaq diferensial dərslərin planlaşdırılmasını daha məqsədli və nəticəyönümlü edir.

Diferensial yanaşma təlimin və ya tətbiqi sahənin müxtəlif fərdlərin (şagirdlər, tələbələr, işçilər və s.) fərdi xüsusiyyətlərinə, potensialına, öyrənmə sürətinə və ehtiyaclarına uyğunlaşdırılmasını nəzərdə tutur. Bu mövzuda elmi-tədqiqat işi apararkən strukturu aydın müəyyənləşdirmək və tədqiqat metodologiyasını düzgün seçmək vacibdir.

Diferensial yanaşma ilə bağlı elmi-tədqiqat işinin nümunəvi planı, strukturu və əsas mərhələləri aşağıdakılardır:

1. Elmi-tədqiqat ışinin strukturu.

Giriş (Rationale & Motivation)

Mövzunun aktuallığı: Nə üçün müasir dövrdə diferensial yanaşma vacibdir? (Məsələn: fərdiləşdirilmiş təhsilin rolunun artması, müxtəlif mənimsəmə səviyyələrinə malik fərdlərin eyni mühitdə təhsil alması və s.)

Tədqiqatın məqsədi: Diferensial yanaşmanın tətbiqi effektivliyini ölçmək, yeni metodika işləyib hazırlamaq və ya mövcud problemləri müəyyən etmək.

Tədqiqatın obyekti və fənni:

Obyekt: Təlim prosesi / Pedaqoji mühit / İnsan resurslarının idarə olunması.

Fənn: Təlim prosesində diferensial yanaşmanın tətbiqi mexanizmləri və onun göstəricilərə təsiri.

Elmi fərziyyə (Hypothesis): Diferensial yanaşmanın tətbiqi hədəf qrupun mənimsəmə və nəticə göstəricilərini yüksəldəcəkdir.

Tədqiqatın vəzifələri: Ədəbiyyat təhlili aparmaq, differensiasiya kriteriyalarını müəyyən etmək, eksperiment keçirmək və nəticələri təhlil etmək.

I Fəsil. Diferensial yanaşmanın nəzəri-metodoloji əsasları.

Diferensial yanaşma anlayışı, onun elmi-pedaqoji və psixoloji mahiyyəti.

Differensiasiya növləri (səviyyəsinə, maraqlarına, qavrama tipinə və ya ehtiyaclarına görə).

Yerli və xarici tədqiqatçıların bu sahədəki təcrübəsinin müqayisəli təhlili.

II Fəsil. Tədqiqatın metodologiyası və təcrübi-eksperimental hissə.

Tədqiqat metodlarının əsaslandırılması (sorğular, müşahidə, testləşdirmə, pedaqoji eksperiment).

Eksperimentin mərhələləri:

1.Müəyyənedici mərhələ (Diagnostic stage): Mövcud vəziyyətin və fərdi fərqlərin ölçülməsi.

2.Formalaşdırıcı mərhələ (Intervention stage): Diferensial tapşırıqlar, materiallar və metodların tətbiqi.

3.*Nəzarət mərhələsi (Control stage):* Əldə olunan nəticələrin ilkin göstəricilərlə müqayisəsi.

III Fəsil. Nəticələrin təhlili və qiymətləndirilməsi.

Statistik göstəricilərin və keyfiyyət dəyişikliklərinin təhlili.

Diferensial yanaşmanın effektivliyini artıran amillər və qarşıya çıxan çətinliklər.

Ədəbiyyat təhlili (Literature Review): Mövzu ilə bağlı mövcud nəzəriyyələrin sistemləşdirilməsi.

Diaqnostik testlər: Subyektlərin ilkin bilik, bacarıq və ya idrak səviyyəsini təyin etmək üçün.

Klasterləşdirmə (Qruplaşdırma): İştirakçıları mənimsəmə sürətinə və ya öyrənmə stilinə görə qruplara ayırmaq.

Statistik təhlil: Eksperimentdən əvvəlki və sonrakı nəticələrin (t-test, ANOVA və s.) riyazi-statistik müqayisəsi.

1) 3. Nümunəvi tədqiqat mövzuları.

Məktəbəqədər və ya ibtidai təhsildə diferensial yanaşmanın şagirdlərin dərk etmə fəallığına təsiri.

Ali təhsil müəssisələrində diferensial tapşırıqlar vasitəsilə tələbələrin müstəqil işinin təşkili.

İnklüziv təhsil mühitində diferensial yanaşmanın tətbiqi imkanları.

Ədəbiyyat:

1. Kərimov Y.Ş. Pedaqoji tədqiqat metodları. Bakı, Təhsil, 2009.
2. Бабанский Ю.К. Проблемы повышения эффективности педагогических исследований. М.: Педагогика, 1982;
3. Əhmədov A. Kurikulum islahatı: tədqiqatlar, nəticələr. "Ümumtəhsil sistemində kurikulum islahatı: real nəticələrə doğru". Bakı, 2011.
4. Mehrabov A.O. Müasir təhsilin konseptual problemləri. Bakı. Mütərcim. 2010.
5.Allahyarov Ş. Diferensial yanaşma təlimdə geriqalmanın aradan qaldırılması yolu kimi. Bakı, 2000.

ORFOEPIK NORMALAR VƏ ONLARIN INKIŞAF MEYILLƏRI

Mehdiyeva Mətanət Bahadur qızı
ADPU, f.ü.f.d., baş müəllim
mehtiyeva_m@mail.ru
İD 0009 0005 0068 4590

XÜLASƏ

Orfoqrafiya və orfoepiya tətbiqi dilçiliyin mühüm və perspektivli sahələrindən biridir. Bu sahə hər bir dilin yazı və şifahi dil normalarının sabitliyini təmin edən qaydalar sistemidir. Bu sahələr hazırda sosial bir problemdir. Yeni tətbiq olunan orfoqrafiya və orfoepiya qaydaları hamı tərəfindən məcburidir. Bu qaydalarda müəyyən çatışmazlıqlar vardır.Təbii ki, hər beş ildən bir yenilənməli olan normalarda bu məsələlər nəzərə alınmalıdır. Qeyd edək ki, 22 noyabr 2022-ci ildə EA-nın Nəsimi adına Dilçilik İnstitutunda 2.7 və 2.5.3. bəndlər müzakirə olunub. 2.5.3. bəndindəki *ae* birləşməli sözlərin [ay] kimi tələffüzü təklif olunub. Düşünürük ki, təklif olunan müəyyən qaydalar təhlil olunmalı və yekdil bir qərar qəbul olunmalıdır. Yeni tələffüz qaydalarında da müəyyən çatışmazlıqlar vardır. Məsələn: -laq^4 şəkilçisinin tələffüzü ilə bağlı bəzi nüansları qeyd edə bilərik.

Açar sözlər: orfoepiya, orfoqrafiya, norma, ədəbi tələffüz

ORTHOEPIC NORMS AND TRENDS IN THEIR DEVELOPMENT

ABSTRACT

Orthography and orthoepy constitute an important and promising field within applied linguistics. This domain comprises a system of rules that ensures the stability of both written and spoken linguistic norms for any given language. Currently, these areas represent a matter of social significance. Newly implemented rules regarding orthography and orthoepy are mandatory for everyone; however, these rules contain certain shortcomings. Naturally, such issues should be addressed during the periodic updates to these norms, which are intended to occur every five years. It should be noted that on November 22, 2022, clauses 2.7 and 2.5.3 were discussed at the Nasimi Institute of Linguistics (under the Academy of Sciences). Regarding clause 2.5.3, it was proposed that words containing the letter combination "ae" be pronounced as "[ay]." We believe that the proposed rules require further analysis, and a unified decision must be reached. The new pronunciation rules also contain certain deficiencies; for instance, one might point to specific nuances concerning the pronunciation of the suffix "-laq4."

Keywords: orthoepy, orthography, norm, standard pronunciation

Şifahi ədəbi dil üçün səciyyəvi olan qaydalara orfoepik qaydalar deyilir. Bu qaydaların məcmusu isə orfoepiya adlanır. Şifahi ədəbi dil üçün xarakterik olan əlamətlər, qaydalar çoxdur. Bunların hamısı orfoepiyaya daxil deyildir. Orfoepiyanın obyekti aşağıdakılardır:

1.Ayri-ayri səs və səs tərkiblərinin tələffüzü

2.Söz və ifadələrin tələffüzü

3.Qrammatik formaların tələffüzü

Orfoepiya anlayışı ilə ədəbi tələffüz məfhumu heç də bir-birinin tam eyni deyildir. Orfoepiya dar mənada başa düşülür. Lakin ədəbi tələffüz çox geniş anlayışdır. Buna görə də ədəbi tələffüz anlayışına orfoepiyaya aid olan qaydalardan əlavə vurğu və intonasiya da daxildir.

Orfoepiya yunan mənşəli sözdür, düzgün nitq deməkdir.Orfoepiya qaydaları sabit deyildir. Zaman keçdikcə dəyişir və təkmilləşir. Bu canlı bir prosesdir.

Tələffüz ərəb dilində “söz” mənasında olan “ləfz” sözündən götürülmüş və “söyləmək “ mənasını bildirir. Şifahi ədəbi tələffüzün əsasını Azərbaycan ziyalılarının danışığı təşkil edir. Orfoepiya qaydalarının tənzimlənməsində fonetikanın rolu böyükdür. Bu qaydaların əksəriyyəti fonetik quruluşa söykənir.

Məzmunca düzgün olan nitq fikrin təsirli ifadə olunmasına xidmət edir. Orfoepiyanın böyük və ictimai əhəmiyyəti var. O, eyni sözün müxtəlif formalarda tələffüz olunmasına yol vermir. Orfoepiya qaydalarının heç kəs tərəfindən pozulmasına yol verilmir. Bu qayda hamı üçün məcburidir. Buna baxmayaraq bəzən bu qaydalar dialektlərin, klassik ədəbi dilin, alınma sözlərin, orfoqrafiyanın təsiri nəticəsində pozulur.

Orfoepiya ilə orfoqrafiya arasında həm fərq, həm də əlaqə vardır. Fərq odur ki, dildəki söz və ifadələr heç də həmişə yazıldığı kimi tələffüz edilmir. Hal-hazırda orfoepiya və orfoqrafiya arasında yaxınlaşma prosesi sürətlə gedir. Orfoepiyada ümumxalq danışıq dilinin xüsusiyyətləri nəzərə alınaraq orfoepik normalara diqqət yetirilir. Orfoqrafiyada isə ümumxalq danışıq dilinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmır.Orfoepiyada saitlərin adi, uzun və qısa tələffüzü mühüm rol oynayır.Orfoqrafiyada bunlar nəzərə alınmır.Orfoqrafiyada şəkilçilərin ahəng qanuna tabe olması əsas göürülür, orfoepiyada isə bəzi şəkilçilərin tələffüzündə ahəng qanunun pozulması halları müşahidə olunur.Məs.: aleydi, gedeydi və s.

Ədəbi dilin normalarının təkmilləşdirilməsi məsələsi, xüsusən XIX əsrdə çox ciddi şəkildə meydana çıxmışdır. Bu sahədə M.F.Axundzadənin böyü rolu olmuşdur. O, ədəbi dilin tələffüz normalarını şifahi dil

üzərində qurmağa və bunun da əsasında yazı ilə tələffüzü yaxınlaşdırmağa çalışmışdır. Orfoepiya sahəsində M.F.Axundzadənin bu prinsipi indi də ən aktual və faydalı prinsipdir.

Azərbaycan orfoepiyasının öyrənilməsinə, əsasən, XX əsrdən başlanmışdır. Ə.Dəmirçizadə, Ə.Əfəndizadə, N.Abdullayev, A.Qurbanov, M.Şirəliyev kimi alimlərin apardığı araşdırmalar orfoepik normaların müəyyənləşməsində əhəmiyyətli rol oynamışdır. Ancaq etiraf edək ki, bu sahədə tədqiqə ehtiyacı olan məsələlər hələ də vardır. Yeni orfoepiya normalarına uyğun yenilənən qaydaları tətbiq etmək üçün orfoepiya lüğətinə böyük ehtiyac duyulur.

Azərbaycan Respublikasının Nazirlər Kabinetinin "Azərbaycan dilinin orfoepiya normaları" nın təsdiq edilməsi haqqında 18 iyun, 2021-ci il tarixli 175 nömrəli qərarına əsasən dilimizin orfoepiya qaydalarında bəzi dəyişikliklər edilmişdir. Qanuna əsasən fonetik prinsipə üstünlük verilmiş, tələffüzlə yazı qaydaları arasındakı fərqlər azalmışdır.

Müasir Azərbaycan dilində bir sıra tələffüz qaydaları var. Bu qaydalar həm sait, həm də samit səslərə, həm qrammatik normalara, həm də başqa dildən keçmiş və tələffüzündə fərqli cəhətlər olan sözlərə aiddir. Tələffüz şəraiti terminini ilk dəfə Ə.Dəmirçizadədə rast gəlirik. O, orfoepik normaların müəyyənləşdirilməsində tələffüz şəraitini ön sırada götürür və 3 növünü qeyd edir:

1.Lüğəvi şəraitdə tələffüz

2.Qrafik şəraitdə tələffüz

3.Qrammatik şəraitdə tələffüz (morfoloji və sintaktik)

Lüğəvi şəraitdə tələffüz dedikdə səslərin sözün tərkibindəki mövqeyindən asılı olaraq tələffüzü başa düşülür. Lüğəvi şəraitdə tələffüzə sait və samitlərin düzgün tələffüzü ilə bağlı qaydalar aiddir.

Qrafik şəraitdə tələffüz qısaltmaların tələffüzüdür. Qrammatik şəraitdə tələffüz morfoloji və sintaktik şəraitdə tələffüz olaraq iki yerə ayrılır. Morfoloji şəraitdə tələffüz dedikdə sözlərə şəkilçilər qoşulduqdan sonra onda və şəkilçidə baş verən tələffüz dəyişmələri nəzərdə tutulur. Sintaktik şəraitdə tələffüz isə sözün söz birləşməsi və cümlə daxilindəki tələffüzüdür.

Yeni orfoepiya qaydaları 2021-ci il 18 iyun 175 nömrəli qərara əsasən təsdiqlənmiş normalara uyğunlaşdırılır. Yeni qaydalara görə müxtəlifcinsli qoşasaitli sözlərin tələffüzündə dəyişikliklər olunub. Belə ki *ae, ea, eə, əa, eo, au, ua, uə, ue, üa, üə* yanaşı saitlərinin işləndiyi sözlər yazıldığı kimi və uzanma hadisəsi baş vermədən tələffüz olunur: müəllim-[müəllim], dua-[dua], sual-[sual], mətbuat-[mətbuat], okean-[okean] və s.

Tərkibində *ov,öv* hərf birləşmələri olan sözlərdə səsdüşümü hadisəsi baş vermir.Yəni belə sözlər fonetik prinsipə uyğun olaraq yazıldığı kimi də deyilir: dovşan-[dovşan], lovğa-[lovğa] və s.

Qeyd edək ki, 22 noyabr 2022-ci ildə EA-nın Nəsimi adına Dilçilik İnstitutunda 2.7 və 2.5.3. bəndlər müzakirə olunub. 2.5.3. bəndindəki *ae* birləşməli sözlərin [ay] kimi tələffüzü təklif olunub.

ai,ia,iə,əi,io yanaşı saitlərinin işləndiyi sözlərin tələffüzü isə köhnə qaydalardakı kimi qalıb.Amma nəşri 2026-cı ilə planlaşdırılan yeni Orfoepiya lüğəti hələ də çap olunmayıb.

DƏRS TƏDRİS İŞİNİN TƏŞKİLİNİN ƏSAS FORMASI KİMİ: PEDAQOJİ MAHİYYƏTİ VƏ MÜASİR İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

Kamal Həsən oğlu Camalov

Pedaqogika elmlər doktoru,

Naxçıvan Dövlət Universitetinin professor Azərbaycan Respublikasının Əməkdar müəllimi

E-mail: kamal.camalov@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1977-7250

Açar sözlər: dərs; təlim prosesi; pedaqoji fəaliyyət; didaktika; təlim metodları; şagirdyönümlü təlim; qiymətləndirmə; təhsilin keyfiyyəti.

Keywords: lesson; teaching and learning process; pedagogical activity; didactics; teaching methods; student-centered learning; assessment; quality of education.

Giriş: Təhsil cəmiyyətin sosial, intellektual və mədəni inkişafını təmin edən vacib amillərdən biridir. Şəxsiyyətin formalaşması, elmi dünyagörüşünün inkişafı, bilik və bacarıqların sistemli şəkildə mənimsənilməsi, cəmiyyətin ehtiyaclarına uyğunlaşma təhsil prosesi sistemli bir təşkilatlanmaya əsaslanır. Dərsin hissəsi mütəşəkkil təhsil formaları arasındadır. Çünki dərs müəllim və şagirdlərin məqsədyönlü qarşılıqlı fəaliyyətinin, təhsil məqsədlərinin reallaşmasının, biliklərin inkişafı və fərqin qiymətləndirilməsinin əsasını təşkil edir.

Tədris işinin əsas təşkili formasının qəbul edilməsi onun məqsədindən, məzmunundan, müddətindən və təşkilati qaydalarından asılıdır. Dərs zamanı müəllim tədris materialını şagirdlərin yaş və fərdi xüsusiyyətlərinə uyğun formada təqdim edir və onları xüsusi fəaliyyətlərini inkişaf etdirməyə təşviq edir. Biliklərin praktik tətbiqi üçün şərait yaxşıdır. Bundan əlavə, dərs yalnız məlumat toplamaqla məhdudlaşmır; o, həmçinin şagirdlərdə birlik, həmrəylik, məsuliyyət, yaradıcılıq və tənqidi düşüncə bacarıqlarının inkişafına da töhfə verir.

Müasir dövrdə təhsil sisteminin əsas vəzifələrindən biri şagirdlərin biliyə yeganə baxış bucağı haqqında biliklərini inkişaf etdirmək deyil, həmçinin bilik reallığını qorumaq, ondan necə istifadə edəcəyini bilməsini təmin etməkdir. Bu baxımdan, tədris planının məzmununun, metodlarının və təşkilati strukturunun müəllimin pedaqoji tələblərinə uyğunlaşdırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Şagird mərkəzli yanaşma, interaktiv tədris, fərdi xüsusiyyətlərin nəzərə alınması və formativ qiymətləndirmə müəllimin effektivliyini artırmağın vacib vasitələridir.

Məqaləni yazarkən əsas qarşımıza qoyduğumuz əsas məqsəd tədris prosesinin əsas təşkilati formasını, maddiliyini, struktur xüsusiyyətlərini və pedaqoji funksiyalarını təsvir etmək, səmərəli yollarını ümumiləşdirməkdən ibarətdir.

1. Müəllimin təhsil prosesindəki yeri və pedaqoji məqsədi

Pedaqogika sahəsində təhsilin mütəşəkkil forması müəllim və şagirdlərin strukturudur, struktur rəhbərinin məqsədinə, məzmununa, vaxtına və təşkilatçılığına əsaslanır. Dərsin sistemliliyi, məqsədyönlülüyü və ardıcıllığı bu formalardan seçilir.

Sinif-dərs sistemdə şagirdlər yaşları və hazırlıq səviyyələri nəzərə alınmaqla siniflərə qruplaşdırılır. Tədris prosesi müəyyən bir cədvələ uyğun olaraq təşkil olunur və burada müəllim tədris fəaliyyətinin bələdçisidir. Bu sistem tədris materiallarının sistemli qiymətləndirilməsinə, şagirdlərin biliklərinin müntəzəm qiymətləndirilməsinə və təhsil prosesinin planlaşdırılmasına imkan verir.

Dərsin əsas xüsusiyyətlərindən biri onun məqsədyönlü olmasıdır. Hər dərs konkret təlim məqsədlərinə əsaslanmalı və bu məqsədlərin müvafiq prinsiplərə əsaslanmasını təmin etməlidir. Məqsəd məzmun, metodlar,

alətlər və qiymətləndirmə metodlarının seçilməsini müəyyən edən əsas amildir. Məqsədlər dəqiq müəyyən edildikdə, müəllim tədris prosesini daha diqqətlə planlaşdırır və şagirdlərin nailiyyətlərinin nəticələri daha dəyərli olur.

Dərsin digər vacib xüsusiyyətlərindən biri də onun sistemli xarakteristikasıdır. Tədris materialı əvvəlcədən biliklər şəklində deyil, təsadüfi və əlaqəsiz məlumatlar şəklində təqdim olunmalıdır. Bu yanaşma tələbələrin yeni biliklərini dərinləşdirir və hadisələr arasındakı səbəb-nəticə əlaqəsini digərlərindən fərqləndirir. Uzunmüddətli yaddaşın qarşısını almağa kömək edir.

Dərs həm də təhsil və tərbiyənin ən vacib pedaqoji vəzifələrindən biridir. Şagirdlər vaxtlarını yalnız bilik öyrənməyə sərf etmirlər. Onların arasında məsuliyyət, nizam-intizam, qarşılıqlı hörmət, həmrəylik, başqalarının fikirlərinə münasibət bildirmək və yaxşı əhval-ruhiyyə yaradan kollektiv fəaliyyət inkişaf edir. Bu baxımdan qeyd etmək vacibdir ki, şagirdlər yalnız məlumatları əzbərləyə bilmirlər, həm də düşüncə və fəaliyyət qabiliyyətlərini inkişaf etdirirlər.

Dərs sadəcə təhsil forması deyil. Ekskursiyalar, seminarlar, praktik məşğələlər, laboratoriya işləri, layihələr və müstəqil işlər də təhsil prosesində mühüm rol oynayır. Bu baxımdan, dərsin digər formalarının tətbiqi, təhsilin məzmununun sistemli təhlili və seçim nəticələrinin izlənildiyi üçün əsas təşkilati çərçivə olaraq qalacaq.

2. Dərsin əsas funksiyaları və didaktik prinsipləri

Pedaqogikanın tədrisinin əhəmiyyətini anlamaq üçün onun əsas funksiyalarını araşdırmaq lazımdır. Bu funksiyalar bir-biri ilə tamamlayıcı əlaqədə həyata keçirilir və təhsil prosesinin bütövlüyünü təmin edir.

Təhsil funksiyası şagirdlərin elmi biliklərinin, praktik bacarıqlarının və müəyyən fəaliyyət metodlarının inkişafını təmin edir. Dərs zamanı müəllim fənnin məzmununu izah edir, nümunələr təqdim edir, təlimatlar vasitəsilə biliklərin tətbiqini təşkil edir və öyrənmə prosesini dəstəkləyir.

İnkişaf funksiyası şagirdlərin idrak fəaliyyətinin, məntiqi və tənqidi düşüncəsinin, yaradıcılığının və müstəqil qərar qəbul etmə bacarıqlarının inkişafı ilə əlaqədardır. Problemli sualların verilməsi, müqayisə, təhlil, ümumiləşdirmə və nəticə çıxarma tələb edən tapşırıqlar bu funksiyanın reallaşmasına kömək edir.

Deyə bilərik ki, təhsil funksiyası şagirdlərdə mənəvi dəyərlərin, sosial məsuliyyətin, əməkdaşlıq mədəniyyətinin və müsbət davranışın formalaşdırılmasıdır. Müəllimin təhsil sistemi, sinifdə yaradılan psixoloji mühit və şagirdlərə münasibət bu baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Dərs bir sıra didaktik prinsiplərin inkişaf etdirilməsini tələb edir. Elmilik prinsipi təhsilin məzmununun elmi biliklərə və etibarlı məlumatlara əsaslanmasını təmin edir. Sistemlilik və ardıcıllıq prinsipi materialın məntiqi əlaqələr əsasında təqdim edilməsini tələb edir. Yaradıcılıq prinsipi (əyanilik prinsipi) məqsəd üçün formaların, ideyaların, modellərin, xəritələrin və digər vasitələrin istifadəsini təşviq edir. Şagirdlərin təlim prosesində iştirakını təmin etmək planının əsas məqsədi şüurluluq və fəaliyyət prinsipidir.

Bu baxımdan, təhsildə şəffaflıq təcrübəsinin tətbiqi, fərdi xüsusiyyətlərin nəzərə alınması və əvvəlki biliklərin inkişaf etdirilməsi də məcburidir. Bu prinsiplər təcrid olunmuş şəkildə deyil, əksinə tətbiq edildikdə daha təsirli olur.

3. Tədris strukturu və əsas növləri

Dərsin strukturu onun ayrı-ayrı hissələrinin müəyyən bir qaydada təşkilini ifadə edir. Sistemli strukturu tədris vaxtından maksimum dərəcədə istifadə etmək, şagirdlərin diqqətini əsas məqsədə yönəltmək və lazımi bacarıqları öyrənmək üçün lazımi imkanlar yaradır.

Dərsin mərhələləri dərsin məqsədi, fənnin xüsusiyyətləri, şagirdlərin hazırlıq səviyyəsi və seçilmiş tədris metodları ilə müəyyən edilir. Bu baxımdan, bütün dərslərin eyni strukturu dəyişdirmədən qəbul edilməsi düzgün deyilir. Bu halda, bir çox dərslərdə aşağıdakı mərhələlərə rast gəlinir:

Təşkilati mərhələ. Şagirdlərin dərsə hazırlanması, təhsil fəaliyyətinə diqqət yetirilməsi və uyğun iş mühitinin yaradılması.

Əvvəlki biliklərin yenilənməsi. Yeni mövzu ilə bağlı əvvəlki biliklərin xatırlanması, əsas anlayışlar üzərində düşünülməsi və mövcud bilik boşluqlarının aradan qaldırılması.

Motivasiya və məqsədyönlülüyün yaradılması. Şagirdlərdə mövzuya maraq oyatmaq, dərsin məqsədini aydınlaşdırmaq və nəticələri qiymətləndirmək.

Yeni materialın mənimsənilməsi. Yeni biliklərin inkişaf etdirilməsi üçün müəllimin izahı, mətn işi, müzakirə, müşahidə, təcrübə və ya problemli tapşırıqlardan istifadə olunması.

Bilik və bacarıqların qiymətləndirilməsi. Çalışmaların, praktik tapşırıqların, qrup işinin və müstəqil işin yerinə yetirilməsi.

Qiymətləndirmə və əks-əlaqə. Təhsil şagirdlərin istədiyi məqsədlərinə çatmağı təmin etmək, şagirdlərə inkişafetdirici moral vermək və növbəti addımlarını planlaşdırmaq.

Nəticə və ev tapşırığı. Əsas nəticələrin ümumiləşdirilməsi, mənimsənilənlərin həyata və zəruri hallarda müstəqil işlərə tətbiqi.

Dərslər didaktik məqsədlərə görə müxtəlif növlərə bölünür. Yeni biliklərin əldə edilməsi dərslərində əsas diqqət yeni anlayışların və məlumatların əldə edilməsinə yönəldilir. Bilik və bacarıqların qiymətləndirilməsi dərslərində prioritet əvvəllər öyrənilmiş materialın tətbiqi və təkrarlanmasıdır. Ümumiləşdirmə dərslərində müxtəlif biliklər arasındakı əlaqələr təhlil edilir və əsas nəticələr sistemləşdirilir. Refleksasiya və qiymətləndirmə dərsləri şagirdlərin bilik keyfiyyətinin yüksəldilməsinə xidmət edir.

Təcrübədə qarışıq və ya birləşdirilmiş dərslərə də geniş yer verilir. Müəyyən dərslərdə əvvəlki biliklərin əks olunması, yeni materialın izahı, yeni öyrənmənin təhlili və qiymətləndirilməsi fenomen çərçivəsində birləşdirilə bilər. Tədris növünün seçilməsinin əsas meyarı təhsil məqsədinin formal bölmə adlanan hərtərəfli şəkildə həyata keçirilməsidir.

4. Dərsin təşkilində müəllim və şagird fəaliyyətinin rolu

Dərsin keyfiyyəti müəllim və şagird fəaliyyətlərinin təşkilindən asılıdır. Müəllim təhsil prosesinin planlaşdırılmasına, məzmunun seçilməsinə, uyğun metodların tətbiqinə, təlim mühitinin yaradılmasına və nəticələrin qiymətləndirilməsinə cavabdehdir. Lakin məzmunlu pedaqoji yanaşmalarda müəllimin rolu yalnız məlumat verən şəxs olmaqla məhdudlaşmır. O, həm də konsolidator, təşkilatçı, məsləhətçi və öyrənməni asanlaşdıran şəxsdir.

Dərsə hazırlaşarkən müəllim şagirdlərin yaş xüsusiyyətlərini, əsas bilik səviyyələrini, maraqlarını və öyrənmə ehtiyaclarını nəzərə almalıdır. Eyni zamanda, dərsin məqsədi üçün istifadə ediləcək təlimatlar və qiymətləndirmə metodları arasında uyğunluğu təmin etmək lazımdır. Məsələn, məqsəd yalnız şagirdlərin anlayışını izah etmək deyil, həm də onu praktik vəziyyətdə tətbiq etməkdirsə, onlar qiymətləndirmə prosesində düzgün yeri tapacaqlar.

Şagirdlərin rolu seçim prosesində fəal iştirak etmək, suallar vermək, məlumatları təhlil etmək, fikirlərini əsaslandırmaq və qazandıqları bilikləri tətbiq etməkdir. Şagirdlərə yalnız cari məlumatların təqdim edilməsi onların müstəqil düşünmə qabiliyyətlərini artıra bilər. Bu baxımdan, həmrəyliyə əsaslanan müzakirə, problemli vəziyyətlər, fərdi tədqiqatlar və fəaliyyətlər üçün şərait yaratmaq lazımdır.

Qrup işi şagirdlər arasında qarşılıqlı öyrənməni təşviq edir. Bu fəaliyyətlər zamanı şagirdlər bir-birinin fikirlərini dinləyir, fərqli yanaşmalarını balanslaşdırır və ortaq bir nəticəyə gəlirlər. Aydındır ki, qrup işinin effektiv olması üçün hər bir şagirdin tapşırığı dəqiq müəyyən edilməli, fəaliyyətin məqsədi izah edilməli və yanaşma seçilməlidir.

Sinifdə müsbət psixoloji mühit yaratmaq da vacibdir. Şagird öz fikrini sərbəst şəkildə ifadə edə bildikdə, səhv etdikdə alçaldılmayacağını bildikdə və müəllimdən dəstəkləyici fikir aldıqda, təlim prosesində daha fəal iştirak edir. Buna görə də müəllimin pedaqoji etikaya riayət etməsi, obyektiv davranışı və şagirdlər arasında ayrı-seçkiliyə yol verməsi təhsilin keyfiyyəti baxımından vacibdir.

5. Tədris və öyrənmənin səmərəliliyini artırmağın yolları

Təhsil şəraitində müəllim yalnız izahat və təkrarlama metodları ilə məhdudlaşmamalıdır. Təhsil prosesinin səmərəliliyini artırmaq üçün fərqli metod şagirdlərin və öyrənmənin fərdi ehtiyaclarını nəzərə alaraq məqsədyönlü şəkildə birləşdirilməlidir. Nəticələrin müntəzəm izlənməsi məcburidir.

İnteraktiv tədris metodları şagirdlərin sinifdə fəallığını artırmaq vasitəsidir. Beyin fırtınası, müzakirə, problemli vəziyyətlərin təhlili, layihə işi, debat və əməkdaşlığa əsaslanan təlimatlar şagirdlərə yalnız məlumatı əzbərləməyə deyil, həm də təhlil etməyə və dərc etməyə imkan verir. Bunu etmək imkanı normaldır. Lakin hər bir metod dərsin məqsədinə uyğun olaraq seçilməlidir. Metodun innovativliyi və cəlbeiciliyi onun tədris məqsədləri üçün uyğunluğundan daha vacibdir.

Differensial təlim də müəllimin vacib tələbidir. Eyni sinifdə oxuyan şagirdlərin bilik səviyyələri, öyrənmə üslubları və maraqları fərqli ola bilər. Müəllim təlimatların intensivliyini, təqdim olunan məlumatların miqdarını və fəaliyyət formalarını tənzimləməklə şagirdə öyrənmə məqsədlərinə çatmağa kömək edə bilər. Bu yanaşma şagirdlərin potensialının inkişafı üçün şərait yaradır.

Rəqəmsal texnologiyalar müəllimin imkanlarını genişləndirəcək. Təqdimatlar, elektron resurslar, dərs videoları, interaktiv təlimatlar və virtual modellər mürəkkəb anlayışları daha aydın izah etməyə kömək edə bilər. Texnologiyanın tətbiqi məqsəd deyil, məqsədə çatmaq üçün bir vasitə olması hər bir müəllimə aydındır. Rəqəmsal resursları seçərkən onların məzmununun həqiqiliyini, yaş səviyyəsinin uyğunluğunu və təlim nəticələrinin dəyərini nəzərə almaq lazımdır.

Qiymətləndirmə təhsilin keyfiyyətinin təmin edilməsində də mühüm rol oynayır. Yalnız dərsin sonunda verilən qiymətləndirmə şagirdin nailiyyət səviyyəsini tam əks etdirmir. Formativ qiymətləndirmə vasitəsilə müəllim suallar, müşahidlər, qısa təlimatlar və şagirdlərin özünüqiymətləndirməsi əsasında dərs haqqında məlumat toplaya bilər. Bu məlumat müəllimin tədris strategiyasını dəyişdirmir, əksinə şagirdə məqsədlərini anlamağa və inkişaf məqsədlərini tənzimləməyə imkan verir.

UNESCO-nun təhsilin qiymətləndirilməsi ilə bağlı materiallarında şagirdlərin bilik və bacarıqlarını artırmaq üçün qiymətləndirmə yanaşmasından istifadə olunur. Qiymətləndirməyə müəyyən bir yanaşma yalnız nəticələrin qeyd edilməsi deyil, həm də seçimi dəstəkləyən davamlı bir prosesdir.

Dərsin keyfiyyətinin yüksəldilməsi də müəllimin peşəkar inkişafı ilə sıx bağlıdır. Müəllim yeni pedaqoji yanaşmalar, üsullar öyrənməli, dərslərini təhlil etməli, şagirdlərin nəticələrinə əsasən tədris metodlarını təkmilləşdirmək bacarıqlarını inkişaf etdirməlidir. Təcrübə kontekstual olmalıdır. Dərsdən sonra onun hansı fəaliyyətinin uğurlu, hansı səhvlərinin yanlış olduğunu və hansılarının dərsdə dəyişdirilməli olduğunu düşünmək vacibdir.

Beləliklə, məqsəd, məzmun, tədris fəaliyyəti, qiymətləndirmə və ünsiyyət müxtəlif tədris metodlarının tətbiqi ilə əldə edilmişdir.

Nəticə

Tədrisin əsas təşkili forması təhsil prosesinin sistemli, məqsədyönlü və əlaqələndirilmiş həyatında mühüm rol oynayır. Bunun vasitəsilə şagirdlər elmi bilikləri, praktik bacarıqları, müstəqil düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirir və sosial münasibətlər qurmağı da öyrənirlər. Müəllimin pedaqoji marağı yalnız fənnin məzmununun mənimsənilməsi ilə məhdudlaşmır; bu, həmçinin şagirdlərin şəxsiyyətinin formalaşmasına və cəmiyyətin fəal hissəsinin inkişafına təsir göstərir.

Aparılan nəzəri təhlillərə baxış göstərir ki, özünəinam bir qədər ziddiyyətli bir əlaqəyə əsaslanır. Bunlara məqsədlərin ardıcıl şəkildə uyğunlaşdırılması, tədris məzmununun sistemli təşkili, şagirdlərin fəal iştirakı, metod və vasitələrin hazırlanması, seçim, fərdi xüsusiyyətlərin və qiymətləndirmənin inkişaf xarakterinin nəzərə alınması daxildir.

Müasir təhsili kontekstində dərs yalnız müəllimin etibarlı məlumatları ilə məhdudlaşmamalı, şagirdləri müstəqil öyrənməyə, tədqiqat aparmağa, birlikdə öyrənməyə təşviq etməlidir. Bu məqsədlə interaktiv metodlardan, rəqəmsal resurslardan, fərqləndirilmiş təlimdən və formativ qiymətləndirmədən müvafiq şəkildə istifadə edilməlidir.

Nəticədə müəllimin təşəbbüsü, şagirdin fəaliyyəti və düşünülmüş pedaqoji-psixoloji planlaşdırma vaxtı əsasında keyfiyyətli dərs formalaşdırılır. Tədris planı təhsilin keyfiyyətini artırmaq, öyrənmə imkanlarını genişləndirmək və hər bir şagirdin potensialını reallaşdırmaq üçün hazırlanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. F.İbrahimov., R.Hüseynzadə. Pedaqogika. I cild. Bakı: Mütərcim, 2013.
2. A.Həsənov., Ə.Ağayev. Pedaqogika. Bakı: Nasir, 2007.
3. M.İsmixanov. Pedaqogika. Bakı: Bakı Dövlət Universiteti, 1998.
4. Azərbaycan Respublikasının “Təhsil haqqında” Qanunu. 19 iyun 2009-cu il.
5. UNESCO. Assessment for Improved Learning Outcomes. https://www.unesco.org/en/learning-assessments
6. UNESCO International Bureau of Education. Curriculum Resource Pack: Transforming Pedagogy and Learning. 2023. https://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/medias/fichiers/2023/10/CRP%202023%20-Handbook%20for%20training%20Educators%20and%20Teachers%20in%20CURRICULUM.pdf

DƏRS TƏDRİS İŞİNİN TƏŞKİLİNİN ƏSAS FORMASI KİMİ: PEDAQOJİ MAHİYYƏTİ VƏ MÜASİR İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

Kamal Həsən oğlu Camalov

Pedaqogika elmlər doktoru,

Naxçıvan Dövlət Universitetinin professor Azərbaycan Respublikasının Əməkdar müəllimi

E-mail: kamal.camalov@gmail.com https://orcid.org/0000-0003-1977-7250

XÜLASƏ

Məqalədə dərsin təlim prosesinin təşkilinin əsas forması kimi pedaqoji mahiyyəti, didaktik xüsusiyyətləri, struktur komponentləri və müasir təhsil sistemində rolu araşdırılır. Dərsin təhsilalanların bilik, bacarıq və vərdişlərinin formalaşmasında, müstəqil düşünmə qabiliyyətinin inkişafında və şəxsiyyət kimi yetişməsində əhəmiyyəti nəzəri baxımdan təhlil olunur. Eyni zamanda, dərsin səmərəli təşkili üçün müəllimin peşəkar fəaliyyətinin, təlim metodlarının düzgün seçilməsinin, şagird fəallığının təmin edilməsinin və qiymətləndirmə mexanizmlərinin tətbiqinin vacibliyi əsaslandırılır. Müasir təlim yanaşmaları kontekstində dərsin keyfiyyətinin yüksəldilməsi istiqamətləri müəyyənləşdirilir.

THE LESSON AS THE PRIMARY FORM OF ORGANIZING INSTRUCTIONAL ACTIVITIES: PEDAGOGICAL ESSENCE AND CONTEMPORARY DEVELOPMENT TRENDS

Kamal Jamalov

Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor at Nakhchivan State University,
Honored Teacher of the Republic of Azerbaijan

ABSTRACT

This article examines the pedagogical essence of the lesson as the primary form of organizing the teaching and learning process, its didactic characteristics, structural components, and role in the modern education system. It provides a theoretical analysis of the importance of lessons in developing learners' knowledge, skills, and abilities, fostering independent thinking, and supporting their personal development. Furthermore, the article highlights the importance of teachers' professional practice, the appropriate selection of teaching methods, the promotion of student engagement, and the effective implementation of assessment mechanisms in organizing successful lessons. Within the context of contemporary teaching approaches, the article identifies key directions for improving lesson quality and enhancing the effectiveness of the teaching and learning process.

MƏKTƏB MÜHİTİNİN PEDAQOJİ DİZAYNI

Azərbaycan-Bakı, Könül Məmmədova

Orcid id: 0000-0001-8664-4912

könül.1970@mail.ru

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Filologiya fakültəsi, Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası

AÇAR SÖZLƏR: məktəb mühiti, pedaqoji dizayn, əsas nəticə

Məktəb insanın həyatında xüsusi yer tutan, onun gələcəyinə istiqamət verən, şəxsiyyət kimi formalaşmasına təsir göstərən mühüm bir məkandır. İnsan məktəbə yalnız oxumağı, yazmağı, hesablamağı öyrənmək üçün gəlmir. O, burada həyatı dərk etməyi, insanlarla ünsiyyət qurmağı, öz fikrini ifadə etməyi, başqalarının düşüncələrinə hörmətlə yanaşmağı və qarşılaşdığı çətinliklərdən çıxış yolu tapmağı öyrənir. Buna görə də məktəbin necə təşkil olunması, sinif otaqlarının quruluşu, müəllimlə şagird arasındakı münasibətlər, dərslərin təşkili, məktəbdə hökm sürən mənəvi-psixoloji atmosfer təlim-tərbiyə prosesinin keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir.

Müasir dövrdə təhsil yalnız biliklərin şagirdlərə ötürülməsi ilə məhdudlaşmır. Artıq məktəbdən gözlənilən əsas nəticə müstəqil düşünən, yaradıcı yanaşma nümayiş etdirən, məsuliyyətli qərarlar qəbul edə bilən, cəmiyyətə fayda verən şəxsiyyət yetişdirməkdir. Bu məqsədə çatmaq üçün məktəbin fiziki görünüşü ilə yanaşı, onun pedaqoji baxımdan necə təşkil olunması da mühüm əhəmiyyət daşıyır. Məhz burada məktəb mühitinin pedaqoji dizaynı anlayışı ön plana çıxır. Məktəb mühitinin pedaqoji dizaynı təlimin məqsədlərinə uyğun, şagirdlərin yaş və fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə alan, onların öyrənmək həvəsini artıran, təhlükəsizliyini və psixoloji rahatlığını təmin edən təhsil şəraitinin məqsədyönlü şəkildə qurulmasıdır. Bu, sadəcə sinif otaqlarının gözəl bəzədilməsi və ya məktəbin müasir avadanlıqlarla təmin olunması demək deyil. Pedaqoji dizayn məktəbin bütün həyatını əhatə edən, təlimin məzmununu, metodlarını, münasibətləri, məkanı və məktəbin ümumi idarə olunmasını birləşdirən kompleks yanaşmadır.

Məktəb mühiti dedikdə ilk növbədə sinif otaqları, dəhlizlər, kitabxana, idman zalı, laboratoriyalar və məktəbin digər fiziki məkanları nəzərdə tutulur. Lakin məktəb mühiti bununla bitmir. Müəllimlərin şagirdlərə münasibəti, şagirdlər arasında yaranan ünsiyyət, məktəbin qaydaları, valideynlərlə əməkdaşlıq, uşaqların özlərini məktəbdə necə hiss etmələri də bu anlayışın ayrılmaz hissələridir. Pedaqoji dizaynın əsas mahiyyəti ondan ibarətdir ki, məktəbdə yaradılan hər bir şərait müəyyən təhsil məqsədinə xidmət etsin. Məsələn, sinif otağında partaların yerləşdirilməsi şagirdlərin yalnız müəllimi görməsi üçün deyil, həm də onların bir-biri ilə fikir mübadiləsi aparması, müzakirələrdə iştirak etməsi və birgə fəaliyyət göstərməsi üçün nəzərdə tutula bilər. Kitabxana yalnız kitabların saxlandığı yer deyil, şagirdlərdə mütaliə mədəniyyətinin, araşdırma bacarığının və müstəqil öyrənmə vərdişlərinin formalaşdığı bir məkan kimi təşkil edilə bilər. Bu baxımdan pedaqoji dizayn məktəb mühitinə məqsədyönlü yanaşma tələb edir. Burada əsas sual məktəbin necə görünməsi deyil, həmin mühitin şagirdin öyrənməsinə, inkişafına və şəxsiyyət kimi formalaşmasına necə təsir göstərməsidir.

Məktəb mühiti elə qurulmalıdır ki, şagird özünü burada yalnız müəyyən qaydalara tabe olan bir öyrənən kimi deyil, öyrənmə prosesinin fəal iştirakçısı kimi hiss etsin. O, sual verməkdən çəkinməməli, səhv etdikdə alçaldılacağından qorxmamalı, öz fikrini sərbəst ifadə edə bilməlidir. Belə şəraitdə şagirdin dərsə marağı artır, onun özünəinamı güclənir və öyrənmə prosesi daha mənalı olur.

Məktəb mühitinin pedaqoji dizaynı bir sıra mühüm məqsədlərin həyata keçirilməsinə xidmət edir. Bu məqsədlərin başında keyfiyyətli təlim üçün əlverişli şəraitin yaradılması dayanır. Şagirdin dərsi başa düşməsi, öyrəndiklərini yadda saxlaması və əldə etdiyi bilikləri real həyatda tətbiq etməsi üçün uyğun mühitə ehtiyacı vardır. Digər mühüm məqsəd şagirdin şəxsiyyət kimi inkişafını dəstəkləməkdir. Məktəb yalnız akademik

nəticələrə diqqət yetirməməli, eyni zamanda uşaqlarda ünsiyyət, əməkdaşlıq, məsuliyyət, müstəqillik və özünüidarəetmə bacarıqlarının formalaşmasına da şərait yaratmalıdır.

Pedaqoji dizaynın əsas məqsədlərini aşağıdakı kimi ümumiləşdirmək olar:

- Şagirdlərin öyrənməyə marağını və daxili motivasiyasını artırmaq.
- Hər bir şagirdin fərdi xüsusiyyətlərinə uyğun öyrənmə imkanları yaratmaq.
- Təhlükəsiz, rahat və psixoloji cəhətdən sağlam məktəb mühiti formalaşdırmaq.
- Yaradıcılıq, tənqidi düşünmə və problem həll etmə bacarıqlarını inkişaf etdirmək.
- Müəllim və şagird arasında qarşılıqlı hörmətə əsaslanan münasibətləri gücləndirmək.
- Şagirdlərin sosiallaşmasına, əməkdaşlıq etməsinə və cəmiyyətə uyğunlaşmasına kömək göstərmək.
- Təlimdə bərabər imkanları və inklüziv yanaşmanı təmin etmək.
- Məktəb, ailə və cəmiyyət arasında səmərəli əməkdaşlıq yaratmaq.

Bu məqsədlərin reallaşması üçün məktəbdə həyata keçirilən hər bir fəaliyyət düşünülmüş pedaqoji yanaşmaya əsaslanmalıdır. Çünki mühitin keyfiyyəti yalnız onun xarici görünüşü ilə deyil, şagirdin inkişafına verdiyi töhfə ilə müəyyən olunur.

Məktəb mühitinin dizaynından danışarkən ilk növbədə fiziki şərait diqqəti cəlb edir. Sinif otaqlarının işıqlandırılması, havalandırılması, temperaturu, mebellərin yerləşdirilməsi, rəng seçimi, səs-küy səviyyəsi və texniki imkanlar şagirdlərin dərsə münasibətinə təsir göstərir. Təsəvvür edək ki, şagird gün ərzində bir neçə saat dar, havasız, zəif işıqlandırılan sinifdə oturur. Partalar arasında hərəkət etmək çətindir, lövhə aydın görünmür, otaqda səs-küy çoxdur. Belə şəraitdə şagirddən yüksək diqqət və fəallıq gözləmək çətinləşir. Əksinə, işıqlı, təmiz, rahat və düzgün təşkil edilmiş sinif otağı uşaqların özlərini daha yaxşı hiss etmələrinə, diqqətlərini dərsə yönəltmələrinə kömək edir.

Sinif otağının dizaynında əsas meyarlardan biri məqsədəuyğunluq olmalıdır. Əgər dərs mühazirə formasında keçirilirsə, şagirdlərin lövhəni rahat görməsi vacibdir. Qrup müzakirələri və birgə tapşırıqlar zamanı isə partaların üz-üzə və ya kiçik qruplar şəklində yerləşdirilməsi daha səmərəli ola bilər. Deməli, sinif otağının quruluşu dəyişməz deyil, təlimin məqsədinə və istifadə edilən metodlara uyğunlaşdırıla bilən bir vasitədir. Məktəbin fiziki mühitində rənglərin seçimi də əhəmiyyət daşıyır. Həddindən artıq parlaq və qarışıq rənglər bəzi uşaqların diqqətini yayındıra bilər. Sakit, göz yormayan rənglər isə daha rahat atmosfer yarada bilər. Bununla belə, rəng seçimi mütləq hər şagirdə eyni təsir göstərən amil kimi qiymətləndirilməməlidir. Əsas məsələ estetik görünüşlə funksionallıq arasında tarazlığın qorunmasıdır.

Məktəbdə yaşıllıqların, təbiət guşələrinin, şagirdlərin əl işlərinin və öyrənmə materiallarının yerləşdirilməsi də mühitə müsbət təsir göstərə bilər. Şagirdin öz hazırladığı işi sinifdə görməsi onun əməyinə dəyər verildiyini hiss etdirir. Bu, həm özünəinamı artırır, həm də uşağın məktəb həyatında iştirakını gücləndirir. Fiziki mühitin təşkili zamanı hərəkət imkanları, təhlükəsizlik və əlçatanlıq da nəzərə alınmalıdır. Məktəb bütün şagirdlər üçün rahat olmalı, fiziki məhdudiyyətləri olan uşaqların da təhsil prosesində maneəsiz iştirakına şərait yaradılmalıdır.

Məktəb mühitinin pedaqoji dizaynında fiziki şərait qədər vacib olan digər istiqamət psixoloji və emosional mühitdir. Çünki uşağın özünü necə hiss etməsi onun öyrənmə prosesində nə dərəcədə fəal olmasına birbaşa təsir göstərir. Şagird məktəbdə özünü təhlükəsiz hiss etmirsə, müəllimin onu danlayacağından, sinif yoldaşlarının ona güləcəyindən və ya səhv cavab verdiyinə görə alçaldılacağından qorxursa, fikirlərini sərbəst ifadə edə bilməz. Belə halda o, öyrənmək əvəzinə səhv etməməyə çalışacaq. Bu isə onun yaradıcı düşünməsinə, sual verməsinə və yeni bilikləri mənimsəməsinə mane ola bilər.

Sağlam psixoloji mühitin yaradılması müəllimin şagirdlərlə münasibətindən başlayır. Müəllim uşağın yalnız səhvlərini görməməli, onun səylərini, irəliləyişini və müsbət xüsusiyyətlərini də qiymətləndirməlidir. Bəzən şagirdin düzgün cavab verməsindən daha çox, cavaba çatmaq üçün göstərdiyi cəhd əhəmiyyətli olur. Müəllimin bu cəhdi görməsi uşağın gələcək fəaliyyətinə müsbət təsir göstərə bilər.Məsələn, dərsdə suala səhv cavab verən şagirdə sərt reaksiya göstərmək əvəzinə, müəllim ona düşünməyə kömək edən əlavə suallar verə bilər. Bu zaman şagird səhvin öyrənmənin təbii bir hissəsi olduğunu anlayır. Belə münasibət onda uğursuzluq qorxusunu azaldır və müstəqil düşünmək istəyini gücləndirir.

Psixoloji mühitin mühüm tərəflərindən biri də məktəbdə zorakılığın, təhqirin, ayrı-seçkiliyin və lağ etmənin qarşısının alınmasıdır. Hər bir uşaq məktəbdə hörmət görmək hüququna malikdir. Şagirdlərin xarici görünüşünə, ailəsinin maddi vəziyyətinə, dərs göstəricilərinə və ya fərdi xüsusiyyətlərinə görə alçaldılması yolverilməzdir. Məktəb rəhbərliyi və müəllimlər belə hallara qarşı aydın qaydalar müəyyən etməli, uşaqlara qarşılıqlı hörmət və məsuliyyət mədəniyyətini öyrətməlidirlər. Burada yalnız cəza tədbirləri deyil, maarifləndirmə, dialoq, psixoloji dəstək və münaqişələrin konstruktiv həlli də mühüm rol oynayır. Unutmaq olmaz ki, məktəbdə yaradılan emosional atmosfer şagirdlərin yalnız dərs göstəricilərinə deyil, onların gələcəkdə özünə və başqalarına münasibətinə də təsir göstərir.

AZƏRBAYCAN DİLİ DƏRSLƏRİNDƏ MARAQ DAİRƏSİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ YOLLARI

Azərbaycan-Bakı, Könül Məmmədova

Orcid id: 0000-0001-8664-4912

könül.1970@mail.ru

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Filologiya fakültəsi, Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrası

AÇAR SÖZLƏR: qrammatik qaydalar, maraq dairəsi, layihə fəaliyyəti

Məktəbdə Azərbaycan dilinin tədrisi yalnız şagirdlərə düzgün yazmağı, oxumağı, danışmağı və qrammatik qaydaları öyrətməklə məhdudlaşmır. Azərbaycan dili, ilk növbədə, şagirdin düşüncəsini formalaşdıran, dünyagörüşünü zənginləşdirən, onun ətraf aləmi dərk etməsinə kömək edən mühüm vasitələrdən biridir. Dil insanın fikrini ifadə etdiyi əsas vasitə olmaqla yanaşı, onun milli-mədəni dünyasını, mənəvi dəyərlərini və həyata münasibətini də əks etdirir. Buna görə Azərbaycan dili dərslərini yalnız dərslikdəki mövzuların izahı və tapşırıqların yerinə yetirilməsi ilə məhdudlaşdırmaq düzgün olmaz.

Müasir dövrdə şagirdlərin informasiya əldə etmək imkanları olduqca genişdir. İnternet, sosial şəbəkələr, müxtəlif elektron platformalar, televiziya və digər informasiya vasitələri uşaqların maraqlarına ciddi təsir göstərir. Belə bir şəraitdə Azərbaycan dili müəlliminin qarşısında duran mühüm vəzifələrdən biri də dərsi şagird üçün maraqlı, canlı və həyati etməkdir. Şagird dərsdə yalnız qaydanı əzbərləməməli, öyrəndiyi biliklərin gündəlik həyatında, gələcək təhsilində və fəaliyyətində nə üçün lazım olduğunu başa düşməlidir. Şagirdlərin maraq dairəsinin genişləndirilməsi onların müxtəlif sahələrə münasibətinin formalaşmasına, mütaliəyə marağının artmasına, sərbəst düşünməsinə, yeni məlumatlar axtarmasına və əldə etdiyi informasiyanı təhlil etməsinə şərait yaradır. Azərbaycan dili dərsləri bu baxımdan geniş imkanlara malikdir. Şagirdin maraq dairəsi nə qədər geniş olarsa, onun dünyagörüşü də bir o qədər zəngin olar. Müxtəlif mövzular haqqında məlumat əldə edən uşaq hadisələrə yalnız bir istiqamətdən deyil, fərqli tərəflərdən yanaşmağı öyrənir. O, sual verməyə, araşdırmağa, müqayisə etməyə və öz fikrini əsaslandırmağa başlayır.

Azərbaycan dili dərslərində maraq dairəsinin genişləndirilməsi həm də şagirdin nitq inkişafı ilə sıx bağlıdır. Məsələn, şagird təbiət, texnologiya, tarix, incəsənət, idman, kitab, peşələr və digər mövzular haqqında məlumat əldə etdikcə həmin mövzularla bağlı söz ehtiyatı da artır. Bu isə onun şifahi və yazılı nitqinin inkişafına müsbət təsir göstərir. Maraq dairəsi geniş olan şagird dərsdə daha fəal iştirak edir. O, müəllimin verdiyi suala cavab verməklə kifayətlənmir, əlavə suallar verir, öz fikrini söyləyir və müzakirəyə qoşulur. Beləliklə, Azərbaycan dili dərsi passiv dinləmə prosesindən çıxaraq qarşılıqlı ünsiyyət və düşünmə mühitinə çevrilir. Şagirdlərin maraq dairəsini genişləndirməyin ən səmərəli yollarından biri dərslərdə müxtəlif məzmunlu mətnlərdən istifadə etməkdir. Mətn yalnız dil qaydalarının öyrədilməsi üçün vasitə kimi deyil, həm də yeni məlumatların əldə olunması üçün mənbə kimi təqdim edilməlidir. Məsələn, isim mövzusunu keçərkən yalnız isimlərin suallarını və şəkilçilərini öyrətmək əvəzinə, kosmos, heyvanlar aləmi, Azərbaycanın tarixi abidələri və ya maraqlı ixtiralar haqqında kiçik mətn vermək mümkündür. Şagird mətni oxuyur, isimləri müəyyənləşdirir və eyni zamanda yeni məlumat əldə edir. Belə yanaşma dil öyrənməsi ilə dünyanı öyrənmə prosesini birləşdirir. Şagird həm qrammatik bilik əldə edir, həm də onun üçün yeni olan bir mövzu ilə tanış olur.

Şagirdlərin maraq dairəsinin genişlənməsində mütaliənin xüsusi əhəmiyyəti vardır. Müəllim şagirdləri yalnız dərslikdə verilən mətnlərlə kifayətlənməməyə, yaş və maraq səviyyələrinə uyğun müxtəlif əsərlər oxumağa istiqamətləndirməlidir. Mütaliə zamanı şagird yeni sözlərlə qarşılaşır, müxtəlif insanların həyatını, fərqli hadisələri və müxtəlif düşüncə tərzlərini tanıyır. Bu isə onun dünyagörüşünü zənginləşdirir. Müəllim dərsdə "Bu həftə nə oxudun?", "Oxuduğun əsərdə səni ən çox düşündürən nə oldu?", "Hadisələrin sonunu sən necə

dəyişərdin?" kimi suallardan istifadə edə bilər. Bu cür suallar şagirdi kitab oxumağa və oxuduqları haqqında düşünməyə həvəsləndirir. Dərsin şagird üçün maraqlı olmasının əsas şərtlərindən biri onun real həyatla əlaqələndirilməsidir. Şagird öz həyatında qarşılaşdığı hadisələri dərsdə görürsə, mövzu onun üçün daha anlaşıqlı və maraqlı olur. Məsələn, "Nitq mədəniyyəti" mövzusunu keçərkən gündəlik həyatda istifadə olunan danışıq nümunələrindən istifadə etmək olar. Telefon danışığı, mağazada ünsiyyət, müəllimlə söhbət, dostlarla münasibət, rəsmi müraciət və sosial şəbəkədə yazışma kimi nümunələr əsasında düzgün və uyğun nitq formaları müzakirə edilə bilər. Belə tapşırıqlar şagirdə dil qaydalarının yalnız məktəb üçün olmadığını, gündəlik həyatında da ona lazım olduğunu göstərir. Şagirdlərin müxtəlif mövzulara marağını artırmaq üçün müzakirə və debatlar da səmərəli vasitələrdəndir. Müəllim şagirdlərin yaş xüsusiyyətlərinə uyğun mövzular seçərək onların fikir mübadiləsinə şərait yarada bilər. Məsələn:

- "Kitab oxumaq, yoxsa elektron mənbələrdən istifadə etmək?"
- "Texnologiya uşaqların həyatını necə dəyişir?"
- "Təbiəti qorumaq üçün nə edə bilərik?"
- "Peşə seçimində maraq, yoxsa gələcək imkanlar daha önəmlidir?"
- "Sosial şəbəkələrdən necə düzgün istifadə etmək olar?"

Bu mövzular şagirdləri düşünməyə, arqument gətirməyə və qarşı tərəfin fikrinə hörmətlə yanaşmağa sövq edir. Burada əsas məqsəd kimin qalib gəlməsi deyil, şagirdin öz fikrini düzgün, aydın və əsaslandırılmış şəkildə ifadə etməsidir.

Layihə fəaliyyəti şagirdlərin maraq dairəsinin genişləndirilməsi baxımından çox faydalıdır. Şagirdə müəyyən mövzu verilir və o, həmin mövzu haqqında müxtəlif mənbələrdən məlumat toplayır, məlumatları seçir, sistemləşdirir və təqdim edir. Məsələn, "Azərbaycan dilində maraqlı sözlər", "Azərbaycanın dialekt və şivələri", "Azərbaycanın görkəmli dilçiləri", "Atalar sözlərinin mənası", "Azərbaycan toponimləri", "Mətbuat dilinin xüsusiyyətləri" kimi layihələr hazırlamaq mümkündür. Belə işlər zamanı şagird yalnız Azərbaycan dili ilə bağlı biliklərini artırmır, eyni zamanda araşdırma aparmaq, məlumat seçmək və təqdim etmək bacarıqları qazanır.

Şagirdlərin maraq dairəsinin genişləndirilməsində söz ehtiyatının zənginləşdirilməsi də mühüm rol oynayır. Müxtəlif sahələrə aid yeni sözlərin öyrədilməsi şagirdin həmin sahələrə marağını artıra bilər. Məsələn, dərsdə elm, texnologiya, ekologiya, incəsənət, idman, kosmos və digər sahələrə aid sözlərdən istifadə etmək olar. Yeni sözün yalnız mənasını izah etməkdənsə, onun cümlədə işlədilməsi, sinoniminin və antoniminin tapılması, həmin sözlə bağlı kiçik mətn yaradılması daha səmərəli nəticə verir. Beləliklə, şagird söz öyrənməklə yanaşı, həmin sözün ifadə etdiyi anlayış haqqında da məlumat əldə edir.

Müasir şagird üçün texnologiya gündəlik həyatın ayrılmaz hissəsidir. Buna görə Azərbaycan dili dərslərində elektron resurslardan məqsədyönlü istifadə etmək dərsin maraqlılığını artıra bilər. Elektron təqdimatlar, qısa videolar, audio mətnlər, elektron lüğətlər, interaktiv tapşırıqlar və müxtəlif rəqəmsal materiallar dərsin imkanlarını genişləndirir. Məsələn, orfoepiya mövzusunda şagirdlərə sözlərin düzgün tələffüzünü audio formada təqdim etmək, daha sonra həmin sözlərin yazılışını müqayisə etdirmək olar. Bu zaman şagird həm görür, həm eşidir, həm də təhlil edir. Lakin texnologiyadan istifadə məqsəd deyil, vasitə olmalıdır. Əsas məqsəd şagirdin düşünməsi, öyrənməsi və fəal iştirak etməsidir.

Azərbaycan dili dərslərini məktəbin divarları ilə məhdudlaşdırmamaq da mümkündür. Müxtəlif ekskursiyalar və müşahidələr dil materialının real həyatla əlaqələndirilməsinə imkan yaradır. Məsələn, muzeyə, kitabxanaya, tarixi abidəyə və ya müxtəlif mədəniyyət müəssisələrinə səfərdən sonra şagirdlər gördükləri haqqında esse yaza, təəssüratlarını danışa və yeni sözləri qeyd edə bilərlər. Belə fəaliyyətlər Azərbaycan dili

dərsini digər fənlərlə də əlaqələndirir. Tarix, coğrafiya, ədəbiyyat, incəsənət və informatika ilə inteqrasiya şagirdin ümumi dünyagörüşünün formalaşmasına kömək edir.

Yaradıcılıq tapşırıqları şagirdin həm dil, həm də təfəkkür imkanlarını üzə çıxarır. Buna görə Azərbaycan dili dərslərində yalnız standart çalışmalarla kifayətlənmək məqsədəuyğun deyil.

Şagirdlərə aşağıdakı kimi tapşırıqlar vermək olar:

- verilmiş hekayəni davam etdirmək;
- bir hadisəni müxtəlif obrazların dilindən yazmaq;
- şəkil əsasında hekayə yaratmaq;
- müəyyən sözlərdən istifadə etməklə mətn qurmaq;
- bir xəbərə başlıq seçmək;
- məktub yazmaq;
- müsahibə hazırlamaq;
- elan və reklam mətni yaratmaq;
- gündəlik və ya xatirə yazmaq;
- verilmiş mətnin sonluğunu dəyişmək.

Bu cür tapşırıqlar şagirdin təsəvvürünü, yaradıcı düşüncəsini və dil imkanlarını inkişaf etdirir.

Hər bir şagirdin marağı eyni deyil. Biri tarixə, digəri idmana, başqa biri musiqiyə, heyvanlara, texnologiyaya və ya təbiətə maraq göstərə bilər. Müəllimin vəzifələrindən biri də bu fərqləri nəzərə almaqdır. Məsələn, eyni dil tapşırığını müxtəlif mövzular üzərində qurmaq mümkündür. İdmanı sevən şagird futbol haqqında, heyvanları sevən şagird heyvanlar haqqında, texnologiyaya marağı olan şagird yeni texnoloji yenilik haqqında mətn hazırlaya bilər. Belə yanaşma şagirdə seçim imkanı verir və onun dərsə münasibətini müsbət istiqamətdə dəyişir.

ŞƏXSİYYƏTİN FORMALAŞMASINDA SOSİAL DAVRANIŞLARIN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN ROLU

Doçent Doktor, AMALYA HASANOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Bioloji öğretim teknolojisi bölümü

(amalya.hasanova59@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2196-3215

Özet

KİŞİLİĞİN OLUŞUMUNDA SOSYAL DAVRANIŞLARIN DÜZENLENMESİNİN ROLÜ

Kişiliğin oluşumu; bireyin toplumla etkileşimi, sosyal normları benimsemesi ve psikolojik gelişimi dahil olmak üzere karmaşık ve çok yönlü bir süreçtir. Bu süreçte sosyal davranışların düzenlenmesi özel bir önem taşımaktadır. Sosyal davranışı düzenleyen mekanizmalar – ahlaki ve etik değerler, sosyal normlar, değer yönelimleri ve öz düzenleme becerisi – bireyin sosyal çevreye entegrasyonunu sağlar. Bu makalede, kişiliğin oluşumunda sosyal davranışların düzenlenmesinin rolü, psikolojik ve sosyolojik mekanizmaları ve bireyin sosyalleşme sürecindeki yeri bilimsel-teorik açılardan analiz edilmektedir. Çağdaş psikoloji ve sosyolojide kişilik, yalnızca biyoloji veya genetikle belirlenen bir varlık olarak değil, sosyal ilişkiler sisteminde şekillenen aktif bir özne olarak kabul edilir. Kişiliğin gelişimi, bireyin sosyal çevreye uyum sağlaması ve aynı zamanda bu çevreye kendi etkisini göstermesi ile gerçekleşir. Sosyal davranış, bireyin toplumdaki diğer insanlarla, gruplarla ve sosyal kurumlarla olan etkileşimini ifade eder. Bu davranışların doğru bir şekilde düzenlenmesi, bireyin sosyal açıdan olgunlaşmasına ve toplumda kendi yerini bulmasına olanak tanır. Davranış düzenleme mekanizmalarının zayıflığı ise sapkın (orijinalden sapma gösteren) davranışlara, sosyal adaptasyon sorunlarına ve kişilik içi çatışmalara yol açabilir. Kişiliğin oluşumu, sosyal davranışların düzenlenmesi süreciyle yakından ilişkilidir. Bu düzenleme, bireyin biyolojik bir varlıktan sosyal ve manevi bir özneye dönüşmesinin temel dayanağıdır. Davranışlarını toplumun kurallarına, manevi değerlere ve içsel ahlak ilkelerine uygun olarak yönetebilen bireyler, daha yüksek psikolojik dayanıklılığa ve sosyal adaptasyon becerisine sahip olurlar. Günümüzde eğitim ve öğretim kurumlarının temel görevi yalnızca bilgi aktarmak değil, aynı zamanda genç neslin sosyal davranışlarını öz düzenleme mekanizmaları aracılığıyla yönetme becerilerini geliştirmektir.

Anahtar kelimeler: kişilik, sosyal davranış, davranışın düzenlenmesi, sosyalleşme, öz düzenleme, sosyal normlar.

THE ROLE OF SOCİAL BEHAVİOR REGULATİON İN PERSONALİTY FORMATİON

Associate Professor, Amalya Hasanova

Azerbaijan State Pedagogical University, Department of Biology Instructional Technology

(amalya.hasanova59@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2196-3215

Abstract

The formation of personality is a complex and multifaceted process, including the individual's interaction with society, the internalization of social norms, and psychological development. In this process, the regulation of social behaviors is of particular importance. Mechanisms regulating social behavior —moral and ethical values, social norms, value orientations, and self-regulation ability— ensure the integration of the individual into the social environment. This article analyzes the role of social behavior regulation in personality formation, its psychological and sociological mechanisms, as well as its place in the socialization process of the individual from scientific and theoretical perspectives. In modern psychology and sociology, personality is considered not merely as a being conditioned by biology or genetics, but as an active subject formed within a system of social relations. The development of personality is accompanied by the individual's adaptation to the social environment while simultaneously exerting an influence on it. Social behavior reflects the individual's interaction with other people, groups, and social institutions in society. Proper regulation of these behaviors enables the individual to mature socially and find their place in society. On the other hand, weak behavioral regulation mechanisms can lead to deviant behavior, social adaptation issues, and intrapersonal conflicts. The formation of personality is closely linked to the process of regulating social behavior. This regulation serves as the foundation for an individual's transformation from a biological entity into a social and moral subject. Individuals who can manage their behavior in accordance with societal norms, moral values, and internal ethical principles possess higher psychological resilience and social adaptability. In the modern era, the primary duty of educational and upbringing institutions is not merely the transmission of knowledge, but also the development of the young generation's ability to regulate their social behavior through self-regulation mechanisms.

Keywords: personality, social behavior, behavior regulation, socialization, self-regulation, social norms.

Giriş-Şəxsiyyətin formalaşmasında sosial davranışların rolu. Şəxsiyyətin formalaşması fərdin cəmiyyətlə qarşılıqlı təsiri, sosial normaları mənimsəməsi və psixoloji inkişafı daxil olmaqla mürəkkəb və çoxşaxəli bir prosesdir. Bu prosesdə sosial davranışların tənzimlənməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Sosial davranışı tənzimləyən mexanizmlər; mənəvi-əxlaqi dəyərlər, sosial normalar, dəyər orientasiyaları və özünüidarəetmə qabiliyyəti, fərdin sosial mühitə inteqrasiyasını təmin edir. Bu məqalədə şəxsiyyətin formalaşmasında sosial davranışların tənzimlənməsinin rolu, psixoloji və sosioloji mexanizmləri, həmçinin fərdin sosiallaşma prosesindəki yeri elmi-nəzəri aspektlər baxımından təhlil olunur. Müasir psixologiya və sosiologiyada şəxsiyyət yalnız biologiya və ya genetika ilə şərtlənən bir varlıq kimi deyil, sosial münasibətlər sistemində formalaşan aktiv subyekt kimi qəbul edilir. Şəxsiyyətin inkişafı fərdin sosial mühitə uyğunlaşması və eyni zamanda bu mühitə öz təsirini göstərməsi ilə müşayiət olunur. Sosial davranış fərdin cəmiyyətdəki digər insanlarla, qruplarla və sosial institutlarla qarşılıqlı təsirini ifadə edir. Bu davranışların düzgün tənzimlənməsi fərdin sosial baxımdan yetkinləşməsinə və cəmiyyətdə öz yerini tapmasına imkan yaradır. Davranışın tənzimlənməsi mexanizmlərinin zəifliyi isə deviant (kənaraçıxan) davranışlara, sosial adaptasiya problemlərinə və şəxsiyyət daxili münaqişələrə gətirib çıxara bilər. Şəxsiyyətin formalaşması sosial davranışların tənzimlənməsi prosesi ilə sıx bağlıdır. Bu tənzimləmə fərdin bioloji varlıqdan sosial və mənəvi subyektə çevrilməsinin əsas dayağıdır. Öz davranışlarını cəmiyyətin normalarına, mənəvi dəyərlərə və daxili əxlaqi prinsiplərə uyğun olaraq idarə edə bilən fərdlər daha yüksək psixoloji davamlılığa və sosial adaptasiya qabiliyyətinə malik olurlar. Müasir dövrdə təhsil və tərbiyə müəssisələrinin əsas vəzifəsi yalnız biliyin ötürülməsi deyil, həm də gənc nəslin sosial davranışlarını özünüidarəetmə mexanizmləri vasitəsilə tənzimləmək bacarıqlarını inkişaf etdirməkdən ibarətdir [1].

Sosial davranışın tənzimlənməsi mexanizmləri. Sosial davranışın tənzimlənməsi həm xarici (sosial), həm də daxili (psixoloji) amillərin qarşılıqlı təsiri vasitəsilə baş verir. Bu tənzimləmə bir neçə əsas səviyyədə həyata keçirilir:

- Xarici (sosial) tənzimləmə mexanizmləri

1.Sosial normalar və qaydalar: Cəmiyyətdə qəbul olunmuş hüquqi, əxlaqi və mədəni normativlər fərdin davranış çərçivəsini müəyyən edir.

2.Sosial nəzarət və sanksiyalar: Cəmiyyətin davranışı təqdir etməsi (mükafatlandırma) və ya rədd etməsi (cəzalandırma) fərdin sosial baxımdan arzulanan davranışları mənimsəməsinə təkan verir [2].

- Daxili (psixoloji) tənzimləmə mexanizmləri

Mənlik şüuru və özünüqiymətləndirmə: Fərdin özü haqqında təsəvvürləri, öz davranışını kənardan qiymətləndirmə bacarığı.

Dəyər sistemləri və motivasiya: Şəxsiyyətin aparıcı motivləri, həyati məqsədləri və mənəvi kriteriyaları davranışın istiqamətini müəyyənləşdirir.

Emosional və iradı tənzimləmə: Fərdin öz emosiyalarını idarə etmək, impulsiv reaksiyaları cilovlamaq və uzunmüddətli məqsədlər üçün iradə nümayiş etdirmək qabiliyyəti [3].

Sosial davranışın əsasını ünsiyyət təşkil edir. İnsanın başqaları ilə qurduğu sosial təmaslar onun emosional intellektini, empatiya qabiliyyətini və münaqişələri həll etmə bacarığını inkişaf etdirir. Ünsiyyət çatışmazlığı və ya neqativ sosial davranışlar isə şəxsiyyətdə özünə qapanma, aqressiya və ya sosial adaptasiya problemlərinə gətirib çıxara bilər [4].

Şəxsiyyətin formalaşması hər şeydən əvvəl davranış — orqanizmin ətraf mühit şəraitilə əlaqəsinin, qarşılıqlı təsirinin bir formasıdır. Davranışın mənbəyi ehtiyaclardır. Bu halda davranış öz klassik formasında bu qarşılıqlı təsirin icraedici halqası, canlı varlıqların xaricdən müşahidə olunan hərəki aktivliyi kimi çıxış edir. Şəxsiyyətin davranışının özünəməxsusluğu onun sosial davranış olmasındadır. Sosial davranış davranışın və şəxsiyyətin

təzahürünün inteqral və üstünlük təşkil edən formasıdır. Sosial davranışın ümumiləşdirilmiş xarakteristikası ondan ibarətdir ki, bu — dil və digər işarə-məna törəmələri ilə sosial şərtlənmiş əməllər sistemidir ki, onların vasitəsilə şəxsiyyət və ya sosial qrup ictimai münasibətlərdə iştirak edir, sosial mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olur. Sosial davranışa insanın cəmiyyətə, başqa insanlara və əşya dünyasına münasibətdə əməlləri daxildir. Bu əməllər cəmiyyətin mənəviyyat və hüquq normaları ilə tənzimlənir. Sosial davranışın subyekti kimi şəxsiyyət və sosial qrup çıxış edir.

Davranışın öz strukturu vardır. Buraya: davranış aktı, hərəkət, tərz (qaydada hərəkət/davranış) və əməl daxildir. Bu elementlər məcmuda bütöv, məqsədyönlü sosial davranışa daxil olur. Strukturun hər bir elementi öz məna yükünə, öz spesifik psixoloji məzmununa malikdir. Davranış aktı hər hansı bir fəaliyyətin təkrar olunmaz (tək) təzahürünü, onun bir elementini təşkil edir.

Sosial hərəkətin sosial-psixoloji spesifikası bir sıra fenomenlərlə müəyyən edilir: yaxın ətrafın sosial hərəkəti qavraması; bu qavrayışın sosial hərəkətin motivasiyasındakı rolu; şəxsiyyətin müəyyən bir qrupa mənsubluğunu dərk etməsinin motivasiya amili kimi rolu; referent qrupun rolu; şəxsiyyətin sosial hərəkətinin sosial nəzarət mexanizmləri.

Əməl şəxsiyyətin sosial əhəmiyyəti özünə aydın olan elə bir hərəkətidir. «Əməl — dərk olunmuş motivlərlə sövq edilən, sosial cəhətdən qiymətləndirilən davranış aktıdır. Impulsiv hərəkətlərdən fərqli olaraq, əməl qəbul edilmiş niyyətə uyğun olaraq həyata keçirilir. Davranışın elementi kimi əməl insanın motivlərinə və məqsədlərinə tabedir. Onda insanın şəxsiyyəti — onun aparıcı ehtiyacları, ətraf gerçəkliyə münasibəti, xarakteri, temperament təzahür edir» [5].

Bir sıra hərəkətlər davranışları təşkil edir. Fərdin sosial davranışının bir elementi olan bir hərəkət, yüksək sosial əhəmiyyətli bir fəaliyyəti təcəssüm etdirir. Subyekt, niyyətlərindən kənara çıxsa belə, bu fəaliyyət üçün məsuliyyət daşıyır. Fərdin məsuliyyəti, öz hərəkətlərinin sosial və psixoloji nəticələrini qabaqcadan görmək qabiliyyətində ifadə olunur. Fərdin sosial davranışının məqsədi ətrafdakı reallığı (dünyanı) dəyişdirmək, cəmiyyətdə sosial dəyişikliklər yaratmaq, qrup daxilində sosial-psixoloji hadisələri təşviq etmək və özünü şəxsən dəyişdirməkdir. Sosial davranışın nəticəsi, müxtəlif ölçülü icmalarla fərd və başqaları arasında qarşılıqlı əlaqələrin və münasibətlərin formalaşması və inkişafıdır. Ünsiyyət bu nəticələrə nail olmaqda mühüm rol oynayır. Bəzi müəlliflərin ünsiyyəti davranış atributu adlandırması səbəbsiz deyil. Sosial əlaqələrin və münasibətlərin formalarının müxtəlifliyi sosial davranış növlərini müəyyən edir. Bu növlər müxtəlif meyarlara görə təsnif edilir. Sosial davranış növlərini təsnif etmək üçün ən geniş əsas, onun özünü göstərdiyi varlıq sahələrinin tərifidir. Varlıq sferaları müxtəlif formalarda mövcuddur, bunlardan ən vacibləri bunlardır: maddi istehsal (əmək), mənəvi istehsal (fəlsəfə, elm, mədəniyyət, hüquq, əxlaq, din), gündəlik həyat, istirahət və ailə. Həyatın bu sahələri daxilində müvafiq davranış növləri yaranır, formalaşır və inkişaf edir: istehsal, iş, sosial-siyasi, dini, mədəni, gündəlik həyat, istirahət və ailə.

Şəxsiyyətin sosial davranışı mürəkkəb sosial və sosial-psixoloji hadisədir. O, sosial tənzimləmənin geniş sisteminə daxildir. Sosial tənzimləmənin funksiyaları bunlardır: tənzimləmə subyektləri üçün zəruri olan normaqarı, qaydaların, mexanizmlərin, vasitələrin formalaşdırılması, qiymətləndirilməsi, qorunub saxlanılması, müdafiəsi və yenidən istehsalı; bu norma və vasitələr cəmiyyət üzvü kimi şəxsiyyətin qarşılıqlı əlaqə, münasibətlər, ünsiyyət, fəaliyyət, şüur və davranış tipinin mövcudluğunu və yenidən istehsalını təmin edir. Geniş mənada şəxsiyyətin sosial davranışının tənzimlənməsi subyektləri qismində cəmiyyət, kiçik qruplar və şəxsiyyət çıxış edir [6].

Geniş mənada şəxsiyyət davranışının tənzimləyiciləri «əşyalar dünyası», «insanlar dünyası» və «ideyalar dünyası»dır. Tənzimləmə subyektlərinə mənsubiyyətinə görə tənzimləmənin ictimai, sosial-psixoloji və şəxsi amillərini fərqləndirmək olar. Bundan əlavə, bölgü obyektiv (xarici) — subyektiv (daxili) parametri üzrə də aparıla bilər.

Xarici tənzimləyicilərin genis sinfini «sosial», «ictimai» təyinatı olan bütün sosial hadisələr tutur. Buraya daxildir:

- ictimai istehsal,
- ictimai münasibətlər (şəxsiyyətin həyat fəaliyyətinin geniş sosial konteksti),
- sosial hərəkatlar,
- ictimai rəy,
- sosial ehtiyaclar,
- ictimai maraqlar,
- ictimai əhval-ruhiyyə,
- ictimai şüur,
- sosial gərginlik,
- sosial-iqtisadi vəziyyət.

Ümumbəşəri determinasiya ümumi amillərinə həyat tərzi, yaşayış tərzi, rifah səviyyəsi, sosial kontekst daxildir.

Cəmiyyətin mənəvi həyat sferaasında şəxsiyyət davranışının tənzimləyiciləri qismində moral, etika, mentalitet, mədəniyyət, submədəniyyət, ideal, dəyərlər, təhsil, ideologiya, kütləvi informasiya vasitələri, dünyagörüşü, din çıxış edir. Siyasət sferasında — hakimiyyət, bürokratiya, sosial hərəkatlar. Hüquqi münasibətlər sferasında — hüquq, qanun [7].

Ümumbəşəri tənzimləyicilər bunlardır: işarə, dil, simvol, ənənələr, rituallar, adətlər, vərdişlər, qərəzlər, cтereotiplər, kütləvi informasiya vasitələri, standartlar, əmək, idman, sosial dəyərlər, ekoloji vəziyyət, etnos, sosial proqramlar, məişət, ailə.

Xarici tənzimləyicilərin daha dar həcmini sosial-psixoloji hadisələr təşkil edir. Əvvəla, belə tənzimləyicilər bunlardır: böyük sosial qruplar (etnos, siniflər, təbəqələr, peşələr); kiçik sosial qruplar (ümumilik, qrup, birlik, kollektiv, təşkilat, opponent dairəsi); qrup hadisələri — sosial-psixoloji iqlim, kollektiv təsəvvürlər, qrup rəyi, münaqişə, əhval-ruhiyyə, gərginlik, qruplararası və qruppdaxili münasibətlər, ənənələr, qrup davranışı, qrupun sıxlığı (mütəşəkkilliyi), qrupun referentliyi, kollektivin inkişaf səviyyəsi.

Sosial davranışı tənzimləyən ümumi sosial-psixoloji fenomenlərə simvollar, ənənələr, qərəzlər, dəb (moda), zövqlər, kommunikasiya, şayiələr, reklama, stereotiplər daxildir.

Həm qiymətləndirməyə, həm də davranışı tənzimləməyə imkan verən yazılmış və yazılmamış ümumbəşəri normalarla yanaşı, bu və ya digər birlikdə qəbul edilmiş normalar mövcuddur. Bu birlik həm formal, həm də qeyri-formal, bəzən tərkibinə görə kifayət qədər dar ola bilər. Çox vaxt bu normalar əksəriyyətin və dövlətin nöqteyi-nəzərindən mənfi olan, asosial davranış formalarını tənzimləyir. Bunlar — ayrı-ayrı qrupların və şəxsiyyətlərin davranışını tənzimləyən qrup normalarıdır [8].

Etik normalar — əxlaq normaları — tarixi olaraq formalaşır, insanların davranışını mütləq prinsiplərə (xeyir və şər), etalonlara, ideallara (ədalət) uyğunlaşdırmaqla tənzimləyir. Bu və ya digər normaların əxlaqlılığının əsas meyarı insanda başqa insana və özünə qarşı münasibətin təzahürüdür. Mənşə üsuluna və təsir mexanizminə görə psixoloji məzmununa yaxın olanlar dini normalardır. Onları ümumbəşəri əxlaq normalarından fərqləndirən cəhət konfessional mənsubiyyət, normaları müəyyən edən və onları təsisat və davranış qaydaları kimi qəbul edən daha dar birlikdir (müxtəlif dinlərin əmrləri).

Şəxsiyyətin sosial davranış normaları sırasına rituallar daxildir. Rituallar — davranışın konvensional normalarıdır. Bu zaman bəzi prinsiplər mütləqdir: birinci, hərəkətin ümumi qəbul edilmiş şərtiliyi; ikinci, ritualın

cəmləşdiyi hadisənin və ya faktın ictimai əhəmiyyəti; üçüncü, onun xüsusi məqsədi. Ritual insan qrupunda vahid psixoloji əhval-ruhiyyə yaratmağa, onları vahid aktiv həyəcanlanmaya və ya faktın və ya hadisənin vacibliyini etiraf etməyə çağırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur [9].

Nəticə-Şəxsiyyət fərdin bioloji, psixoloji və sosial xüsusiyyətlərinin sintezindən yaranan mürəkkəb bir sistemdir. Şəxsiyyətin formalaşması yalnız genetik faktorlarla məhdudlaşmır; fərdin cəmiyyətlə qarşılıqlı əlaqəsi və bu prosesdə nümayiş etdirdiyi sosial davranışlar həlledici rol oynayır. Bu məqalədə sosial davranışın şəxsiyyətin inkişafına, dəyərlər sisteminin yaranmasına, sosiallaşma prosesinə və mənlik şüurunun inkişafına təsiri elmi-nəzəri aspektlərdən təhlil edilir. Şəxsiyyətin formalaşmasında sosial davranış həm **səbəb**, həm də **nəticə** funksiyasını daşıyır: fərd sosial davranış vasitəsilə cəmiyyəti mənimsəyir, eyni zamanda inkişaf edən şəxsiyyət öz növbəsində sosial davranışın keyfiyyətini müəyyən edir. Xarici və daxili tənzimləyicilərin bir-birindən nisbətən müstəqil olaraq yanaşı mövcud olduğunu təsəvvür etmək səhv olardı. Xarici tənzimləyicilər şəxsiyyətin sosial davranışının xarici səbəbləri kimi çıxış edir, daxili tənzimləyicilər isə bu xarici determinantların təsirinin sınğından keçdiyi prizma funksiyasını yerinə yetirir. Cəmiyyətin hazırladığı normaların insan tərəfindən mənimsənilməsi ən effektiv o halda olur ki, bu normativlər şəxsiyyətin mürəkkəb daxili dünyasına onun üzvi komponenti kimi daxil edilsin. Xarici və daxili tənzimləyicilərin dialektik qarşılıqlı təsiri nəticəsində şüurun, əxlaqi əqidələrin, şəxsiyyətin dəyər orientasiyalarının inkişafının mürəkkəb psixoloji prosesi, sosial davranış vərdişlərinin işlənib hazırlanması, motivasion sistemin yenidən qurulması, şəxsi mənalar və dəyərlər sisteminin, qurğuların və münasibətlərin yenidən qurulması, zəruri sosial-psixoloji xassələrin və şəxsiyyətin xüsusi strukturunun formalaşması həyata keçirilir. Sosial nəzarətin tənzimləyici təsiri mexanizmini başa düşmək üçün qeyri-formal nəzarətin xüsusiyyətləri mühüm əhəmiyyət kəsb edir. O, insanın vəzifə mövqeyinə deyil, onun mənəvi şüuruna əsaslanır. Mənəvi şüura malik olan hər bir insan sosial nəzarətin subyekti ola bilər, yəni ətrafdakıların və öz əməllərini qiymətləndirməyə qadir ola bilər. Kollektivdə törədilmiş hər bir əməl qeyri-formal nəzarətin — tənqidin, qınağın, nifrətin obyekti olur. Qeyri-formal psixoloji nəzarətin mühüm psixoloji mexanizmləri utanc hissi, vicdan, ictimai rəydir. Onlarda və onların vasitəsilə xarici və daxili tənzimləyicilərin qarşılıqlı təsiri, şəxsiyyətin əxlaqı ilə sosial psixologiyasının qarşılıqlı təsiri ən parlaq şəkildə ifadə olunur. Şəxsiyyətin sosial davranışının özünütənzimlənməsi sosial davranışın ali tənzimləyicisi bütün psixi proseslərin, xassələrin və halların məcmusu kimi şəxsiyyətdir. Bundan əlavə, özünütənzimlənmə prosesinə şəxsiyyət özünün spesifik prosesləri və xassələri ilə daxil olur. Bu fenomenlər əvvəla şəxsiyyətin motivasion prosesləri, şüuru və özünüdərketməsidir. Xarici təsirlərin dərk edilməsi şəxsiyyətə onları öz davranışının meyarları, etalonları, ölçüləri, miqyasları kimi istifadə etməyə imkan verir. Sosial təsirlərin dərk edilməsi prosesində şəxsiyyət özünə və başqalarına münasibət formalaşdırır, öz davranışına və birlik və qrupun digər üzvlərinin davranışına, birbaşa, kontaktlı və vasitəli qarşılıqlı təsirdə tərəfdaşlara münasibəti qiymətləndirir və formalaşdırır. Sosial təsirin və sosial davranışın obyekti və subyekti kimi özünüdərketmə və özünə münasibət şəxsiyyətin özünüdərkində həyata keçirilir.

İctimai bilik və şəxsiyyətin özünə münasibəti Mən-obrazında, Mən-konsepsiyasında öz əksini tapır. Bu konstruktlar öz fərdiliyi, eyniliyi haqqında təsəvvürləri; maraqların, meyllərin, dəyər orientasiyalarının müəyyən birliyini; müəyyən özünüqiymətləndirmə və özünə hörməti; fəaliyyət subyekti kimi özünü yaşamağı özündə birləşdirir. Mən-konsepsiya onun bütün tərkib elementlərində (indiki mən, ideal mən, təqdim olunan mən) şəxsiyyətin real, planlaşdırılan, ideal sosial davranışını tənzimləyir. Davranışın özünütənzimlənməsinin ən təsirli şəxsi fenomenləri utanc və vicdanın əxlaqi kateqoriyalarıdır. Onlar insanın subyekt və özünüqiymətləndirmə obyekti olmaq qabiliyyətini, özünüreallaşdırma, ictimai qınaq və ya bəyənmə qabiliyyətini ifadə edir.

KAYNAKLAR

1.Həsənova A., Rüstəmli R. Müasir təbiətşünaslığın sosial sinergetik konsepsiyaları, ADPU nəşr. Bakı, 2021, s.136-193.

2.Soubry A., Schildkraut J.M., Murtha A., Wang F., Huang Z., Bernal A. et al. (2013). Paternal obesity is associated with IGF2 hypomethylation in newborns: results from a Newborn Epigenetics Study (NEST) cohort. BMC Med. 11, 29;

3. Gorshkov, M. K. Youth of Russia in the mirror of sociology: on the results of long-term research / M. K. Gorshkov, F. E. Sheregi. – Moscow : Federal Research Sociological Center of the Russian Academy of Sciences, 2020. - 688 p.

4. Gorshkov, M. K. Applied Sociology + practicum in the EBS : Textbook and practicum / M. K. Gorshkov, F. E. Sheregi, B. Z. Doctors. – 3rd edition, revised and supplemented. – Moscow : Limited Liability Company "YURAYT Publishing House", 2018. – 399 p.

5. Gustav, L. Psychology of peoples and masses. / Translated from French. ed. by A. Friedman. - Moscow: AST, 2015. - 340 p.

6. Komissarov, S. N. Domestic culture as an object of informational influence / S. N. Komissarov // Social communication in modern Russian society : Collection of reports of the All-Russian Scientific and practical conference, Moscow, October 20, 2022 / Ed. V.A. Mansurov, T.Z. Adamyants, ed. E.Yu. Ivanova, P.S. Yuriev. – Moscow: Russian Society of Sociologists, 2023. – pp. 140-144.

7. Reznikov, M. Yu. Studying the effect of man-made electromagnetic radiation on the brain / M. Yu. Reznikov // Innovations and investments. - 2024. – No. 7. – pp. 421-424.

8.V. Roder, A. Neurocognition and Social Cognition in Schizophrenia Patients: Basic Concepts and Treatment. Medalia (eds.). Karger Press, 2010.

9.Əliyev, R. İ. (2018). *Psixologiya:* Dərslik. Bakı: Müəllim nəşriyyatı.

MOTİVASİYA VƏ EMOSİYALARIN NEYROFİZİOLOJİ ƏSASLARI

Doçent Doktor, AMALYA HASANOVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi, Bioloji öğretim teknolojisi bölümü

(amalya.hasanova59@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2196-3215

Özet

MOTİVASYON VE DUYGULARIN NÖROFİZYOLOJİK ESASLARI

Motivasyon, kelime anlamıyla faaliyete, harekete teşvik eden faktör demektir. Henüz Seçenov, hayvanın hoş his uyandıran uyarılmayı uzatmaya veya sürdürmeye, aksine hoş olmayan hislerle eşlik eden uyarıcıların etkisinden kurtulmaya çalıştığını savunuyordu. Böylece, duygular ve motivasyonlar arasında doğrudan ve geri bildirimli bir ilişki mevcuttur. Motivasyon sisteminde fizyolojik ihtiyaçlar önemli bir rol oynar; bu ihtiyaçların oluşması, organizmanın iç ortamının dengesini kontrol eden özel reseptörlerin ve sinir merkezlerinin faaliyetiyle bağlantılıdır. İç ortamda meydana gelen her türlü değişim bu reseptörler tarafından kaydedilir ve bunlar ana biyolojik dominant merkezlerine — sinir merkezlerine sinyaller gönderirler; örneğin: susuzluk merkezi, doyma merkezi, açlık merkezi, cinsel davranışın düzenlenmesi merkezleri vb. Yani reseptörler dış ortamla doğrudan temas kurar, organizmanın iç ortamının dış ortama ne derece uygun (adekvat) olduğunu bildirir. Buna uygun olarak organizma tarafından belirli önlemler alınır, uygun adımlar atılır.

Herhangi bir duygunun ortaya çıkması, sinir sisteminin kendi çeşitli yapılarında üretilen biyolojik olarak aktif maddelerin aktivasyonuna zemin hazırlar. Duyguların gücü, yoğunluğu ve kalitesi beynin noradrenerjik, kolinerjik, serotonerjik ve dopaminerjik sistemlerinin faaliyeti ile belirlenir.

Ayrıca duyguların sağlanmasında endojen afyonlulara (opiatlara) da belirli bir rol düşmektedir. Örneğin; beyinde serotonin konsantrasyonu arttığında insanın ruh hali yükselir, eksikliği ise depresyon durumuna yol açar. Depresyon tedavisinde elektroşok terapisinin olumlu etkisi noradrenalin sentezinin güçlenmesiyle ilişkilidir. İntihar eğilimli hastaların muayene sonuçları, beyinlerinde noradrenalin ve serotonin eksikliği olduğunu göstermiştir; bu durumda noradrenalin eksikliğine keder depresyonu, serotonin eksikliğine ise kaygı (anksiyete) depresyonu eşlik etmektedir.

Anahtar kelimeler: motivasyon, duygular, dominant merkezler, endojen opiatlar, kaygı depresyonu

NEUROPHYSIOLOGICAL BASES OF MOTIVATION AND EMOTIONS

Associate Professor, Amalya Hasanova

Azerbaijan State Pedagogical University, Department of Biology Instructional Technology

(amalya.hasanova59@mail.ru) ORCID: 0000-0002-2196-3215

Abstract

Motivation literally means a factor that drives activity and movement. As early as Sechenov posited, animals strive to prolong or maintain pleasurable excitation and, conversely, to free themselves from the influence of stimuli accompanied by unpleasant sensations. Thus, there is a direct and feedback relationship between emotions and motivations. Physiological needs play a crucial role in the motivation system; the formation of these needs is associated with the activity of specific receptors and neural centers that monitor the stability of the organism's internal environment. Any changes occurring in the internal environment are registered by these receptors, which send signals to the main biological dominant centers — neural centers; for example: the thirst center, satiety center, hunger center, centers regulating sexual behavior, etc. In other words, receptors establish a direct link with the external environment, signaling the extent to which the organism's internal environment corresponds to the external conditions. Accordingly, the organism takes appropriate measures and steps.

The emergence of any emotion facilitates the activation of biologically active substances produced within various structures of the nervous system itself. The strength, intensity, and quality of emotions are determined by the activity of the brain's noradrenergic, cholinergic, serotonergic, and dopaminergic systems.

Endogenous opiates also play a specific role in facilitating emotions. For instance, as the concentration of serotonin in the brain increases, a person's mood rises, whereas its deficiency causes a state of depression. The positive effect of electroconvulsive therapy in treating depression is linked to the enhancement of noradrenaline synthesis. Examination results of suicidal patients have shown that their brains lack sufficient amounts of noradrenaline and serotonin; moreover, noradrenaline deficiency is accompanied by melancholic depression, while serotonin deficiency is accompanied by anxiety depression.

Keywords: motivation, emotions, dominant centers, endogenous opiates, anxiety depression

GİRİŞ. Motivasiya hərfi mənada fəaliyyətə, hərəkətə sövq edən amil deməkdir. Hələ Seçenov hesab edirdi ki, heyvan xoş hissi oyatmanı uzatmağa və ya saxlamağa, əksinə, xoşagəlməz hiss hissiyatı ilə müşayiət olunan qıcıqlandırıcıların təsirindən azad olmağa çalışır. Bununla da, emosiyalar və motivasiyalar arasında birbaşa və əks əlaqə mövcuddur. Motivasiya sistemində fizioloji tələbatlar mühüm rol oynayır; bu tələbatların formalaşması orqanizmin daxili mühitinin sabitliyinə nəzarət edən xüsusi reseptorların və sinir mərkəzlərinin fəaliyyəti ilə bağlıdır. Daxili mühitdə baş verən hər növ dəyişikliklər bu reseptorlar tərəfindən qeydə alınır və onlar əsas bioloji dominant mərkəzlərinə — sinir mərkəzlərinə siqnallar göndərirlər; məsələn: susuzluq mərkəzi, doyma mərkəzi, aclıq mərkəzi, cinsi davranışın tənzimlənməsi mərkəzləri və s. Yəni reseptorlar xarici mühitlə birbaşa əlaqə yaradır, orqanizmin daxili mühitinin xarici mühitə nə dərəcədə adekvat olduğunu siqnal edir. Buna uyğun olaraq orqanizm tərəfindən müəyyən tədbirlər görülür, adekvat addımlar atılır. Hər hansı bir emosiyanın yaranması sinir sisteminin özünün müxtəlif strukturlarında hasil olunan bioloji aktiv maddələrin fəallaşmasına şərait yaradır. Emosiyaların gücü, intensivliyi və keyfiyyəti beynin noradrenergik, xolinergik, serotoninergik və dofaminergik sistemlərinin fəaliyyəti ilə müəyyən edilir. Həmçinin emosiyaların təmin olunmasında endogen opiatlara da müəyyən rol məxsusdur. Belə ki, məsələn, beyində serotoninin konsentrasiyası artdıqda insanın əhval-ruhiyyəsi qalxır, onun çatışmazlığı isə depressiya vəziyyətinə səbəb olur. Depressiyaların müalicəsi zamanı elektroşok terapiyasının müsbət effekti noradrenalin sintezinin güclənməsi ilə bağlıdır. Intihar meylli xəstələrin müayinəsinin nəticələri göstərmişdir ki, onların beynində noradrenalin və serotonin çatışmır; bu zaman noradrenalin qıtlığı kədər depressiyası, serotonin qıtlığı isə təşviş depressiyası ilə müşayiət olunur [1].

Motivasiyaların təbiətini izah edən bir neçə nəzəriyyə mövcuddur:

1. **Motivasiyaların humoral amilləri nəzəriyyəsi və ya «ac qan» nəzəriyyəsi:** Bu nəzəriyyəyə əsasən, motivasiyaların formalaşması qanda maddələrin toplanması və ya çatışmazlığı ilə bağlıdır. Alekseyevanın siam əkizləri (Maşa və Daşa Krivoşlyapovalar) üzərində apardığı müşahidələr göstərdi ki, qızlardan birinin yemək yeməsi digərinin doymasına səbəb olmurdu. Bu o deməkdir ki, motivasiyanın təbiətini yalnız humoral amillərlə izah etmək mümkün deyil [2].
2. **Motivasiyanın neyrogen mexanizmləri:** Məsələn, Stollar motivasiyanın **hipotalamik nəzəriyyəsini** irəli sürmüşdür ki, buna əsasən motivasiya vəziyyətinin mərkəzi tutumu (anı) hipotalamusdur. Belə ki, hipotalamusa duz məhlulunun yeridilməsi normadan artıq su istifadəsinə səbəb olurdu, onun zədələnməsi isə su balansının pozulmasına gətirib çıxarırdı. Göstərilmişdir ki, qida avtomatizmləri mövcuddur; belə ki, doyma və qidalanma mərkəzləri resiprok (qarşılıqlı əks) münasibətdədirlər (bir mərkəzin tormozlanması digər mərkəzin oyanmasına səbəb olur və əksinə). Bütün bu hipotalamik mərkəzlərin tənzimlənməsi limbik qabıq səviyyəsində həyata keçirilir [3].

Miller motivasiyanın iki növünü fərqləndirirdi:

1.Aşağı və ya fizioloji motivasiyalar (onlar həm də instinktiv, həm də visseral motivasiyalardır). Pavlovun fikrincə, bunlar əsas meyllərdir (aclıq, susuzluq, qorxu, cinsi hiss).

2.Yüksək və ya ikincili motivasiyalar. Bunlar həyat təcrübəsi ilə bağlıdır; genetik olaraq müəyyən edilmiş proqrama və toplanmış həyat təcrübəsinə əsaslanaraq ömür boyu formalaşır [4].

Motivasiyaların formalaşması A. A. Uxtomskinin **dominant prinsipinə** əsaslanır. Uxtomskiyə görə, dominantlıq orqanizmin müəyyən bir funksiyanı yerinə yetirməyə gizli hazır olması deməkdir ki, bu da şəxsiyyətin həddindən artıq sərbəstliyini istisna edir. Bu, sinir sistemində, onun müxtəlif mərtəbələrində — gövdə, hipotalamik (birincili motivasiyalar) və qabıq səviyyəsində (ikincili motivasiyalar) yaranan bir ocaqdır.

Bu ocaq bir sıra fizioloji xüsusiyyətlərə malikdir:

1.Yüksək oyanıqlığa malikdir: yəni müxtəlif qıcıqlandırıcıların təsirinə çox aktiv reaksiya vermək qabiliyyətindədir.

2.Divergensiya və irradiasiya hesabına nəzərəçarpan qabıq ərazilərinə yayılmaq qabiliyyətinə malikdir, bu da şəxsiyyətin davranış vektorunu müəyyən edir.

3.Ardıcıllıq proseslərinin uzunmüddətli olması sayəsində yüksək inersiallıqla xarakterizə olunur. Hansı proseslərin? Hiperpolyarizasiyanın.

4.Qarşılıqlı (qoşulmuş) tormozlanma: Bir dominant ocaq digər ocaqların fəaliyyətini tormozlaya bilər.

Motivasiyanın dominant xarakteri birincili və ikincili tərtibli dominant ocaqların olması sayəsində həyata keçirilir. Birincili tərtibli belə dominant ocaqlar — humoral səviyyədə (yəni müxtəlif maddələrin hesabına) saxlanılan stasionar dominant ocaqlardır; bunlar bütün hipotalamik ocaqlardır. İkincili dominant ocaqlar (ikincili tərtibli) isə qabığın müxtəlif sahələrində formalaşır və divergensiya ilə konvergensiya hesabına dəstəklənir [5].

Beləliklə, müəyyən bir bioloji tələbat mövcuddur. O, motivasiyanın formalaşmasına təkan verir (şərait yaradır).

Emosiyaların neyroanatomik əsasları. Bu məlumatlar hipokamp və qurşaq qırışının zədələnməsi olan xəstələri tədqiq edərkən emosiyaları təmin edən tam bir sistemin mövcudluğu hipotezini irəli sürən amerikalı nevropatoloq Ceyms Pepetsin (James Papez) fəaliyyəti sayəsində ortaya çıxmışdır. Bu sistem **«limbik sistem»** adlandırılmışdır.

Bu sistemə daxildir:

1.Qurşaq qırışı

2.Hipokamp

3.Hipotalamus

4.Talamus

5.Şəffaf arakəsmə (yarımkürələr arasında)

Onlar aralarındakı qarşılıqlı əlaqələr sayəsində birlikdə qapalı bir sistemi — **limbik halqanı (dairəni)** əmələ gətirirlər [6].

Bu sistemin qıcıqlanma (oyanma) mənbəyi hipotalamusdur. Ondan gələn siqnallar aşağıda yerləşən şöbələrə istiqamətlənərək emosional reaksiyanın vegetativ və motor komponentlərini aktivləşdirir. Oyanma hipotalamusdan talamus vasitəsilə qurşaq qırışına ötürülür [7].

Qurşaq qırışı emosional yaşantıların substratıdır və hissiyyat qabığındakına bənzər emosional qıcıqlandırıcılar üçün xüsusi girişlərə malikdir.

Siqnal qurşaq qırışından hipokamp vasitəsilə hipotalamusun məməyəbənzər cisimciklərinə, oradan şəffaf arakəsməyə, daha sonra isə yenidən qurşaq qırışına yönəlir.

Beləliklə, qarşılıqlı əlaqələrdən ibarət müəyyən bir qapalı sistem mövcuddur. Bu strukturlardan başqa, gicgah qabığı və badamabənzər bədən (amigdala) də emosiogen xüsusiyyətlər nümayiş etdirir. Belə ki, amigdalanın çıxarılması emosional vəziyyətin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Pribramın rezus-makaka meymunları üzərində apardığı təcrübələrdə lider erkəkdən amigdalanın çıxarılması zamanı aqressivliyin tamamilə itməsi müşahidə olunmuşdur; nəticədə bu erkək zoo-sosial iyerarxiyadakı mövqeyini tamamilə itirərək qorxaq və mütiləşmiş bir heyvana çevrilmişdir [8].

Amigdalanın elektrik qıcıqlandırılması qorxu, qəzəb, qəzəb-qəzəblənmə (coşğu) və nadir hallarda həzz emosiyalarına səbəb olur. Bir sıra tədqiqatçıların fikrincə, amigdalanın emosional funksiyaları davranış aktının həyata keçirilməsinin nisbətən daha sonrakı mərhələlərində — tələbatlar aktuallaşdıqdan və artıq müəyyən emosional vəziyyətə çevrildikdən sonra reallaşır. Bu halda amigdala, əgər varsa, rəqabət aparan emosiyalar arasından daha əhəmiyyətli olanını seçmək qabiliyyətinə malikdir. Ciddi emosional pozuntular baş beynin alın şöbələrinin zədələnməsi ilə əlaqədar yaranır, xüsusən də emosional kütlük, aşağı emosiyaların və meyllərin tormozlanmadan azad olması (cilovsuzlaşması) inkişaf edir. Meymunlarda gicgah qütblərinin (ikitərəfli) çıxarılması qorxu hissinin inkişafına gətirib çıxarır [9].

Bioloji yaddaş — canlı varlıqların xarici təsirləri qavrayaraq bu təsirlərin yaratdığı funksional vəziyyət və struktur dəyişikliklərini möhkəmləndirmək, saxlamaq və sonradan təkrar istehsal etmək (canlandırmaq) qabiliyyətidir.

Bioloji yaddaşın üç forması fərqləndirilir:

1.Genetik yaddaş: Bioloji növün yaddaşını təmsil edir. Onun daşıyıcısı məlumatların saxlanma sabitliyini təmin edə bilən nuklein turşularıdır (yəni DNT və RNT). Bu, hüceyrənin irsi yaddaşının lokalizasiya olunduğu yaddaş formasıdır. Təkamül inkişafında ilk olaraq meydana çıxır.

2.İmmunoloji yaddaş: Genetik yaddaşla bağlıdır və immun sisteminin genetik olaraq yad cisimlərlə (antigenlərlə) ilk görüşdən sonra təkrar qarşılaşmada onları tanımaq qabiliyyətindən ibarətdir.

3.Neyroloji yaddaş (və ya sinir yaddaşı): Təkamül prosesində sinir sisteminin diferensiasiyası ilə bağlı meydana çıxır və ən mürəkkəb təşkil olunmuş yaddaş forması hesab olunur. Neyroloji yaddaş — gələcək indiki zamanda davranışı müəyyən edən kecmiş təcrübə izlərinin məcmusudur. Bu yaddaş sinir sistemində müəyyən müddət ərzində saxlanılan və gələcək refleksiv reaksiyaların gedişatına təsir edən dəyişikliklərdən ibarətdir. Yalnız müəyyən xarici situasiyanın deyil, həm də orqanizmin ona subyektiv münasibətinin həkk olunmasını əhatə edən belə struktur-funksional dəyişikliklər kompleksi **enqramma** adlanır. Enqramma artıqlıq (izafi) xarakteri daşıyır, çünki bütün əldə edilmiş təcrübədən istifadə olunur və enqramma indiki zamanda artıq mövcud olmayan amillərə əsaslanır; bunun sayəsində enqramma orqanizmin aktivliyinin və onun gələcək situasiyaları reallığa uyğun proqnozlaşdırmasının əsasını təşkil edir.

Nəticə-Neyronelmin üstünlük təşkil edən (dominanta olan) paradiqmasının əsasında belə bir ideya dayanır ki, bütün mürəkkəb psixi prosesləri stimul-reaksiya tipli sadə mexaniki qarşılıqlı təsirlərə gətirmək (reduksiya etmək) olar. Ümumilikdə subyektiv təcrübə və xüsusilə təfəkkür neyronların elektrik siqnalları ilə kodlaşdırılır; neyronun aktivləşməsi hər hansı digər neyronun aktivləşməsinə reaksiya və eyni zamanda onunla anatomik bağlı olan neyronların aktivləşməsi üçün stimul rolunu oynayır. Baza əsaslarında bu model psixologiyanın assosiasionizm məktəbinin təsəvvürlərinə söykənir. Assosiasionizm ilə bugünkü təsəvvürlər arasında «aralıq həlqə» biheviorizm olmuşdur ki, buna görə də həmin paradiqma ABC-paradiqması adını almışdır (A — assosiasionizm, B — biheviorizm, C — konneksionizm). Müəyyən mərhələdə beyində baş verən proseslərin mürəkkəbliyinin artması nəticəsində assosiativ təfəkkürdən qaydalar üzrə təfəkkürə keçid baş verir. Qaydalar üzrə təfəkkür reprezentasiyalarla əməliyyat aparılması, ikinci siqnal sisteminin və beyində idarəedici funksiyanın (central executive) aid edildiyi alın qabığının fəaliyyəti ilə əlaqələndirilir. Reprezentasiyalar — neyron şəbəkələrinin «fiziki daşıyıcısında» obyektiv dünyanın modelləridir. Reprezentasiyalarla əməliyyat aparılmasının nəticələrindən biri orqanizmin bu və ya digər hərəkətləri icra edərkən əldə edə biləcəyi faydaların hesablanmasıdır (kalkulyasiyasıdır). Bu konsepsiyanın əsas ideyaları, o cümlədən beynin kompüter və ya hesablama maşını kimi təsəvvür edilməsi ABC paradiqması tərəfindən vaxtilə biheviorizmə rəqabət təşkil edən koqnitivizmdən götürülmüşdür ki, bu da müasir psixika haqqında təsəvvürlərin nəzərəçarpan eklektikliyini böyük dərəcədə izah edir [10].

Artıq qeyd edildiyi kimi, dominant paradiqmaya əsasən, beyində informasiya üstünlük təşkil edən elektrik siqnalları vasitəsilə ötürülür, humoral faktorlar isə yalnız gedən proseslərin modulyasiyası üçün istifadə olunur. Bu müddəaya uyğun olaraq, müəyyən bir Bioloji motivasiyanı ödəməyə yönəlmiş davranışın reallaşmasına beynin müvafiq şöbələrinin elektrik stimulyasiyası gətirib çıxara bilər. Lakin paradoksal haldır ki, beynin eyni sahələrinin elektrik stimulyasiyası situasiyanın kontekstindən və heyvanın təcrübəsindən asılı olaraq motivasiyalı davranışın müxtəlif formalarının təzahürünə gətirib çıxarır. Bununla yanaşı, təcrübələrin nəticələrindən məlumdur ki, lateral hipotalamusun elektrik cərəyanı ilə stimulyasiyası motivasiyalı davranışın formalaşmasına yalnız mərkəzi sinir sistemi zülal sintezi imkanı şəraitində gətirib çıxarır. Eynilə, MSS-də zülal sintezi bloklanarsa, yalnız axtarış-tədqiqat davranışının aktivləşməsi baş verir [11].

Motivasiyalı olma vəziyyətinin əsası — bu, hüceyrələrin vəziyyətidir və həmin hüceyrələrin özləri üçün xarici olan mühitə (digər hüceyrələrə) aktiv təsirində özünü göstərir. İlk növbədə bu müddəa neyron hüceyrələrinə və elektrik impulsasiyası vasitəsilə təsirə aiddir, lakin bunlarla məhdudlaşmır. "Yüksək" motivasiyaların fərqi ondadır ki, onlar sistemogenezin nisbətən son mərhələlərində yaranan və mürəkkəb davranışı təmin edən yüksək differensiasiya olunmuş hüceyrələrin metabolik ehtiyacları ilə bağlıdır. Hüceyrələrdə zülal sintezi **subyektiv həzz hissi** ilə müşayiət olunur. Bir qədər sadələşdirilərsə, lazımi metabolitlərin alınması zamanı hüceyrələrin vəziyyətini psixologiyada məlum olan "geştaltın bağlanması" fenomeninə bənzətmək olar. Fəaliyyətin müsbət nəticəsi haqqında təsəvvür zülal metabolizmi prosesinin uğurlu nəticəsi kimi hüceyrələrin yaddaşında saxlanılır. Hüceyrələrin aktivliyi uğurlu nəticənin təkrar olunmasına yönəlmişdir ki, bu da orqanizm səviyyəsində hedonik məmnunluğa canatma kimi qəbul edilir. Hüceyrələr funksional sistemlərə qoşulduqda, həzz haqqında təsəvvür orqanizmin arzulanan nəticəyə çatması üçün etməli olduğu konkret hərəkətlərlə əlaqələnir. Ehtimal ki, bu prosesin işə salınmasının müxtəlif mexanizmləri mövcuddur. Bunların arasında erkən genlərin ekspressiyası ilə müşayiət olunan, baş vermiş hadisələr haqqında yaddaşın aktivləşməsi mexanizmini xüsusi qeyd etmək lazımdır [12]. Hadisələr patterninin (modelinin) tanınması erkən genlərin ekspressiyasına gətirib çıxarır ki, bu da metabolik prosesləri induksiya edir; hüceyrədə kifayət qədər element olmadıqda bu proseslər neyronun impulsasiyasına (WANTING motivasiyasına) səbəb olur. Heyvanın yaddaşında zəruri davranış patterni olmadıqda isə, yalnız neyronların və periferik reseptorların ümumi oyanması baş verir və bu, davranışda axtarış-tədqiqat aktivliyi kimi reallaşır.

KAYNAKLAR

1.Həsənova A., Rüstəmli R. Müasir təbiətşünaslığın sosial sinergetik konsepsiyaları, ADPU nəşr. Bakı, 2021, s.128-163.

2.Davidov A. On the Problem of the Relation “Between” the Person and Society. The Place of the Person in Social Life, 1991, 249 p.

3. Bohm, D. Science, Order and Creativity / D. Bohm, F. D. Peat. – London : Routledge, 2000. – 320 p. – ISBN 978-0415171823.

4.Bhaumik, M. L. Is the Source of Awareness Present in the Quantum Vacuum? / Mani L. Bhaumik. – DOI 10.4236/jamp.2014.212117. – Text : electronic // Journal of Applied Mathematics and Physics. – 2014. – Vol. 2, no. 12. – P. 1165–1179. – URL: scirp.org (дата обращения: 14.06.2026).

5.Chakraverty, B. Is Brain in a Superfluid State? Physics of Consciousness / Benoy Chakraverty. – Preprint / arXiv. – 2010. – 12 p. – URL: https://arxiv.org/abs/1012.3765 (дата обращения: 14.06.2026). – Ref. no. arXiv:1012.3765 [physics.gen-ph].

6.Faggin, F. (2021). Silicon: From the invention of the microprocessor to the new science of consciousness. Waterside Productions.

7.Keppler, J. (2012). A conceptual framework for consciousness based on a deep understanding of matter. Philosophy Study, 2(10), 689–703.

8.Keppler, J. (2018). The role of the brain in conscious processes: A new way of looking at the neural correlates of consciousness. Frontiers in Psychology,

9, Article 1346. doi.org

9.Meijer, D. K. F. (2025). Survival of consciousness and the anticipation of an afterlife as based on current physics. Rose+Croix Journal, 18, 60–88.

10.Kent C. Berridge Motivation concepts in behavioral neuroscience, Physiology & Behavior 81 (2004) 179–209

11. Pecin˜a S, Cagniard B, Berridge KC, Aldridge JW, Zhuang X. Hyper-dopaminergic mutant mice have higher ‘‘wanting’’ but not ‘‘liking’’ for sweet rewards. J Neurosci 2003;23:9395–402.

12. Reynolds SM, Berridge KC. Positive and negative motivation in nucleus accumbens shell: bivalent rostrocaudal gradients for GABA-elicited eating, taste ‘‘liking’’/‘‘disliking’’ reactions, place preference/avoidance, and fear. J Neurosci 2002;22:7308–20.)

KİEV BÜYÜKŞEHİR PETRO MOHYLA'NIN (1586–1646) KİMLİĞİNİN KÖKLERİ

ROOTS OF THE IDENTITY OF PETRO MOHYLA (1586–1646), METROPOLITAN OF KYIV.

Sándor FÖLDVÁRI, dr.

ORCID: 0000-0002-7825-0531

alexfoldvari@gmail.com

Debrecen Üniversitesi, Beşeri Bilimler Fakültesi, Debrecen; Macaristan

Araştırma Bilim Adamı (Kıdemli Araştırmacı) ve Litvanca Dili Profesörü, Emekli

ÖZET [**İngilizce özet aşağıdadır; yine de daha ayrıntılı**.]

Bu makale, Diyarbakır'da düzenlenen Bilsel Sur Kongresi'nde (10 Ekim 2026) sunulan çalışmanın tematik devamı niteliğinde olup Metropolit Petro Mohyla'nın kökenlerini ve onun eğitim reformlarının kültürel temellerini merkeze almaktadır.

Bu makale, Petro Mohyla'nın kökeni ve kimliğiyle ilgili çelişkili tarih yazımı tartışmalarını özetler. Çoğu araştırmacı, Mohyla'nın 1596'da Suceava'da, Moldavya'nın önde gelen Movileşti beylerinden bir ailede doğduğunu kabul eder (Plokhy, 2001; Encyclopedia Britannica, n.d.). Rumen tarihçiliği, onun Moldavya kökenini vurgular ve 2002'de Rumen Ortodoks Kilisesi tarafından aziz ilan edilişini bu kökene bağlar (Daniel, 2002; Pippidi, 2018). Ukrayna tarihçiliği ise doğum kökenini kabul etmekle birlikte, onun Ukrayna Ortodoks kimliğinin şekillenmesindeki rolünü öne çıkarır (Ševčenko, 1984; Plokhy, 2001). Polonya bağlamında aile, 1607'den sonra indygenat yoluyla Polonya soyluluğuna katılmış ve Mohyła armasını almıştır; bu durum, modern ulusal kategorilere indirgenemeyen sınırötesi bir soyluluk kimliğini yansıtır (Bajer, n.d.; Lyczkowski, n.d.). Çalışmada, Mohyla'nın kimliğinin daha çok dini ve hanedanî bir temele dayandığı, erken dönem modern soyluların kendini tanımlama biçimine uygun olduğu vurgulanır.

Anahtar Kelimeler: Dinî yönetim, Kiev, Romanya, Mohyla, Okullar, Tipografiler.

ROOTS OF THE IDENTITY OF PETRO MOHYLA (1596–1646), METROPOLITAN OF KYIV

KİEV BÜYÜKŞEHİR PETRO MOHYLA'NIN (1586-1646) KİMLİĞİNİN KÖKLERİ.

Sándor FÖLDVÁRI

ORCID: 0000-0002-7825-0531

alexfoldvari@gmail.com

Debrecen University, Faculty of Humanities, Baltic Studies, Debrecen, Hungary

Research Scholar (Senior Researcher) and Lecturer of Lithuanian Language, Retired

ABSTRACT

This article, stemming from a presentation at the Bilsel Sur Congress (Diyarbakır, 10 October 2026), focuses on Petro Mohyla's origins and the cultural foundations of his educational reforms. As the previous lecture encompassed extensive material, it is being published in three parts; this constitutes the first (Földvári, 2026).

This paper addresses the contested origins of Petro Mohyla and the divergent national historiographical narratives surrounding his identity. Most scholars agree Mohyla was born in 1596 in Suceava into the Moldavian noble house of Movilești, a dynasty that produced rulers of Moldavia and Wallachia (Plokhy, 2001; Encyclopedia Britannica, n.d.). Romanian historiography emphasises his Moldavian boyar lineage and connects his canonisation by the Romanian Orthodox Church (2002) explicitly to this origin (Daniel, 2002; Pippidi, 2018). Ukrainian scholarship acknowledges his Moldavian birth but foregrounds his role in shaping Ukrainian Orthodox confessional identity and culture, notably through the Kyiv-Mohyla Academy (Ševčenko, 1984; Plokhy, 2001). Polish contexts highlight the family's integration into the Commonwealth nobility via indygenat and the Mohyła coat of arms after 1607, reflecting a transborder noble identity rather than full Polonisation (Bajer, n.d.; Lyczkowski, n.d.).

The article argues that Mohyla's identity was primarily confessional and dynastic, consistent with early modern noble self-fashioning, which transcended modern national categories.

Keywords: Confessionalisation, Kyiv, Romania, Mohyla, Schools, Typographies.



1. Figure: The Scene: the Polish-Lithuanian Commonwealth and the Romanian Principalities in the Early Modern Age

1. INTRODUCTION: MOHYLA'S ACTIVITY AS A TURNING POINT IN ORTHODOX CULTURE OF EASTERN EUROPE.

Petro Mohyla (21 December 1596 Julian/10 January 1597 Gregorian–1 January 1647 Julian/11 January 1647 Gregorian), Metropolitan of Kyiv, archimandrite of the Kyiv Pechersk Lavra, and heir to the Moldavian princely house of Movilă, occupies a pivotal place in Eastern European intellectual history. From the early 1630s, his reforms transformed Kyiv into the centre of a transregional educational, confessional, and publishing network extending from Iași and Câmpulung to Vilnius and Moscow. We in this article, therefore, interpret his schools and presses not as discrete initiatives, but as an integrated institutional system in which pedagogy, typography, diplomacy, and doctrinal consolidation were mutually reinforcing. (Sysyn, 1984; 1986a; Ševčenko, 1984; 1996; Fediai, 2026).

In discussing Mohyla's reform of schooling, it is necessary to consider the historical background, thus the cultural processes of Confessionalisation, and the motives of his activity rooted in his personal life and career. Petro Mohyla's educational enterprise constituted a systemic transformation of Orthodox intellectual culture rather than the creation of a single school. By selectively appropriating the Jesuit *Ratio studiorum*, Latin scholarship, and scholastic pedagogy, the Kyiv Collegium developed an academically competitive model directed toward Orthodox confessional renewal. Its influence was amplified through provincial schools, Danubian printing missions, and mobile networks of teachers, printers, and graduates, extending from Kyiv to Iași, Wallachia, and Moscow, too. Although the institution operated under restrictive and ambiguous legal conditions, Mohyla sustained advanced teaching through ecclesiastical privilege, Cossack support, and his metropolitan authority. Historiographical interpretations remain divided between Florovsky's critique of Latinising "pseudomorphosis" (1935/1979) and more recent accounts of strategic, transconfessional adaptation. (Thomson, 1993; Berezhnaya, 2026) Nevertheless, the Collegium's enduring significance lies in its capacity to integrate Western institutional methods with Eastern doctrinal commitments, generating a hybrid yet resilient intellectual culture that shaped Orthodox education, publishing, ecclesiastical reform, and elite formation across Eastern Europe for approximately two centuries. — The main questions to be investigated are the following ones.

It is necessary to take into account three interdependent axes. First, the Galician migration that furnished Mohyla's enterprise with personnel—including Yelysei Pletenetsky, Pamvo Berynda, Job Boretsky, Isaiah Trofimovich-

Kozlovsky, and Silvestr Kosov—and with institutional, curricular, and typographical practices developed in Lviv, Vilnius, and Ostrog (Pritsak, 1981; Fediai, 2026). Second, to situate the Collegium within a precarious legal order shaped by the Articles of Reconciliation (1632), the Sejm restrictions of 1635, and Mohyla's tactical reliance on ecclesiastical immunity, Cossack protection, and metropolitan authority (Burega, 2016; Bednov, 2003). Third, the doctrinal programme culminated in the Kyiv Council (1640), the Orthodox Confession, its revision at Jassy (1642), and the Trebnyk (1646). (Popelyastyy, 2025). As for the Synod in Jassy (Iaşi), according to Oxford University Press (1642), the text formulated by Mogila (1645/2019) was amended to firmly stand against Calvinism. These reforms have been interpreted as Latinising "pseudomorphosis" (Florovsky, 1937/1979), as a necessary response to Catholic educational ascendancy (Thomson, 1993), and as a specifically Kyivan mode of transconfessional adaptation (Berezhnaya, 2026).

A fourth axis traces the extension of this programme into Moldavia and Wallachia through Sofronii Pochapsky, Ihnatii Ievlevych, Tymofii Verbytsky, the engraver-monk Ilia, and Samuil Rohalia. By transferring presses, type, curricula, and specialist expertise, these agents helped renew Romanian-language liturgical and legal publishing at Iași and Govora (Yurchyshyn-Smith, 2001). A fifth follows the movement of graduates to Moscow—among them Epifany Slavinetsky, Simeon of Polotsk, Dimitry of Rostov, Stefan Yavorsky, and Feofan Prokopovich—whose influence on Russian ecclesiastical reform, intellectual culture, and literary production endured for more than a century (Fediai, 2026; Zaitsev, 2010).

Against the enduring historiographical controversy initiated by Florovsky, the article argues that Mohyla's project cannot be adequately classified as either capitulation to Latin models or uncomplicated preservation of inherited forms. Drawing on recent scholarship (Fediai, 2026; Charipova, 2006; Berezhnaya, 2026), it instead presents the school-and-printing complex as a coherent strategic response to the confessional pressures of the Polish-Lithuanian Commonwealth. Its historical significance lay precisely in its capacity to mobilise heterogeneous intellectual traditions across linguistic, political, and ecclesiastical boundaries while consolidating an institutionally resilient Orthodox culture.

2. THE QUESTION OF THE ORIGIN OF MOHYLA

2.1. The Data are Exactly Known about His Birth and Parents

The question of Petro Mohyla's origins has been a subject of sustained scholarly contention, shaped by competing national historiographical traditions that variously claim him as Romanian, Polish, or Ukrainian. The consensus among most historians, however, is that Mohyla was born on 21 December 1596 in Suceava, Moldavia, into the House of Movilești — a prominent Moldavian boyar family that produced several rulers of both Moldavia and Wallachia in the late sixteenth and early seventeenth centuries (Plokhy, 2001; Encyclopedia Britannica, n.d.). His father, Simion Movilă, briefly ruled Moldavia and then Wallachia, while his uncle Ieremia Movilă held the Moldavian throne from 1595 to 1606. The family traced its origins, according to the chronicle of Grigore Ureche, to a proud Purice who served Stephen the Great in the fifteenth century, though this legend has been treated with appropriate caution by modern historians (Mitu, 2001; Pippidi, 2018).

2.2. The Romanian Origin and Identity of Him

The Romanian dimension of Mohyla's identity is well documented. Romanian historiography has consistently emphasised his Moldavian boyar origins, and the Romanian Orthodox Church canonised him separately in 2002, explicitly connecting his veneration to his Moldavian birthplace. As the expert on the topic, the future Patriarch Daniel of Romania, Metropolitan of Moldova and Bukovina in 2002, confirms the fact: "Petru Movila, Metropolitan of Kiev, canonized by the Ukrainian Orthodox Church in 1996, canonization appropriated by the Romanian Orthodox Church in 1997 and 2002" (in the Romanian original: "Petru Movila, Mitropolitul Kievului, canonizat de Biserica Ortodoxă Ucraineană în 1996, canonizare însușită de Biserica Ortodoxă Română în 1997 și 2002"; Daniel, 2002:30) and he clearly connects canonization with Moldovan origin: "descendant of the Moldavian Princely Family of Movilesti, born in Suceava in 1596" (in the Romanian original: "descendent al

familiei domnitoare moldave a Movileștilor, născut la Suceava în 1596"; Daniel, 2002:28). Andrei Pippidi's work on the Movilești family situates them firmly within the framework of Moldavian political culture, noting their strategic marriages with Polish magnate families as a survival strategy after their expulsion from Moldavia, rather than as evidence of Polish ethnic origin (Pippidi, 2018). The family's surname — Movilă in Romanian, Mohyła in Polish, Могила in Church Slavonic — reflects the linguistic adaptation characteristic of a transborder noble house rather than a change of identity. Therefore, we can infer that his identity was more confessional than national, in accordance with the formation of identity in the Early Modern period, when the concept of "nation" had not yet developed in its modern sense.

2.3. The Polish Links of Mohyla

The Polish "szlachta" dimension is more complex. After Simion Movilă's murder in 1607, the family sought refuge in the Polish–Lithuanian Commonwealth, where they were granted the Mohyła coat of arms and integrated into the "szlachta" through the institution of "indygenat" — the naturalisation of foreign nobles (Bajer, n.d.; Lyczkowski, n.d.). However, the indygenat did not erase the family's Moldavian origins; rather, it created a dual identity that was typical of many transborder noble families in early modern Eastern Europe. The Movilești intermarried with the Potocki and Wiśniowiecki families, and Mohyla's sister Regina married Prince Michał Wiśniowiecki, whose son Jeremi became one of the most powerful magnates in the Commonwealth — but these alliances were political instruments, not evidence of Polonisation in the cultural sense (Plokhy, 2001).

Serhii Plokhy's study of the Orthodox Church in early modern Ukraine treats Mohyla as a Moldavian-born noble who became the key figure in the confessionalisation of Ukrainian Orthodoxy, without reducing him to any single national category (Plokhy, 2001). This approach is consistent with the broader scholarly consensus that early modern noble identities were multi-layered and cannot be mapped onto modern national categories without distortion. The Mohyła coat of arms, preserved on silver plates found during archaeological excavations at the destroyed Dormition Cathedral in 1982, testifies to the family's dual heraldic identity — Romanian boyar origin sealed by Polish szlachta naturalisation (Feodorov, 2016; Mănescu, 2006).

2.4. The Approach of the Ukrainian Historiography

Ukrainian historiography has approached the question of Mohyla's origins with a characteristic duality: acknowledging his Moldavian birth while foregrounding his decisive role in consolidating Ukrainian Orthodox culture and nationhood. The foundational text is Ihor Ševčenko's essay "The Many Worlds of Peter Mohyla" (1984), which portrays Mohyla as a figure inhabiting intersecting cultural universes — Moldavian by birth, educated in Polish Jesuit schools, yet transformed into the foremost defender and reformer of Ruthenian Orthodoxy; Ševčenko's central insight is that the Kyiv-Mohyla Academy "staved off the complete Polonization of the upper strata of Ukrainian society" and, subsequently, delayed its Russification (Ševčenko, 1984). Serhii Plokhy builds on this framework, treating Mohyla as a Moldavian-born noble who became the architect of confessionalisation in Ukrainian Orthodoxy — a process that, paradoxically, drew on Western (Jesuit) educational models to fortify an Eastern confessional identity, and in doing so helped shape not only Ukrainian but also Russian and Polish cultural identities (Plokhy, 2001).

Frank Sysyn's work on Ruthenian noble self-identity places Mohyla within the broader category of Orthodox nobles in the Polish–Lithuanian Commonwealth whose "Ruthenian" consciousness was ecclesiastical rather than ethnic, and whose loyalty to the Commonwealth coexisted with a defence of Orthodox rights — a duality that Mohyla embodied more fully than any of his contemporaries (Sysyn, 1986b). Peter Mohyla's origin is mentioned in the context of his background and connections. He is described as having "high birth in Moldavia" and connections with "the best families of the Commonwealth" (Sysyn, 1986b:181). This indicates that he came from a noble lineage and had significant social connections that likely influenced his role in the cultural and religious developments of his time. — Zenon Kohut notes the irony that Mohyla, who never visited Moscow and "always

remained a patriot of the Polish–Lithuanian Rzeczpospolita", was later appropriated by Russian imperial historiography as a figure of All-Russian culture (Kohut, 1986). — Natalia Iakovenko identifies Mohyla's ecclesiastical programme as one of three competing models of "just authority" in early modern Ukraine, in which the Orthodox Church claimed a guiding mission over the entire Ruthenian community, transcending estate boundaries (Iakovenko, 2020).

The Ukrainian historiographical position is therefore neither a denial of Mohyla's Moldavian roots nor a nationalist appropriation; rather, it treats his Moldavian origin as biographical context and his Ukrainian cultural achievement as his enduring historical significance — a distinction reinforced by his canonisation by all fifteen autocephalous Orthodox Churches in 1996 and by the survival of the National University of Kyiv-Mohyla Academy as a leading institution of Ukrainian higher education (Popivchak, 2002-2004).

3. THE JESUIT ASPECT OF MOHYLA'S LIFE AND ACTIVITY.

3.1. The Components of the Question about the Jesuit Dimension of Mohyla.

Petro Mohyla's educational trajectory, shaped by the confessional, political, and intellectual milieu of the early seventeenth-century Polish–Lithuanian Commonwealth, combined Orthodox traditions with humanist and scholastic learning: his formation integrated the curriculum of the Lviv Brotherhood School with the pedagogical culture of the Zamość Academy and possibly further study in Western Europe, evidenced by his mastery of Latin, Greek, classical philology, rhetoric, and scholastic theology. For a Moldavian princely family integrated into the Polish nobility, this education provided both social capital and the intellectual tools to operate within the Commonwealth's elite culture, while decisively informing his programme of Orthodox renewal. The Kyiv-Mohyla Collegium adopted key elements of the Jesuit "Ratio studiorum" — Latin as the primary language of instruction, graded classes, and pedagogical methods such as disputation, theatrical performance, and rhetoric — and similar Latin-influenced models underpinned Mohyla's doctrinal and liturgical initiatives, including the structuring of his "Orthodox Confession" in the catechetical and scholastic style of Counter-Reformation theology and the emphasis on ceremonial order and disciplined practice in the "Trebnyk" reforms. While Florovsky characterised this appropriation of Jesuit methods as a "pseudomorphosis" that subordinated Greek patristic theology to Latin categories (Florovsky, 1979), contemporary scholarship tends to view Mohyla's reforms as a strategic confessional adaptation: by constructing an Orthodox institution that matched Jesuit schools in intellectual rigour and organisational effectiveness, he diminished reliance on Catholic education while reinforcing Orthodox doctrinal identity, thereby achieving a selective synthesis that repurposed Western pedagogical and scholastic instruments to ensure the institutional survival, cultural competitiveness, and intergenerational transmission of Eastern Orthodoxy (Krylov, 2023; Niedźwiedź, 2018). — Let us see these questions in a bit more detail.

3.2. Mohyla's Educational Formation in the Polish–Lithuanian Commonwealth.

The question of why Petro Mohyla entered a Jesuit educational institution must be situated within the specific political and educational landscape of the Polish–Lithuanian Commonwealth in the first two decades of the seventeenth century. After the murder of his father Simion Movilă in 1607, the young Mohyla—then around eleven years old—was taken by relatives to the Commonwealth, where the Movilești had been naturalised as Polish szlachta bearing the Mohyła coat of arms (Encyclopædia Britannica, n.d.). His education proceeded in two stages: first at the Lviv Brotherhood School, an Orthodox institution founded in 1586, where he received instruction in Church Slavonic, Greek, and the fundamentals of Eastern Orthodox theology according to the traditions of the Lviv Stauropegion; then at the Zamość Academy, a humanist institution modelled on Italian universities and founded in 1595 by Crown Hetman Jan Zamoyski (Encyclopedia.com, n.d.). A controversial anonymous document, the "Magna ars disserendi de qualibet materia", found in the diocese of Peremyshl', refers to Mohyla's teacher as "the most illustrious Varro"; Ukrainian historiography has interpreted this as a reference

to the Jesuit François Véron, who taught philosophy at the Jesuit College of La Flèche in France, though Tetiana Shevchenko has argued more plausibly that the reference is to the Roman scholar Marcus Terentius Varro, used to emphasise Mohyla's classical formation (Shevchenko, 2011). Whether or not Mohyla attended La Flèche directly, the consensus is that he received thorough training in Latin, Greek, classical philology, and scholastic theology within a Jesuit or Jesuit-influenced environment (Encyclopædia Britannica, n.d.;).

3.3. Jesuit Education as a Strategy of Noble and Confessional Advancement.

The decision to place an Orthodox boy of Moldavian princely lineage in Jesuit or Jesuit-modelled schools was not anomalous. In the Commonwealth, Jesuit colleges admitted non-Catholics freely; by the early seventeenth century, the Jesuit educational network comprised approximately forty colleges and one university (Vilnius), offering the best secondary education available in the region (Niedźwiedź, 2018). The Ratio studiorum of 1599, the Jesuit curriculum charter, prescribed a humanist programme of Latin and Greek grammar, rhetoric, classical literature, philosophy, and theology, all taught in Latin—the lingua franca of European scholarship (Schwickerath, 1903; Niedźwiedź, 2018). For the Movilești family, which had lost its Moldavian throne and depended on Polish patronage, a Jesuit education was the principal means of securing the social and intellectual capital necessary for a noble career in the Commonwealth. But for Mohyla personally, the Jesuit formation had consequences that went far beyond social mobility.

3.4. The Institutional and Doctrinal Legacy of Jesuit Influence.

The Jesuit influence on Mohyla's later activity was pervasive and is traceable in at least four domains. First, the structure of the Kyiv-Mohyla Collegium, founded in 1632, was explicitly modelled on Jesuit colleges: Mohyla adopted the Ratio studiorum as the curricular template, introduced Latin as the language of instruction, organised classes in graded levels, and imported Jesuit pedagogical methods such as disputations, theatrical performances, and competitive emulation (Krylov, 2023). The Collegium was, in the words of one Russian Orthodox commentator, "a school on the model of the Jesuit [schools]"—a characterisation that critics like Georges Florovsky would later deploy as an indictment (Florovsky, 1937/1979; Stoychev, n.d).

Second, Mohyla's Orthodox Confession of the Catholic and Apostolic Eastern Church (1640), written in Latin and structured as a catechism in question-and-answer form divided into Faith, Hope, and Love, drew directly on the Catechismus Romanus of the Jesuit Peter Canisius and on the scholastic method of the Roman catechetical tradition; even the doctrine of transubstantiation appears in language borrowed from Latin theology, though Mohyla adapted it to Orthodox sacramental theology (Stoychev, n.d.; Mirsanu, 2006). Margarita Korzo interprets Western influence on Mohyla's *Orthodox Confession of Faith* not as doctrinal submission, but as the strategic appropriation of Latin scholastic methods for Orthodox confessional defence. Mohyla employed systematic organisation, precise terminology, and dialectical argumentation to engage the intellectual culture of the Polish–Lithuanian Commonwealth and answer Jesuit and Uniate polemicists on comparable terms. Yet this methodological borrowing remained selective: his formulations were grounded in patristic authority and conciliar dogma. Korzo thus presents the Confession as a pragmatic synthesis that strengthened Orthodoxy institutionally while preserving its doctrinal distinctiveness (Korzo, 2003).

Third, Mohyla's liturgical reforms—the Trebnyk (Euchologion) of 1646 and the introduction of polyphonic partes singing—similarly reflected a Jesuit-inspired concern for solemnity, order, and the aesthetic dimension of worship that he had absorbed from the liturgical practice of Counter-Reformation Catholicism (Kuzminskyi, 2018). According to Margarita Korzo, Mohyla's *Trebnyk* (1646) was an instrument of liturgical and confessional consolidation in early modern Orthodox Ukraine, responding to Catholic and Uniate challenges. More than an editorial revision, it reorganised ritual practice by standardising worship, eliminating local variation, and clarifying doctrine across parishes. Integrating patristic norms with scholastically structured formulations, it codified sacramental and devotional practice, reinforced ecclesiastical discipline, and asserted Orthodox distinctiveness in a plural religious environment. As a clerical manual and theological statement, its precise

language and regulated performance sought a unified community grounded in tradition yet responsive to contemporary standards. For Korzo, the work epitomised Mohyla's pragmatic synthesis: preserving Orthodox identity through the selective adaptation of Western scholastic methods for institutional survival and cultural competitiveness. (Korzo, 2003.)

Fourth, and most fundamentally, the Jesuit formation shaped Mohyla's strategic understanding of what the Orthodox Church needed to survive: not isolation, but competitive institutional modernisation. As Ihor Ševčenko observed, Mohyla inhabited "many worlds"—Moldavian, Polish, Latin, and Orthodox—and his genius lay in using Western educational tools to fortify an Eastern confessional identity (Ševčenko, 1984). This "Mohyla synthesis"—the creative assimilation of Latin learning into the Orthodox tradition—became, according to Serhii Plokhy, the engine of confessionalisation that "helped to set the whole Orthodox world on the path of confessionalization" (Plokhy, 2001).

3.5. From "Pseudomorphosis" to Strategic Confessional Adaptation.

The critical counter-narrative, most forcefully articulated by Florovsky in Ways of Russian Theology (1937), held that Mohyla's Jesuit-inspired reforms produced not a synthesis but a "pseudomorphosis"—an acute Romanisation of Orthodoxy that substituted Latin scholastic categories for the Greek patristic tradition and imposed a "Western captivity" on Russian theology that lasted two centuries (Florovsky, 1937/1979; Hovorun, 2022). More recent scholarship has challenged this verdict: Cyril Hovorun has argued that Florovsky's own dichotomy between "Eastern" and "Western" learning was ideologically motivated by his earlier Eurasianism and historically unjustifiable, since scholasticism itself originated in the East (Hovorun, 2022). Bishop Sylvester's (Stoychev, n.d.) commentary similarly notes that before Mohyla, Orthodox education in the Ruthenian lands was virtually non-existent, and that his school "saved the Orthodox people from even greater Western influence" by providing a domestic alternative to Jesuit colleges (Stoychev, n.d.).

The scholarly consensus today is that Mohyla's Jesuit formation was not an aberration but a deliberate, strategic instrument: he learned from the Jesuits precisely what the Orthodox Church needed to compete with them—systematic education, doctrinal clarity, liturgical order, and an institutional infrastructure capable of transmitting these across generations. (Berezhnaya, 2026; Fediai, 2026; Sysyn, 1984; 1986a; Ševčenko, 1984; 1996; Thomson, 1993; Shevchenko, 2011).



2. Figure Mohyla as depicted in an 18th-century painting; and the Lavra Pecherska, and his cult in Ukraine: a postal stamp with his portrait

4. DISCUSSION AND CONCLUSION: MOHYLA'S MULTICULTURAL LANDSCAPE

The analysis undertaken in this article demonstrates that Petro Mohyla's capacity to render Orthodoxy institutionally and intellectually competitive stemmed directly from his multifaceted cultural background, which he strategically mobilised to address the confessional challenges of the Polish-Lithuanian Commonwealth. As established in Section 2, his Romanian (Moldavian) origins provided him with a nuanced understanding of diverse Orthodox traditions and ecclesiastical networks stretching from Iași to Kyiv (as discussed in 2.2 and 2.4). This pan-Orthodox perspective enabled him to conceive of reforms not as isolated local initiatives but as components of a transregional system of learning and doctrinal consolidation. Simultaneously, his integration into the Polish nobility through indygenat and his familial ties to leading magnate houses (outlined in 2.3) afforded him the political leverage necessary to navigate the Commonwealth's complex jurisdictional landscape and secure the patronage and immunity required for institutional innovation.

Crucially, Mohyla's Jesuit-influenced education—examined in detail in Section 3—furnished him with the precise pedagogical and scholastic tools needed to construct an Orthodox educational model capable of withstanding Catholic intellectual dominance. Rather than representing a capitulation to Western norms, this exposure allowed him to internalise the mechanisms of institutional effectiveness employed by the Jesuits, such as the "Ratio Studiorum", graded curricula, and disputational methods, which he then repurposed for Orthodox purposes (as it was analysed in 3.4). The deliberate adoption of Latin as the language of instruction and the incorporation of scholastic rigour were not aimed at "Latinising" or "Polonising" Orthodoxy, as critics like Boretsky and Florovsky alleged (see 3.5), but at equipping Orthodox theologians with the same analytical precision and rhetorical capacity that their Catholic counterparts possessed. In this respect, Mohyla's reforms strengthened rather than diluted Orthodox identity, transforming it into a confession capable of engaging in doctrinal polemics on equal terms.

5. REFERENCES

Bajer, P. P. (n.d.). Polish nobility and its heraldry: An introduction. *Szlachta.org*, https://web.archive.org/web/20041010213700/http://www.szlachta.org/heraldry.htm

Bednov, V. A. (2003). Легализация православной иерархии в 1633 г. *Православная Церковь в Польше и Литве.* Chap. III. Luchi Sofii. https://sedmitza.ru/lib/text/439842/

Berezhnaya, L. (2026). Reforms in the seventeenth-century Kyivan Orthodox Metropolitanate and its aftermath: Revisiting old debates. *Journal of Eastern Christian Studies*, vol. 78, No. 1–2, 1–50. https://www.academia.edu/172255318/

Burega, V.V. (2016). [Бурега, В.В.] Киевская Братская школа и Киево-Могилянская коллегия с 1615 г. по 80-е гг. XVII в. *Православная энциклопедия,* vol.32. 698-720. Published online 27 April 2018. https://www.pravenc.ru/text/1684336.html

Daniel (Ciobotea), Patriarch. (2002). Sinodul de la Iasi, coresponsabilitate pastorala si cooperare interetnica ["Synod of Iasi, Pastoral Co-responsibility and interethnic cooperation", in Romanian]. *Teologie si viată: revistă de gândire si spiritualitate crestină*, Vol.12(78), № 9-12. 28-30. https://teologiesiviata.ro/sites/default/files/rss/2018/12/sinodul_de_la_iasi_i.p.s._daniel.pdf

Encyclopædia Britannica. (n.d.). Petro Mohyla. https://www.britannica.com/biography/Petro-Mohyla

Fediai, M. (2026). *Latin philosophy and Greek faith: The Kyiv-Mohyla Academy on the intellectual map of early modern Europe*. Firenze University Press. https://books.fupress.com/catalogue/latin-philosophy-and-greek-faith/16974

Feodorov, I. (2016). Peter Movilă's portraits preserved in museums and collections of Kyiv. *Revue des études sud-est européennes / Journal of South-East European Studies.* Institute for South-East European Studies of the Romanian Academy, Vol. 54. No. 1–4, 171–188.

Florovsky, G. V. (1937) [Флоровский, Г. В., прот.] Пути русского богословия. ["Ways of Russian theology", in Russian] YMCA-Press: Париж [Paris, France]. 574 p. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_1919299/?ysclid=mv54phc23v507436890 (with full pdf access) – https://azbyka.ru/otechnik/Georgij_Florovskij/puti-russkogo-bogoslovija/

Florovsky, G. V. (1979). (Trans. R. L. Nichols). Nordland Publishing. (Original work published 1937). https://archive.org/details/waysofrussianthe0000flor — http://www.myriobiblos.gr/texts/english/florovsky_ways_pref.html

Iakovenko, N. (2020). The understanding of authority among Ukrainian educated elites. *Eighteenth-century Ukraine: New perspectives on social, cultural, and intellectual history. *Canadian Institute of Ukrainian Studies Press*. Eds. Z. E. Kohut, V. Sklokin, & F. E. Sysyn. 301–324. https://www.ualberta.ca/en/canadian-institute-of-ukrainian-studies/media-library/canadian-institute-of-ukrainian-studies/18th-ukraine/iakovenko_online_jan_22-1.pdf

Kohut, Z. E. (1986). The development of a Little Russian identity and Ukrainian nation-building. *Harvard Ukrainian Studies*, vol. 10, no. 3-4, 559–576. https://www.ualberta.ca/en/canadian-institute-of-ukrainian-studies/media-library/canadian-institute-of-ukrainian-studies/18th-ukraine/kohut_online_jan_22-1.pdf

Korzo, M. (2003). [Корзо М.] «Православное исповедание веры» Петра Могилы: к вопросу о западном влиянии на киевское богословие XVII в. ["The Orthodox Confession of Faith. Peter Mohyla: on the question of western influence in the Kievan Theology of the seventeenth century", in Russian]. *Сравнительная история: методы, задачи, перспективы / Сб. статей.* ["Comparative history:

methods, tasks, prospects / Collection of articles", Rus.] Ed. M.Yu. Paramanova. Институт всеобщей истории РАН ["Institute of General History of the Russian Academy of Sciences"], Moscow. 33–56. https://rusneb.ru/catalog/000202_000005_339408/?ysclid=mv5e6efg8d410482122 (with the full text)

Krylov, A. O. (2023). [Крылов А. О.] Отличия Киево-Могилянской коллегии от коллегий Общества Иисуса ["Differences between the Kyiv-Mohyla Collegium and the Jesuit collegiums", in Russian] *Гуманитарный вестник / Humanities Bulletin of BMSTU*. vol. 100. № 2. 114–127. DOI: 10.18698/2306-8477-2023-2-839. – https://hmbul.bmstu.ru/eng/catalog/hum/phil/839.html – https://cyberleninka.ru/article/n/otlichiya-kievo-mogilyanskoy-kollegii-ot-kollegiy-obschestva-iisusa – https://www.researchgate.net/publication/371799456 – https://hmbul.bmstu.ru/articles/839/839.pdf

Lyczkowski, K. (n.d.). *Noble naturalisation (indygenat) in the Polish-Lithuanian Commonwealth*. https://lyczkowski.net/en/handbooks/list-of-gentry/indygenat

Mănescu, J. N. (2006). Stemele Movileştilor [The coats of arms of the Movileşti]. *Movileştii. Istorie şi spiritualitate românească*. Vol. 1. *Casa noastră movilească*. Sfânta Mănăstire Sucevița https://www.academia.edu/43399320/Movile%C8%99tii

Mirsanu, D. (2006). Old news concerning Peter Mohyla's "Orthodox Confession": The first edition revisited. *Archæus: Studies in the History of Religions*. Vol. 10. No. 1-2. 273-286. https://www.academia.edu/185459/ Mitu, S. (2001). *National identity of Romanians in Transylvania*. Central European University Press. https://archive.org/details/nationalidentity0000mitu

Niedźwiedź, J.(2018). Jesuit education in the Polish-Lithuanian Commonwealth (1565–1773). *Journal of Jesuit Studies*, vol. 5, no. 3, 441–470. https://brill.com/view/journals/jjs/5/3/article-p441_441.xml – https://pdfs.semanticscholar.org/cfb6/d77d8a80ba6fc7ea15aa59ff7c38af460aab.pdf – https://www.academia.edu/106199685/ Encyclopedia.com, n.d

Pippidi, A. (2018). *Documente privind locul românilor în Sud-Estul Europei* ["Documents regarding the place of Romanians in Southeast Europe", in Romanian]. Editura Academiei: Bucharest.

Plokhy, S. (2001). *The Cossacks and religion in early modern Ukraine*. Oxford University Press. https://books.google.com/books?id=NCzzxNisc1MC

Popelyastyy, V. (2025). Interpreting the Sacrament of Repentance in the Slavonic tradition: The texts of Trebnyk of Peter Mohyla. Interview made by KU Leuven. *Theology Research News*. June 16. https://theo.kuleuven.be/apps/press/theologyresearchnews/2025/06/16/interpreting-the-sacrament-of-repentance-in-the-slavonic-tradition-the-texts-of-trebnyk-of-peter-mohyla/

Pritsak, O. (1981). Kievan Rus' and sixteenth-seventeenth-century Ukraine. *Rethinking Ukrainian history*. Ed. I. L. Rudnytsky. Canadian Institute of Ukrainian Studies: Edmonton-Toronto. 1-45. https://dn721801.ca.archive.org/0/items/rethinkingukrain00rudn/rethinkingukrain00rudn.pdf

Schwickerath, R. (1903). *Jesuit education: Its history and principles viewed in the light of modern educational problems*. B. Herder: St. Louis (Mo, USA) https://archive.org/details/JesuitEducationItsHistory

Ševčenko, I. (1984). The many worlds of Peter Mohyla. Harvard Ukrainian Studies, Vol. 8. No. 1/2, The Kiev Mohyla Academy: Commemorating the 350th Anniversary of its Founding (1632), 9–44. http://www.jstor.org/stable/41036024 – https://www.academia.edu/18574439/Hardvard_Ucrainean_Studi_VIII_nr_1_2_june_1984 — the same in Ševčenko, I. (1996), 164-186.

Ševčenko, I. (1996), Ukraine between East and West: Essays on Cultural History to the Early Eighteenth Century. Canadian Institute of Ukrainian Studies. https://archive.org/details/ukrainebetweenea0000sevc

Stoychev, Sylvester, Bishop (n.d.) On the Question of Western Influence in the Theological Heritage of the Holy Hierarch Peter Mohyla. *Orthodox Christianity*, n.d. https://orthochristian.com/132127.html

Sysyn, F. E. (1984). Peter Mohyla and the Kyiv Academy in Recent Western Works: Divergent Views on Seventeenth-Century Ukrainian Culture. Harvard Ukrainian Studies, 8(1/2), 155–187. http://www.jstor.org/stable/41036031

Sysyn, F. E. (1986a). Peter Mohyla and the Kyiv Academy in recent Western works: Divergent views on seventeenth-century Ukrainian culture. *Harvard Ukrainian Studies*, vol. 10. no. 3-4, 155–187. https://www.ualberta.ca/en/canadian-institute-of-ukrainian-studies/media-library/canadian-institute-of-ukrainian-studies/18th-ukraine/sysyn_online_jan_22-1.pdf

Sysyn, F. E. (1986b). Concepts of nationhood in Ukrainian history writing, 1620–1690. *Harvard Ukrainian Studies*, vol. 10. no. 3-4, 393–423. https://www.jstor.org/stable/41036165

Thomson, F. J. (1993). Peter Mogila's ecclesiastical reforms and the Ukrainian contribution to Russian culture: A critique of Georges Florovsky's theory of the pseudomorphosis of Orthodoxy. *Slavica Gandensia, 20*, 67–119. https://www.researchgate.net/publication/233711349

Yurchyshyn-Smith, O. (2001). The printing-house of the Monastery of Trei Ierarhi in Iasi and its staff. *Восточноевропейский археологический журнал*, vol. 3, no.10. https://archaeology.kiev.ua/journal/030501/yurchyshyn.htm

Zaitsev, D. A. (2010). [Зайцев, Д. А.] Киево-Могилянская школа в ее влиянии на русскую религиозно-философскую мысль второй половины XVII в. ["The Kyiv-Mohyla school and its influence on Russian religious-philosophical thought of the second half of the 17th century", in Russian] *Candidate dissertation, Russian State University for the Humanities. DisserCat*, 2011. https://www.dissercat.com/content/kievo-mogilyanskaya-shkola-v-ee-vliyanii-na-russkuyu-religiozno-filosofskuyu-mysl-vtoroi-pol

AKINTIYA KARŞI BİR OKUL: PETRO MOHYLA, KARDEŞLIK ÇATIŞMASI VE ORTODOKS BİR AKADEMİK KURUMUN KURULMASI (1631-1635)

A SCHOOL AGAINST THE TIDE: PETRO MOHYLA, THE BROTHERHOOD CONFLICT, AND THE MAKING OF AN ORTHODOX ACADEMIC INSTITUTION (1631–1635)

Sándor FÖLDVÁRI, dr.

ORCID: 0000-0002-7825-0531

alexfoldvari@gmail.com

Debrecen Üniversitesi, Beşeri Bilimler Fakültesi, Debrecen; Macaristan

Araştırma Bilim Adamı (Kıdemli Araştırmacı) ve Litvanca Dili Profesörü, Emekli

ÖZET [**İngilizce özet aşağıdadır; yine de daha ayrıntılı**.]

Bu makale, Diyarbakır'da düzenlenen Bilsel Sur Kongresi'nde (10 Ekim 2026) sunulan çalışmanın tematik devamı niteliğinde olup, Metropolit Petro Mohyla'nın kökenlerini ve onun eğitim reformlarının kültürel temellerini merkeze almaktadır. (Földvári, 2026)

Araştırma, XVII. Yüzyıl Ortodoks itirafı çerçevesinde, Romanya kökenli Kiev Metropoliti Petro Mohyla'nın bir bilgi merkezi organizatörü olarak faaliyetlerini ele almaktadır. Okul kurulması, kitap yayıncılığının himayesi ve Moldova ile Eflak'tan gelen bağışlar, tek bir bütüncül konsepte dayalı bir kurumsal programın oluşturulmasına imkân sağlamıştır. Mohyla'nın reformları, Latin-Polonya eğilimini benimseyerek Batı bilgi biçimlerini uyarlamak suretiyle Ortodoks kimliğin güçlendirilmesine yönelik stratejik bir girişim olarak değerlendirilmektedir.

1628 yılında Kiev Mağara Manastırı'nın arşiminandriti olarak göreve başlayan Mohyla, Ortodoks eğitimi modernize etmek amacıyla bir Latin-Polonya okulu kurmuştur. Bu program, Polonya ortamında Latin ve Batı okuryazarlığına dayalı müfredatın benimsenmesiyle muhafazakâr çevrelerden dirençle karşılaşmıştır. 1632 yılında kurumunu, Kiev Ortodoks Kardeşliği'nin Slav-Yunan-Latin Okulu ile birleştirmek zorunda kalmış ve bu sentez, günümüzde Mohilyanka Üniversitesi olarak bilinen akademik modelin temelini oluşturmuştur (Sydorenko, 1977; Edinev-Edinenko, 1984). Mohyla, 1633 yılından itibaren bu kurumları metropolitlik makamından himaye etmeye devam etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dinî yönetim, Kiev, Romanya, Mohyla, Okullar, Tipografiler.

A SCHOOL AGAINST THE TIDE: PETRO MOHYLA, THE BROTHERHOOD CONFLICT, AND THE MAKING OF AN ORTHODOX ACADEMIC INSTITUTION (1631–1635)

AKINTIYA KARŞI BİR OKUL: PETRO MOHYLA, KARDEŞLIK ÇATIŞMASI VE ORTODOKS BİR AKADEMİK KURUMUN KURULMASI (1631-1635)

Sándor FÖLDVÁRI

ORCID: 0000-0002-7825-0531

alexfoldvari@gmail.com

Debrecen University, Faculty of Humanities, Baltic Studies, Debrecen, Hungary

Research Scholar (Senior Researcher) and Lecturer of Lithuanian Language, Retired

ABSTRACT

This article, stemming from a presentation at the Bilsel Sur Congress (Diyarbakır, 10 October 2026), focuses on Petro Mohyla's origins and the cultural foundations of his educational reforms. As the previous lecture encompassed extensive material, it is being published in three parts; this constitutes the first (Földvári, 2026).

The study examines the activities of Metropolitan Petro Mohyla, a Romanian-born figure, in organising a centre of learning during the 17th century in the context of Orthodox confessionalization. His establishment of the Kyiv School, patronage of book publishing, and endowments in Moldavia and Wallachia formed a program for institutional development based on a unified vision. His reforms, influenced by Latin and Polish models, reinforced Orthodox identity by adopting Western forms of knowledge. Because evidence is limited, scholars can only reconstruct this institution's library holdings indirectly.

In 1628, during his tenure as archimandrite at the Kyiv Cave Monastery, Mohyla established a Latin-Polish school in order to modernise Orthodox education. This curriculum, based on Polish, Latin, and Western learning, provoked conservative opposition. As a result, in 1632, Mohyla was compelled to merge his school with the Slavic-Greek-Latin school of the Kyiv Orthodox Brotherhood, laying the foundation for the later academic model in Kyiv and the precursor to the modern-day Mohyla Academy (Sydorenko, 1977; Shevchenko, 1984). After assuming the position of metropolitan in 1633, Mohyla continued his patronage of education.

Unlike the centralised printing system in the Tsardom of Moscow, the Orthodox communities within the Polish-Lithuanian Commonwealth allowed lay confraternities to independently organise schools and book printing, with a market-oriented approach. These lay organisations challenged the ecclesiastical hierarchy, including figures such as Mohyla, who had to compete with them. This pluralistic model of cultural organisation aimed to achieve competitiveness through the adoption of Western knowledge, while the Muscovite Orthodox model remained centralised and dependent on state power.

Keywords: Confessionalisation, Kyiv, Romania, Mohyla, Schools, Typographies.



3. Figure “The major change in the status of East Central Europe during the sixteenth century was the growth and consolidation of three major states: the Ottoman Empire, the Habsburg Empire, and Poland, or the Polish-Lithuanian Commonwealth. By about 1570, these entities alone accounted for virtually the entire territory throughout the region.” (Magocsi, 1991:46, Map № 14).

1. INTRODUCTION

1.1. The Foundation of a School: Ambition, Rivalry, and the Jesuit Model

The founding of Petro Mohyla’s school in Kyiv must be understood as the product of a deliberate institutional strategy pursued during his archimandritate of the Kyiv Pechersk Lavra (1627–1632), in tension with the existing Orthodox educational infrastructure of the city. Kyiv already possessed a Brotherhood School, established in 1615, which had become the leading Orthodox institution in the Polish–Lithuanian Commonwealth under the patronage of Hetman Petro Sahaidachny and Metropolitan Job Boretsky (Tymošenko, 2014; Burega, 2016). Mohyla, however, conceived a more ambitious project: a school modelled on the Jesuit “Ratio studiorum”, with a full humanist curriculum in Latin, Greek, and Church Slavonic (Krylov, 2023; Plokhy, 2001). This ambition provoked immediate resistance. Boretsky’s testament explicitly forbade the founding of any Orthodox school in Kyiv other than the Brotherhood School, reflecting a genuine jurisdictional conflict between the stauropegial Lavra and the metropolitan authority (Spassky, n.d.). The present article reconstructs this conflict — the recruitment of teachers from the Lviv Brotherhood, the opening of the Lavra school in autumn 1631, and the contested union of 30 December 1631 that created the Kyiv Collegium (Burega, 2016; Khižniak & Maňkivśkii, 2008).

1.2. The Collegium as an Intellectual Centre: Library, Literature, and Networks

Beyond its founding circumstances, the paper deals with the Kyiv-Mohyla Collegium as a pivotal centre of Orthodox intellectual life. Three interlocking components are analysed: the Collegium's library, established in 1632 and bequeathed by Mohyla, whose significant Latin holdings — featuring Jesuit and Protestant editions alongside Orthodox works — functioned as a conduit for Western knowledge within an Orthodox milieu (Charipova, 2003; 2006; 2013); the early literary output of the school, above all the "Eucharisterion" of 1632, which institutionalised declamation and drama in the Ruthenian tradition (Ševčenko, 1984; Fediai, 2026); and a provincial network of feeder schools in Vinnytsia, Kremenets, and other Ruthenian cities, mirroring the Jesuit collegiate model (Krylov, 2023). A comparative chapter contrasts this strategic pivot towards Latin with the earlier Ostrog Academy and its trilingual orientation (Petruk, 2017), while the Sejm restriction of 1635 demonstrates the limits of the institution's legal autonomy — limits overcome through ecclesiastical immunity, Cossack protection, and metropolitan authority rather than civil law (Tymošenko, 2014; Fediai, 2026).

1.3. Confessionalisation as Interpretive Framework

Finally, the article situates Mohyla's enterprise within the broader historical process of confessionalisation, understood as the simultaneous institutionalisation of ecclesiastical structures and the dogmatisation of doctrine (Dmitriev, 2003; 2012; Földvári, 2023; 2025). The founding of the Collegium, the centralised library, and the institutionalised school network exemplify the former; the Orthodox Confession (1640) and the Trebnyk (1646) exemplify the latter (Korzo, 2003; Popelyastyy, 2025). The historiographical debate frames the argument throughout: Georges Florovsky read Mohyla's Latinising reforms as a "pseudomorphosis" of Orthodoxy (Florovsky, 1937/1979), a verdict systematically challenged by Thomson (1993) and Hovorun (2022) and revised in recent scholarship (Berezhnaya, 2026; Sysyn, 1986a). The article argues that the school-and-printing complex constituted a coherent strategic response to confessional pressures: Mohyla leveraged Western institutional methods to strengthen, not subordinate, Orthodox identity. Against the accusations of his contemporaries and later critics, his project appears as a deliberate, pragmatic synthesis that preserved the essence of Eastern Christianity while equipping it with the intellectual tools necessary for survival in a confessionally pluralistic society (Ševčenko, 1984; Krylov, 2023).



4. Figure. The cult of the Mohyla Academy in Ukraine today:
the reverse side of the 500-hryvnia banknote, featuring an image of the 17th-century Mohyla Academy, and a postage stamp dedicated to the Mohyla Academy.

2. THE FOUNDATION OF THE SCHOOL IN KYIV.

2.1. Institutional Ambition and the Jesuit Educational Model.

The founding of Petro Mohyla's school must be understood as the product of a deliberate institutional strategy pursued during his archimandritate of the Kyiv Pechersk Lavra (1627–1632), in tension with the existing Orthodox educational infrastructure of Kyiv. The city already possessed a Brotherhood School, established in 1615 on the estate donated by the noblewoman Halshka Hulevychivna, which had become the leading Orthodox

educational institution in the Polish–Lithuanian Commonwealth under the patronage of Hetman Petro Sahaidachny and Metropolitan Job Boretsky (Yaremenko, 2021). Mohyla, however, conceived a more ambitious project: a school modelled on the Jesuit "Ratio studiorum", offering instruction in Latin, Greek, and Church Slavonic, with a curriculum encompassing grammar, rhetoric, philosophy, and theology—the full humanist programme that the Brotherhood School, oriented toward Church Slavonic and Greek, did not yet provide (Krylov, 2023; Plokhy, 2001).

2.2. Boretsky's Opposition and the Jurisdictional Conflict.

His plans met immediate resistance. Metropolitan Job Boretsky, himself the first rector of the Brotherhood School (1615–1618), feared that a Lavra-based institution would introduce Catholic influence through its Latin orientation and would undermine the Brotherhood's precarious position. Boretsky's testament, composed shortly before his death on 2 March 1631, explicitly forbade the founding of any Orthodox school in Kyiv other than the Brotherhood School, demanding "that schools in the Kyiv Brotherhood for the instruction of Christian children, and nowhere else, be funded" under pain of anathema (Spassky, 1951). This prohibition reflected a genuine jurisdictional conflict: the Lavra was stauropegial—subordinated directly to the Patriarch of Constantinople, not to the Metropolitan of Kyiv—and Mohyla, as archimandrite, was canonically independent of Boretsky's authority (Drevo, 2012).

2.3. The Establishment of the Lavra School and Its Immediate Controversies.

Boretsky's death on 2 March 1631 removed the principal obstacle. Within three months, on 15 June 1631, Mohyla signed a contract in Lviv with two teachers of the Lviv Brotherhood School—Hieromonk Isaia (Trofimovich-Kozlovsky) and Monk Silvestr (Kosov)—recruiting them as rector and prefect, respectively, of the new Lavra school (Burega, 2016; Haliv, 2018; Mironowicz, 2019:144.). The school opened in autumn 1631 in the Trinity Hospital Monastery on the territory of the Upper Lavra, with approximately one hundred students. Instruction emphasised Latin and Polish—the languages of Commonwealth public life—as instruments for integrating Orthodox youth into European intellectual culture (Krylov, 2023). The opening provoked direct conflict with the Kyiv Brotherhood, which accused Mohyla of violating Boretsky's testament. According to the account preserved in Orthodox encyclopedic sources, Mohyla enforced the relocation of elderly and sick monks from the Trinity Monastery to make room for classrooms, and when the Trinity community resisted under its hegumen Arseny, he had them flogged and imprisoned (Burega, 2016).

2.4. The 1631 Union and the Formation of the Kyiv Collegium.

The conflict compelled Mohyla to seek a compromise. On 30 December 1631, he signed an act of union with the Kyiv Brotherhood, merging the Lavra school with the Brotherhood School to form the Kyiv Collegium—subsequently known as the Kyiv-Mohyla Collegium. Mohyla was recognised as "senior brother, patron, and founder" of the united institution, receiving near-absolute authority over the Brotherhood monastery, its school, and its properties, effectively superseding the Brotherhood's stauropegial autonomy. The agreement was approved by Metropolitan Isaia (Kopinsky) on 5 January 1632 and endorsed by Hetman I. D. Kulaga-Petrazhytsky on behalf of the Zaporozhian Host in March 1632. (Khižniak & Mańkivśkii, 2008:21-38; Tymošenko, 2014; Spassky, 1951) The united Collegium commenced operations in September 1632 at the Brotherhood Monastery on the Podil, with Isaia as its first rector and Silvestr as prefect (Krylov, 2023).

2.5. Historiographical Interpretations of Mohyla's Founding Strategy.

Scholarly assessments of this episode diverge. Ihor Ševčenko treated the school's founding as the natural extension of Mohyla's "many worlds"—a Moldavian-born noble using Western educational tools to fortify Eastern Orthodoxy (Ševčenko, 1984). Frank Sysyn situated it within the broader framework of Orthodox confessionalisation, in which the restoration of the hierarchy in 1620, the growth of brotherhood schools, and the

Cossack alliance created the institutional preconditions that Mohyla's education and social standing uniquely equipped him to exploit (Sysyn, 1986a; 1986b). Georges Florovsky's influential critique read the Lavra school as the seed of "pseudomorphosis"—the imposition of Latin scholastic categories on the Eastern tradition (Florovsky, 1937/1979). Liudmila Charipova's recent study of the Hosius–Mohyla parallel has framed the school as a transcultural reform instrument, noting that Mohyla "implemented the same reforms as the Polish Catholic bishops had done after Trent", but adapted to Orthodox purposes (Charipova, 2013). The critical interpretive question is whether the Lavra school was intended from the outset as a rival to the Brotherhood School or as a complementary institution that was forced into merger by circumstances. The evidence suggests the former: Mohyla recruited faculty, secured funding, and allocated premises before seeking the Brotherhood's consent, and the merger of December 1631 was a pragmatic concession to political reality rather than a change of plan (Burega, 2016; Spassky, 1951).

3. THE KYIV-MOHYLA COLLEGIUM: INTELLECTUAL INNOVATION

Let us still overlook the institutional and cultural foundations of the Kyiv-Mohyla Collegium as a pivotal centre of Orthodox intellectual life in early modern Eastern Europe. It traces how Petro Mohyla's educational project combined infrastructural development, literary production, and systemic expansion to reshape the contours of East Slavic learning, while operating within the confessional and political constraints of the Polish-Lithuanian Commonwealth. The main aspects can be considered as follows.

3.1. The Library as Intellectual Infrastructure.

The Collegium's library — established in 1632 and bequeathed by Mohyla — as a core element of its intellectual strategy. Drawing on Liudmila Charipova's research (2006; 2003; 2013), the section demonstrates that the collection, predominantly in Latin and heavily featuring Jesuit and Protestant editions alongside Orthodox works, functioned as a conduit for Western knowledge within an Orthodox milieu. With holdings growing from roughly 2,500 volumes in the mid-seventeenth century to over 8,600 before its destruction in 1780, the library served as both a scholarly resource and a site of cultural interaction, exposing East Slavic intellectuals to diverse theological and humanist perspectives (Charipova, 2006). Its contents — including works by Thomas à Kempis, Urbanus Rhegius, and John Cassian — illuminate the sources underpinning Mohyla's reform agenda.

3.2. The "Eucharisterion" and the Birth of School Literary Culture.

It was the Collegium's early literary output, under the title "Eucharisterion" (1632) — a bilingual panegyric composed by students under Sofronii Pochapsky's guidance. Natalia Pylypiuk's analysis (1984) frames this work as the founding document of the school's literary culture, blending Greek quotations, Latin rhetorical training, and vernacular wordplay tied to Mohyla's name. Rooted in the Jesuit *Ratio studiorum* and connected to the Lavra's devotional traditions (Ševčenko, 1984), such exercises institutionalised school declamation and drama, eventually giving rise to the first plays in the Ruthenian literary tradition (Fediai, 2026; Krylov, 2023).

3.3. The Provincial School Network.

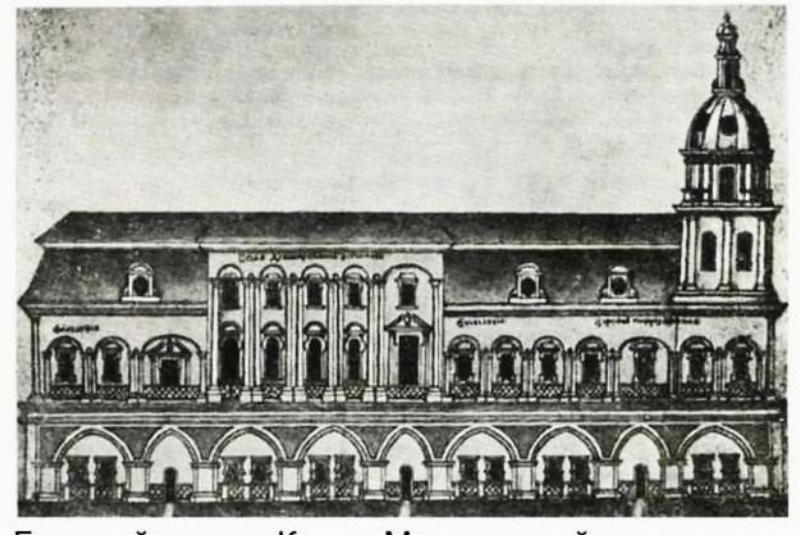
As for Mohyla's broader educational vision, it extended beyond Kyiv through a system of feeder schools in Vinnytsia, Kremenets, and other Ruthenian cities (Burega, 2016). Designed to provide local access to Latin-based education and channel talented students to Kyiv for advanced studies, this pyramidal structure directly mirrored the Jesuit collegiate model. Although documentation of the network remains fragmentary, its design represented a novel institutional innovation in the Orthodox world, ensuring wider reach while maintaining Kyiv as the intellectual apex (Krylov, 2023).

3.4. The Ostrog Precedent and Its Divergence from Kyiv.

As for a comparison of Mohyla's Collegium with the earlier Ostrog Academy (c. 1576), it seems necessary to highlight a strategic shift in linguistic and pedagogical orientation. While Ostrog emphasised a trilingual model centred on Greek and Slavonic to defend Orthodoxy through its own sources, Mohyla's school prioritised Latin as a necessary tool to counter Catholic and Uniate intellectual dominance (Petruk, 2017). The closure of Ostrog in 1636 underscored the urgency of this pivot, making Kyiv the primary Orthodox response to a Latin-dominated educational landscape — a transformation later critiqued by Florovsky (1937/1979) but understood by Mohyla's circle as a pragmatic necessity (Krylov, 2023).

3.5. The Sejm Restriction of 1635 and the Limits of Legal Autonomy.

Finally, it is worthy to consider the political constraints imposed on the Collegium. The 1634 Sejm decision restricted the school to preliminary philosophy courses and denied it corporate autonomy, reflecting Uniate opposition to a full-fledged Orthodox academy (Tymošenko, 2014; Burega, 2016). Despite this legal ambiguity, Mohyla and his successors advanced higher instruction in philosophy and theology, relying on ecclesiastical immunity, Cossack protection, and metropolitan authority rather than civil law. Full recognition only came in 1694 and 1701, marking six decades during which the Collegium functioned as an intellectual powerhouse without formal legal sanction (Fediai, 2026).



5. Figure: The main building of the Kyiv-Mohylian Academy in the 17th c.

4. DISCUSSION AND CONCLUSION

4.1. Mohyla Within the Framework of Confessionalisation

Situated within the broader historical process of confessionalisation—as conceptualised by scholars such as Mikhail Dmitriev—Mohyla's activities embody both of its core dimensions: institutionalisation and dogmatisation. (Dmitriev, 2012; 2023; Földvári, 2023; 2025) According to our statements, confessionalisation entails not only the consolidation of religious identities but also the systematic structuring of ecclesiastical institutions and the codification of doctrinal teachings. In the case of Mohyla, these two processes were mutually reinforcing and inseparable.

His institutional contributions, detailed in Sections 2 and 3, exemplify the dimension of institutionalisation. The foundation of the Kyiv-Mohyla Collegium, the creation of a centralised library with access to both Orthodox and Western scholarship (discussed in 3.1), and the development of a provincial network of feeder schools (as the

author dealt with it in 3.3) collectively formed a coherent infrastructure for the transmission of knowledge and the training of clerical elites. This system mirrored the Jesuit collegiate model but was adapted to serve Orthodox interests, thereby ensuring the long-term sustainability of Eastern Christian learning within a predominantly Catholic political environment.

Simultaneously, Mohyla advanced the process of dogmatisation through his doctrinal and liturgical reforms. The "Orthodox Confession" (1640) and the "Trebnyk" (1646) represent deliberate attempts to systematise Orthodox teaching and standardise ritual practice, rendering them more resilient against Uniate and Catholic encroachment (as highlighted in 2.4). By employing scholastic methodology and catechetical structures borrowed from Latin theology, Mohyla did not compromise Orthodox doctrine but rather clarified and reinforced it, making it more defensible and internally consistent. Thus, his work fulfilled the dual function of confessionalisation: establishing durable institutions while solidifying the theological foundations of the faith.

4.2. Synthesis and Final Assertion

In consequence of all the foregoing, we can state that Petro Mohyla was a pivotal figure in the Orthodox confessionalisation of early modern Eastern Europe, whose multifaceted background and strategic vision enabled him to strengthen and modernise the Church without compromising its core identity. His Romanian roots, Polish connections, and Jesuit education were not disparate elements but interconnected resources that he skilfully combined to meet the demands of his era. Contrary to the accusations of his contemporaries and later critics, Mohyla never sought to subordinate Orthodoxy to Latin or Polish cultural models; instead, he leveraged knowledge from these traditions to enhance the Church's competitive capacity in a confessionally pluralistic society.

As demonstrated throughout this study (particularly 3.5), the reforms implemented by Mohyla—from the adoption of the "Ratio studiorum" to the codification of liturgical practice—were fundamentally pragmatic responses to structural pressures rather than expressions of doctrinal capitulation. Operating under significant legal constraints, including the Sejm restrictions of 1635, Mohyla succeeded in creating an intellectual infrastructure that outlasted his lifetime and influenced generations of scholars across Ukraine, Russia, and the Danubian principalities (as noted in 1 and 3).

Therefore, Petro Mohyla must be recognised as a masterful architect of Orthodox confessional identity in the seventeenth century: he institutionalised educational and publishing networks while simultaneously systematising doctrinal teaching, thereby making Orthodoxy not only competitive but also resilient in the face of competing confessional projects. His legacy lies precisely in this synthesis—a deliberate, strategic adaptation that preserved the essence of Eastern Christianity while equipping it with the intellectual tools necessary for survival and growth in a rapidly changing religious landscape.

5. REFERENCES

Berezhnaya, L. (2026). Reforms in the seventeenth-century Kyivan Orthodox Metropolitanate and its aftermath: Revisiting old debates. *Journal of Eastern Christian Studies*, vol. 78, No. 1–2, 1–50. https://www.academia.edu/172255318/

Burega, V.V. (2016). [Бурега, В.В.] Киевская Братская школа и Киево-Могилянская коллегия с 1615 г. по 80-е гг. XVII в. *Православная энциклопедия,* vol.32. 698-720. Published online 27 April 2018. https://www.pravenc.ru/text/1684336.html

Charipova, L. V. (2003). Latin books and the Orthodox Church in Ruthenia: Two catalogues of books purchased by Peter Mohyla in 1632 and 1633. *The Library: Transactions of the Bibliographical Society, 7*(4), 129–149. https://www.researchgate.net/publication/249241449

Charipova, L. V. (2006). *Latin books and the Eastern Orthodox clerical elite in Kyiv, 1632–1780*. Manchester University Press. https://archive.org/details/latinbookseaster00char

Charipova, L. V. (2013). Orthodox reform in seventeenth-century Kiev: The evidence of a library. *Journal of Early Modern History*, vol. 17, no. 3, 273–308. https://doi.org/10.1163/15700658-12342367

Dmitriev, M.V. (2003) [Дмитриев, М. В.] Церковные братства Киевской митрополии в конце XVI в.: результат «православной конфессионализации»? ["The Church Brotherhoods of the Kiev Metropolia at the End of the 16th Century: The Result of 'Orthodox Confessionalisation'?" in Russian]. *Сравнительная история: методы, задачи, перспективы. Сб. статей*. ["Comparative History: Methods, Tasks, Prospects. Collection of Articles", Rus.] Ed. M.Yu. Paramanov. Moscow, 2003. 133-153.

Dmitriev, M.V. (2012) [Дмитриев, М. В.] «Православная конфессионализация» в Восточной Европе во второй половине XVI века? [" 'Orthodox Confessionalisation' in Eastern Europe in the Second Half of the 16th Century?", in Russian], *Дрогобицький краєзнавчий збірник*. vol.16. (Коло: Дрогобич [Kolo Publishing House: Drohobych, Ukraine]). 133–152.

Encyclopædia Britannica. (n.d.). Petro Mohyla. https://www.britannica.com/biography/Petro-Mohyla

Fediai, M. (2026). *Latin philosophy and Greek faith: The Kyiv-Mohyla Academy on the intellectual map of early modern Europe*. Firenze University Press. https://books.fupress.com/catalogue/latin-philosophy-and-greek-faith/16974

Florovsky, G. V. (1937) [Флоровский, Г. В., прот.] Пути русского богословия. ["Ways of Russian theology", in Russian] YMCA-Press: Париж [Paris, France]. 574 p. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_bibl_1919299/?ysclid=mv54phc23v507436890 (with full pdf access) – https://azbyka.ru/otechnik/Georgij_Florovskij/puti-russkogo-bogoslovija/

Florovsky, G. V. (1979). (Trans. R. L. Nichols). Nordland Publishing. (Original work published 1937). https://archive.org/details/waysofrussianthe0000flor — http://www.myriobiblos.gr/texts/english/florovsky_ways_pref.html

Földvári, S. (2023). Private, Bourgeois Associations as Those Who Increased the Orthodox Book Culture in the Polish-Lithuanian Commonwealth in the 16/17th Centuries. *5th International Anatolian Scientific Research Congress July 21-23, 2023 / Hakkari, Turkiye; Full-text Book*. Ed. A. Ayyıldız. Discover Anatolia Group: Hakkari. Issued: 20.08.2023.– p.1300-1337. – URL: https://www.academia.edu/111574097/

Földvári, S. (2025). European Confessionalisation In The Activity Of Confraternities Of Laymen On Ukrainian And Belarusian Lands In The Early Modern Age. *7th International Selcuk Scientific Research Congress,*

26-27 July 2025, Konya (Türkiye): Proceedings Book. Eds. A.Özkan, E.Atmaca, S.Aydin; ISARC "International Science and Art Research Center": Ankara, 2025. -p.171-197. – URL: https://www.academia.edu/143251788/

Földvári, S. (2026) The Activities of Petro Mohyla (1586–1646), Metropolitan of Kyiv, In Organising Centres of Learning In The Kyiv And Romanian Regions. 8th BILSEL International Sur Scientific Research Congress 03 October 2026 Diyarbakır. The full video of the unpublished presentation is here: https://youtu.be/Eb4KSJEnVHM

Haliv, M. (2018). [Галив, Н.] Использование письменных исторических источников в трудах Николая Ивановича Петрова по истории образования (вторая половина XIX – начало XX в.) ["The Use of Written Historical Sources in the Works of Nikolai Ivanovich Petrov on the History of Education (second half of the XIX - early XX century)", in Russian], *Траєкторія Науки* ["Path of Science", Ukr.] Vol. 4, No 5. 3009-3019. DOI: 10.22178/pos.34-5 –URL: https://pathofscience.org/index.php/ps/article/download/493/534

Hovorun, C. (2022). Is scholasticism a pseudomorphosis? Identifying the political theology of Fr. Georges Florovsky. *International Orthodox Theological Association*. February 4. https://iota-web.org/2022/02/04/political-theology-of-georges-florovsky Yaremenko, 2021).

Khižniak, Z.I. & Maňkivśkii, V.K. (2008) [Хижняк, З. І., Маньківський, В. К.] *Історія Києво-Могилянської академії* ["History of the Kyiv-Mohyla Academy", in Ukrainian]. Kyiv [Ukraine]. 2nd extended ed. https://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2782/Khyzhniak_Istoriia_Kyievo-Mohylianskoi_akademii.pdf?sequence=1

Korzo, M. (2003). [Корзо М.] «Православное исповедание веры» Петра Могилы: к вопросу о западном влиянии на киевское богословие XVII в. ["The Orthodox Confession of Faith. Peter Mohyla: on the question of western influence in the Kievan Theology of the seventeenth century", in Russian]. *Сравнительная история: методы, задачи, перспективы / Сб. статей.* ["Comparative history: methods, tasks, prospects / Collection of articles", Rus.] Ed. M.Yu. Paramanova. Институт всеобщей истории РАН ["Institute of General History of the Russian Academy of Sciences"], Moscow. 33–56. https://rusneb.ru/catalog/000202_000005_339408/?ysclid=mv5e6efg8d410482122 (with the full text)

Krylov, A. O. (2023). [Крылов А. О.] Отличия Киево-Могилянской коллегии от коллегий Общества Иисуса ["Differences between the Kyiv-Mohyla Collegium and the Jesuit collegiums", in Russian] *Гуманитарный вестник / Humanities Bulletin of BMSTU*. vol. 100. № 2. 114–127. DOI: 10.18698/2306-8477-2023-2-839. – https://hmbul.bmstu.ru/eng/catalog/hum/phil/839.html – https://cyberleninka.ru/article/n/otlichiya-kievo-mogilyanskoy-kollegii-ot-kollegiy-obschestva-iisusa – https://www.researchgate.net/publication/371799456 – https://hmbul.bmstu.ru/articles/839/839.pdf

Magocsi, P. R. (1991) *Historical Atlas of East Central Europe*, Univ. of Washington Press: Seattle, London, 1991.

Mănescu, J. N. (2006). Stemele Movileştilor [The coats of arms of the Movilești]. *Movileştii. Istorie şi spiritualitate românească*. Vol. 1. *Casa noastră movilească*. Sfânta Mănăstire Sucevița https://www.academia.edu/43399320/Movile%C8%99tii

Mironowicz, M. (2019) Szkoły Bractw Cerkiewnych na terenie Wielkiego Księstwa Litewskiego w XVI-XVIII wieku. ["Schools of Church fraternities in the Grand Duchy of Lithuania in the 16th-18th centuries", in Polish], Białystok [Poland]Mirsanu, D. (2006). Old news concerning Peter Mohyla's "Orthodox Confession": The first edition revisited. *Archæus: Studies in the History of Religions*. Vol. 10. No. 1-2.

273-286. https://www.academia.edu/185459/ Mitu, S. (2001). *National identity of Romanians in Transylvania*. Central European University Press. https://archive.org/details/nationalidentity0000mitu

Petruk, N. (2017). The Influence of Western European Humanistic Pedagogy on Forming Ukrainian School in 16th-17th. Centuries. *Comparative Professional Pedagogy*. vol.7. no.3. 21-25. DOI: 10.1515/rpp-2017-0031 –URL: https://www.researchgate.net/publication/321015383

Plokhy, S. (2001). *The Cossacks and religion in early modern Ukraine*. Oxford University Press. https://books.google.com/books?id=NCzzxNisc1MC

Popelyastyy, V. (2025). Interpreting the Sacrament of Repentance in the Slavonic tradition: The texts of Trebnyk of Peter Mohyla. Interview made by KU Leuven. *Theology Research News*. June 16. https://theo.kuleuven.be/apps/press/theologyresearchnews/2025/06/16/interpreting-the-sacrament-of-repentance-in-the-slavonic-tradition-the-texts-of-trebnyk-of-peter-mohyla/

Ševčenko, I. (1984). The many worlds of Peter Mohyla. Harvard Ukrainian Studies, Vol. 8. No. 1/2, The Kiev Mohyla Academy: Commemorating the 350th Anniversary of its Founding (1632), 9–44. http://www.jstor.org/stable/41036024 – https://www.academia.edu/18574439/Hardvard_Ucrainean_Studi_VIII_nr_1_2_june_1984 — the same in Ševčenko, I. (1996), 164-186.

Ševčenko, I. (1996), Ukraine between East and West: Essays on Cultural History to the Early Eighteenth Century. Canadian Institute of Ukrainian Studies. https://archive.org/details/ukrainebetweenea0000sevc

Shevchenko, T. (2011). Hosius and Mohyla: Catholicism and Orthodoxy in the Polish-Lithuanian Commonwealth in Early Modern Times. A History of a Transcultural Reform Movement. *Zeitschrift für Ostmitteleuropa-Forschung / Journal of East Central European Studies*. vol. 60. No. 3. 325-377. DOI: https://doi.org/10.25627/2011603922 – https://openjournals.osmikon.de/zfo/article/view/9224 – https://www.academia.edu/75021814/

Spassky, I. (n.d.). Митрополит Петр Могила. Его борьба с иезуито-униатским влиянием на Украине и в Белоруссии ["Metropolitan Peter Mohyla. His struggle against Jesuit-Uniate influence in Ukraine and Belarus", in Russian]. https://azbyka.ru/otechnik/Petr_Mohyla/mitropolit-petr-Mohyla-ego-borba-s-iezuito-uniatskim-vlijaniem-na-ukraine-i-v-belorussii/Drevo, 2012

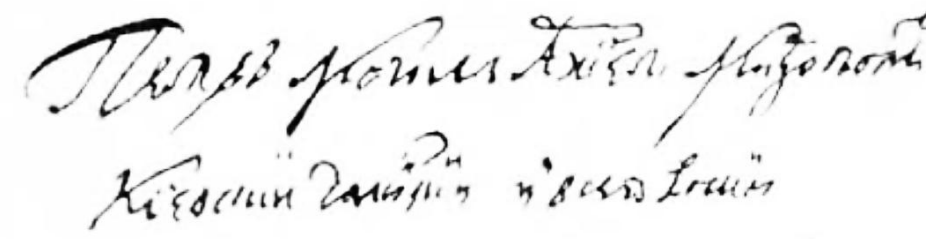
Sysyn, F. E. (1984). Peter Mohyla and the Kyiv Academy in Recent Western Works: Divergent Views on Seventeenth-Century Ukrainian Culture. Harvard Ukrainian Studies, 8(1/2), 155–187. http://www.jstor.org/stable/41036031

Sysyn, F. E. (1986a). Peter Mohyla and the Kyiv Academy in recent Western works: Divergent views on seventeenth-century Ukrainian culture. *Harvard Ukrainian Studies*, vol. 10. no. 3-4, 155–187. https://www.ualberta.ca/en/canadian-institute-of-ukrainian-studies/media-library/canadian-institute-of-ukrainian-studies/18th-ukraine/sysyn_online_jan_22-1.pdf

Sysyn, F. E. (1986b). Concepts of nationhood in Ukrainian history writing, 1620–1690. *Harvard Ukrainian Studies*, vol. 10. no. 3-4, 393–423. https://www.jstor.org/stable/41036165

Thomson, F. J. (1993). Peter Mogila's ecclesiastical reforms and the Ukrainian contribution to Russian culture: A critique of Georges Florovsky's theory of the pseudomorphosis of Orthodoxy. *Slavica Gandensia*, vol.20, 67–119. https://www.researchgate.net/publication/233711349

Tymošenko, L.V. (2014). [Тимошенко, Л.В.] Киевское братство: XVII в. [“Kyiv Brotherhood”, in Ukrainian]. *Православная энциклопедия*. vol.33. 387-390 Published online: 8 July 2018. https://www.pravenc.ru/text/1684575.html



6. Figure: Mohyla's signature: "Petro Mohyla, Archbishop Metropolitan of Kïev, Galicia and All Rus

ON THE BABM PREPOSITIONAL CONJUNCTIONS *B*, *D*, AND *M*

Dr. Alan Reed LIBERT

Discimpline of Linguistics, University of Newcastle, Callaghan, Australia

Alan.Libert@newcastle.edu.au

ORCID: 0000-0003-1446-4183

Abstract

Babm is an artificial auxiliary language (a language for communication among speakers who do not have a language in common) designed by Fuikishi Okamoto and described in English in Okatamoto (1962). It is an *a priori* language, i.e. it does not use components of natural languages. One of its word classes is the "prepositional conjunctions" (p. 141). Several of these words, including *b*, *d*, and *m*, appear to be case markers, given Okamoto's description of them: "preposition denoting the nominative case" (p. 141), "preposition denoting the objective case" (p. 141), and "preposition denoting the nominative or objective case in the meaning of 'also'" (p. 142), respectively. An example containing *d* is *Cy uheg rbot d V.* 'Father! Do not reproach me!' (p. 17). Okamoto (pp. 4-5) states, "Each pronoun mentioned here is used as the subject or object (direct or indirect), the variation of which may be made clear by using a prepositional conjunction prepared specially". As this quotation indicates, it is not required to use these words, and, in fact, the majority of subjects and direct objects in texts in Okamoto (1962) are not preceded by one of them. In this paper I will look at the occurrences of *b*, *d*, and *m* in these texts to try to determine whether there are any patterns in when they appear.

Keywords: Prepositions, artificial languages, constructed languages

AN ANALYSIS OF THE POEM *GAME* BY OCTAVIAN PALER

Irina-Ana DROBOT | ORCID 0000-0002-2556-6233| E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the poem *Game* by Octavian Paler, by relying on the reader response criticism approach. The game in this poem suggests that there is a psychological dimension next to the literal dimension of this poem. The idea of the game is part of the theme of the entire poem, and also helps structure this poem. At the same time, the way in which the poet structures this poem is not according to every reader s expectations. This paper deals with the way in which a poem works based on defamiliarization theory according to Shklovsky (1917), reader-response criticism, and on the way in which readers relate to a poem they read. We witness how a poem can reinforce or break certain understandings of the world. The poem is analysed based on reader-response criticism, conceptual metaphor, and psychoanalysis. The poet creates various interconnections based on the elements in a poem, which further on come to suggest additional details. The way in which those readers familiar with psychoanalysis work their way through this poem works further on brongs in issues related to the way in which all texts work. This paper relies on the way in which readers rely on free associations in order to understand this poem and on the way in which readers can rely on the path of poets suggesting various meanings to poems.

Keywords: figures of speech, psychoanalysis, free associations, conceptual metaphor, defamiliarization, reader-response criticism.

Introduction

Literary texts do not communicate meaning only through directly provided information. They also lead to interpretive possibilities through their organization, figurative language, omissions, and the relationships established between textual elements. Poetry is particularly relevant in this respect because its condensed language encourages readers to identify connections that are not expressed through direct statements. As a result, the interpretation of a poem means not only the recognition of its linguistic and stylistic features but also an examination of the cognitive, emotional, and cultural processes through which readers construct meaning.

Romanian author Octavian Paler's poem *Jocul* (*Game)* is an illustrative example of this relationship between textual organization and reader participation. The poem begins with an apparently simple situation: the poetic persona has a seashell and several stones and wonders how these objects might be used to reconstruct a sea and a shore. However, this immediately introduces a discrepancy between material reality and imaginative possibility. The poetic persona does not merely wish to create a representation of a landscape, but also to convince himself that he has experienced the reality represented by that landscape.

The poem thus introduces a series of questions concerning the relationship between experience and representation, memory and imagination, presence and absence, and the capacity of language to reconstruct a world that is no longer directly accessible.

Materials and Methods

The title *Game* establishes an interpretive framework. A game normally involves rules, participants, objectives, and some distinction between ordinary reality and the temporary reality established through play. Nevertheless, the poem does not present a conventional game with clearly identifiable rules. Instead, the reader encounters a psychological and imaginative activity whose purpose and consequences remain uncertain. This discrepancy between the expectations generated by the title and the actual development of the poem constitutes one of its main interpretive challenges.

The present paper argues that the game operates on three interconnected levels: as an imaginative activity through which the poetic persona attempts to reconstruct an absent experience; as a psychological process involving memory, desire, and loss; and as a textual mechanism through which the reader is invited to participate in the construction of poetic meaning.

Reader-response criticism analyses the ways in which readers participate in the realization of meanings for literary works. Readers are highly active in understanding this poem by Paler, as they work out their way through understanding its symbolism and message. Iser (2014) argues that literary texts contain structures that guide readers while leaving certain relationships and implications undetermined. These indeterminate areas require readers to establish connections, formulate expectations, and revise their interpretations as reading progresses. In *Game*, the opening objects appear relatively easy to identify. However, the relationships between these objects and the experiences subsequently described are not fully explained. The reader must determine whether the seashell and stones function as souvenirs, symbolic substitutes, remnants of a lost experience, or instruments of imaginative reconstruction. The poem therefore creates interpretive gaps that readers are encouraged to fill.

Psychoanalytic literary criticism offers a further approach to the poem's imagery and emotional contradictions. Freud's (1900) account of dream interpretation emphasizes the processes through which unconscious thoughts may be transformed, displaced, and condensed into images. The method of free association is particularly relevant to the interpretation of *Game*. A reader may associate the seashell with the sea, the sea with freedom, freedom with happiness, and happiness with an experience that can no longer be recovered. The poem's psychological dimension may therefore be approached through the concepts of symbolic substitution, desire, ambivalence, and the relationship between memory and loss. These concepts are particularly relevant to the speaker's simultaneous

desire to preserve and forget, his expectation of punishment, and his insistence that a remembered experience was real.

The paper relies on a qualitative methodology based on close reading and the comparative application of four theoretical perspectives: reader-response criticism, defamiliarization, conceptual metaphor theory, and psychoanalytic criticism. The analysis proceeds through several stages. First, the poem is examined in relation to its narrative and structural development. Particular attention is given to changes in the poetic persona's emotional position, the recurrence of significant images, and the relationships between the opening and concluding passages. Second, the analysis identifies instances in which ordinary expectations concerning objects, actions, and experiences are disrupted. These instances are examined through Shklovsky's concept of defamiliarization. Third, the poem's figurative expressions are investigated through conceptual metaphor theory. The objective is to identify possible mappings between concrete images and abstract psychological experiences. Fourth, psychoanalytic concepts are employed to explore the relationships between desire, memory, symbolic objects, and emotional contradiction. Finally, reader-response criticism provides the overarching framework for understanding how these interpretive possibilities may be actualized differently by readers with distinct theoretical backgrounds.

The paper is based on the English version of the poem selected for analysis.

The opening images establish a relationship between material fragments and an absent totality:

Mai am o scoică şi câteva pietre,

cum să clădesc din ele o mare

şi-un ţărm unde să stau pe nisip

şi cum să mă conving că am fost pe un asemenea ţărm

urmând fericit o pasăre

care acum nu mă mai lasă să dorm?

O scoică şi câteva pietre

şi un nume ciudat

pe care nu-l înţelege nimeni

şi speranţa mea de-a ajunge

să nu-l mai înţeleg nici eu într-o zi.

Sărbătoarea s-a terminat,

îmi aştept pedeapsa lângă tribunele goale,

dar eu am văzut arzând la amiază un nor
şi-am auzit cântecul care îngenunchea caii sălbateci,
îşi spun, ţărmul acela nu-i simplă poveste,
eu am văzut norul şi-am ascultat cântecul
şi, înainte de a mă învinge,
soarele m-a făcut fericit. (Paler, 2026)

I still have a seashell and a few stones,
how can I build from them a sea
and a shore where I can sit on the sand,
and how can I convince myself that I have been to such a shore,
happily following a bird
that now no longer lets me sleep?
A seashell and a few stones,
and a strange name
that no one understands,
and my hope that one day
I will come to understand it no longer, either.
The celebration is over,
I await my punishment beside the empty stands,
but I have seen a cloud burning at noon
and heard the song that brought wild horses to their knees.
I tell myself, that shore is no mere story,
I have seen the cloud and listened to the song,
and, before it conquered me,
the sun made me happy. (Paler, 2026, my translation)

The seashell and stones are concrete objects that may plausibly have originated from a coastal landscape. They therefore possess a possible indexical relationship with the absent shore: they may be understood as traces of a place previously encountered. However, the poem does not confirm their origin. This uncertainty is important because it creates two competing interpretive possibilities. According to the first, the objects are souvenirs of an actual experience. The poetic persona attempts to recover the emotional significance of a place he once visited. According to the second, the objects serve as materials for constructing an experience that may never have occurred in the form imagined. The difference between these possibilities changes the interpretation of the poem. In the first case, the game concerns memory and loss. In the second, it concerns imagination, self-persuasion, and

the uncertain relationship between fiction and personal identity. The poem does not require readers to choose definitively between these alternatives.

It allows the two possibilities to coexist. From a psychoanalytic perspective, the objects may be interpreted as symbolic substitutes for something absent. Their emotional significance exceeds their material properties because they become associated with an experience that the poetic persona wishes to preserve or recover. This interpretation may also be connected with Freud's (1922) discussion of mourning and melancholia, although the poem does not provide sufficient evidence to classify the poetic persona's emotional state clinically. The significant point is that the poetic persona's attachment to the objects appears connected with the persistence of an absent experience. The objects function as material supports for a psychological process. They preserve the possibility of remembering while simultaneously emphasizing the impossibility of complete recovery.

The bird introduces a significant change in the emotional direction of the poem. Initially, the poetic persona associates the bird with happiness. However, the same bird subsequently becomes a source of sleeplessness. This transformation challenges the reader's expectations. Birds are frequently associated in literary traditions with freedom, movement, transcendence, or the possibility of escaping ordinary limitations. However, the poem complicates these conventional meanings by presenting the bird as an intrusive presence. The bird is no longer only an image of freedom or happiness. It becomes associated with the persistence of a memory that disturbs the poetic persona. From a psychoanalytic perspective, this transformation may suggest emotional ambivalence: the same remembered object or experience can generate both pleasure and suffering. The bird may also be interpreted as an image of desire. The poetic persona once followed it happily, suggesting movement toward something attractive or meaningful. In the present, however, the memory of that movement becomes psychologically disruptive. This interpretation does not require the bird to represent a particular person or biographical event. Its importance lies in the relationship between the poetic persona's past happiness and present unrest. The poem suggests that memories are not emotionally stable. Their meaning may change as the individual's relationship with the past changes. From the perspective of reader-response criticism, the bird's transformation requires readers to revise their initial interpretation. A symbol that initially appears positive becomes ambivalent. The reader must therefore abandon the expectation that poetic images maintain fixed emotional meanings throughout a text.

The reference to an incomprehensible name introduces a further interpretive problem. Names usually serve the purpose of identification. They distinguish individuals, places, and objects and make communication possible. However, the poem presents a name that cannot be understood by others. More surprisingly, the poetic persona expresses the hope that he will eventually cease to understand it himself. This statement reverses the conventional expectation that understanding is desirable. The poetic persona does not seek clarification. Instead, he imagines the possibility of losing access to a meaning that he currently possesses. The resulting contradiction can be examined through defamiliarization. Defamiliarization refers to making a common experence strane and hard to recognize, as a device to making it artistically expressed. For Shklovsky, an experience or obect, in order to be considered art, needs to be presented from a surprising perspective. Understanding is commonly associated with knowledge, orientation, and intellectual achievement. In this passage, however, understanding appears to be connected with a psychological burden. The desire not to understand suggests that forgetting may offer relief from an emotionally difficult association. The name may therefore function as a condensed sign of an experience whose significance is accessible to the speaker but not to others.

A psychoanalytic reading may interpret this situation through the relationship between language and emotionally charged memory. The name appears to retain meaning even though its referent remains unspecified. This creates an interpretive gap that cannot be resolved through textual information alone. Different readers may associate the name with a lost person, an inaccessible place, a private promise, or an experience that cannot be communicated.

The poem does not confirm any of these interpretations.

The statement announcing the end of the celebration introduces a decisive change in tone. The earlier imagery emphasizes imagination, movement, and the possibility of reconstructing happiness. The later imagery introduces emptiness, judgment, and punishment. The reference to empty stands suggests a setting associated with spectatorship, performance, or public competition. This image can be connected with the title. Games frequently take place before spectators and may involve winners, losers, and rules governing success or failure. However, the poem does not identify the specific game, the offense committed, or the authority responsible for punishment. The reader must therefore infer the relationship between the completed celebration and the anticipated punishment. One possibility is that the poetic persona experiences happiness as something temporary for which a price must eventually be paid. Another is that the end of the celebration symbolizes the transition from an exceptional moment of emotional intensity to the ordinary conditions of existence. The empty stands may also suggest the disappearance of witnesses, recognition, or communal participation. The poetic persona remains alone after the event has ended. From an existential perspective, this situation may represent the individual confronting the consequences of an experience whose meaning can no longer be shared. From a psychoanalytic perspective, the expectation of punishment may evoke guilt or the operation of an internalized moral authority. Freud's (2019) account of the superego offers a possible conceptual framework for such an interpretation.

The images of the burning cloud and the song capable of bringing wild horses to their knees represent some of the poem's most striking instances of defamiliarization. Clouds do not usually burn in the literal sense, although they may appear illuminated by sunlight. Similarly, a song does not usually have the physical power to make wild horses kneel. These images turn familiar natural phenomena into extraordinary events. The burning cloud combines elements conventionally associated with different physical states and processes. A cloud is associated with water vapor and atmospheric movement, while burning suggests fire, heat, and destruction. The resulting image disrupts ordinary categorization. The song similarly challenges expectations concerning the relationship between sound and physical action. Wild horses may suggest energy, independence, and resistance to control. Their submission to a song transforms music into a force capable of overcoming physical strength. This image may be interpreted through the conceptual mapping of artistic experience as a transformative space. The game works so as to function as a conceptual metaphor for the artistic act. Artists can be considered as children who imagine various situations. Imagination and creativity are common to children and artists.

Results

The poem's main image of the game is not only a thematic element, but also a model of the interpretive process. The reader reconstructs a possible meaning from incomplete textual information. This parallel establishes a relationship between the psychological activity represented in the poem and the cognitive activity required to interpret it.

Defamiliarization operates through the disruption of familiar relationships between objects, actions, and experiences. The construction of a sea from a seashell, the desire to forget the meaning of a name, the burning cloud, and the transformative power of a song challenge conventional expectations. These disruptions prevent automatic interpretation and encourage readers to reconsider the relationship between perception and reality.

The poem's imagery is organized through interconnected metaphorical relationships. Physical construction becomes a model for remembering, possession becomes associated with the preservation of experience, and conquest becomes a metaphor for emotional transformation. These relationships suggest that the poem's figures of speech do not operate independently, but participate in a larger conceptual structure.

Psychoanalytic interpretation shows the importance of emotional ambivalence. Happiness becomes associated with sleeplessness, memory with the desire to forget, and celebration with punishment. The poem does not resolve

these contradictions, but presents them as fundamental characteristics of the poetic persona's relationship with past experience.

Discussion and Conclusion

Octavian Paler's poem *Game* shows how a poem may change an apparently simple imaginative situation into a complex exploration of memory, identity, desire, and the relationship between reality and representation. The poem's main activity—the reconstruction of an absent landscape from a seashell and several stones—provides a model for understanding both the poetic persona's psychological condition and the reader's interpretive activity. The poetic persona attempts to recover an experience that survives only through fragments, images, and uncertain recollections. Similarly, the reader attempts to reconstruct a coherent interpretation from textual elements whose relationships are not fully explained. This parallel shows the importance of reader participation in the creation of meaning. The application of Shklovsky's concept of defamiliarization reveals how the poem disrupts habitual expectations concerning physical reality, perception, and causality. Familiar objects become components of impossible constructions, while ordinary experiences acquire extraordinary properties. Conceptual metaphor theory further demonstrates how these images establish relationships between concrete physical experiences and abstract psychological processes. Psychoanalytic criticism contributes an understanding of the emotional contradictions that characterize the speaker's relationship with the past. The desire to remember coexists with the desire to forget, while happiness remains inseparable from the possibility of suffering. The poem's psychological complexity emerges not from explicit explanations but from the relationships established between its images.

The main contribution of this analysis is the identification of the game as a shared structural principle connecting the poetic persona, the organization of the poem, and the interpretive activity of the reader. The poem does not only describe an imaginative game. It requires the reader to engage in a comparable process of reconstruction, association, and reconsideration.

References

Freud, S. (1900). The interpretation of dreams Sigmund Freud. https://www.junkybooks.com/administrator/thebooks/68775b5625b42-the-interpretation-of-dreams-sigmund-freud-1900-.pdf

Freud, S. (1922). Mourning and melancholia. The journal of nervous and mental disease, 56(5), 543-545.

Freud, S. (2019). The ego and the id. Simon and Schuster.

Iser, W. (2014). Interaction between text and reader. In Readers and reading (pp. 20-31). Routledge.

Paler, O. (2026). Jocul. https://poetii-nostri.ro/octavian-paler-jocul-poezie-id-4643/

Shklovsky, V. (1917). Art as technique. Literary theory: An anthology, 3(3), 8-14.

AN ANALYSIS OF THE POEM YESTERDAY'S LIGHT BY LUCIAN BLAGA

Irina-Ana DROBOT | ORCID 0000-0002-2556-6233| E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the poem *Lumina de ieri* (*Yesterday's Light*) by Lucian Blaga. This poem relies on the idea of a search, which can be an abstract philosophical one, just as it can be a literal one. At the same time, readers can find clues in the poem that this search relates to a philosophical, abstract idea, since it is presented as having to do with highly reflective activities, where the forehead of the poetic persona is down, and which means that the poetic persona is reflecting. The figurative language related to fountains and with water can further relate to the abstract ideas of having to find a source for various thoughts. The image of the stars and of the light that is being searched for further reinforces the associations related to a spiritual search. The metaphor of the spiritual search is consistent throughout the poem, and helps reinforce for readers a familiar image. At the same time, Blaga manages to bring in original aspects of this personal search which can keep readers still interested in understanding this search and its particular features. The poem is analysed based on reader-response criticism, conceptual metaphor, and psychoanalysis.

Keywords: figures of speech, psychoanalysis, free associations, conceptual metaphor, defamiliarization, reader-response criticism.

Introduction

The theme of the search is a well-known, and quite common one, since we are all familiar with the way in which we become concerned with who we are, what profession we are suited for, what course we hope our lives to take, what is meaningful for us personally, etc. The search usually has to do with how we imagine ourselves in the future.

In *Lumina de ieri* (*Yesterday's Light*), Romanian poet Lucian Blaga (1895-1961) develops the theme of searching through a sequence of images associated with the past, loss, and the possibility of recovering a former experience of illumination.

Materials and Methods

The poem consists of four tercets, each beginning with a variation of the statement "Caut, nu știu ce caut" ("I search, I know not what I search for," Blaga, my translation). This repeated declaration establishes the poem's theme of a search which is done in a mood of uncertainty and doubt. The poetic persona is engaged in an intentional activity without being able to identify its object precisely.

Blaga presents the search as an activity that precedes the full conceptualization of its objective. The poetic persona experiences a powerful impulse towards something that remains indeterminate. This indeterminacy creates an interpretative space in which several possible meanings coexist. The object of the search may be a lost experience, a former identity, an idealized past, an encounter with transcendence, or a spiritual condition that cannot be recreated.

The poem also presents a tension between familiarity and originality. Searching for lost light, recovering the past, and associating illumination with knowledge are recognizable literary and cultural patterns. However, Blaga renews these patterns through unusual metaphorical combinations, such as fountains with conquered waters and a dead pitcher retaining the trace of a mouth.

Reader-response criticism, which is a suitable approach to the analysis of this poem, emphasizes the active role

of readers to the understanding of a poemA text does not have a fixed meaning. Meaning depends on the interaction between the text and the reader's expectations, experiences, and interpretation. Iser (2014) claims that literary texts contain indeterminacies that require readers to establish connections and construct provisional interpretations.

Conceptual metaphor theory, developed by Lakoff and Johnson (1980), considers that metaphor is not just an ornamental feature of languag,e but a fundamental mechanism through which abstract concepts are understood in terms of more concrete experiences. In Blaga's poem *Yesterday's Light*, the following conceptual mapping organizes the poem's imagery: knowing is seeing, which is alluded to through the images of the light, sky, and dawn, whose meaning is knowledge, relevaltion, and spiritual understanding.

From a psychoanalytic perspective, Freud's concepts of mourning and melancholia (1917) provide a means of understanding loss and its significance. The poetic persona needs to detach from the loss by leaving it behind and by starting anew. His attitude lies between mourning, which after a while can end with the acceptance of the loss, and melancholia, which means that the loss is not accepted and that the poetic persona becomes himself what he has lost, by identifying himself with the loss. A further relevant concept is free association. In psychoanalytic practice, free association allows thoughts and images to emerge without imposing an immediately coherent explanatory structure. In this poem, the sky leads to dawn, dawn to fountains, fountains to an hour preserved in memory, and finally to stars and extinguished light. These images are connected through associations of illumination, vitality, temporality, and loss.

Shklovsky's (1917) concept of defamiliarization describes how artistic language disrupts habitual perception and makes familiar objects or experiences appear unfamiliar. This concept is particularly relevant to Blaga's metaphors. Light, fountains, dawn, stars, and vessels are familiar objects. However, the poem places them in unexpected relationships. A fountain can have its waters conquered. An hour can remain within a person without possessing a body. A pitcher can be dead while preserving the trace of a mouth. Extinguished light can continue to receive praise. Such images require readers to reconsider the relationships between physical objects and abstract experiences. The poem combines recognizable symbolic material with unusual linguistic configurations that renew the reader's perception.

The first stanza introduces the activity of searching and questions its epistemological foundations:

Caut, nu știu ce caut. Caut

un cer trecut, ajunul apus. Cât de-aplecată

e fruntea menită-nălțărilor altădată! (Blaga, 2026)

I search, I know not what I search for. I search

for a vanished sky, the eve of a sunset. How bowed

is the brow once destined to rise! (Blaga, 2026, my translation)

The opening repetition of "I search" emphasizes the persistence of the search. The verb appears three times in the first line, creating a rhythmic pattern that reflects both determination and uncertainty. The statement "I do not know what I search for" interrupts the apparent intentionality of the activity. The persona is certain of the desire to search but uncertain of its object. From a psychoanalytic perspective, this distinction suggests a separation

between conscious knowledge and desire. The impulse to search is experienced before its object can be adequately represented. The next image, "a vanished sky," introduces the temporal dimension of the search. The sky usually suggests openness, transcendence, infinity, and spiritual aspiration. However, the adjective situates it in the past. The sky is no longer simply a spatial expanse above the persona. It becomes a temporal and potentially spiritual condition that has disappeared. The persona attempts to recover an earlier state of existence by imagining it as a location that might be found. The phrase "the eve of a sunset" emphasizes anticipation and transition. The persona may therefore be searching not only for a lost experience but also for the moment immediately preceding its loss. The final image introduces a contrast between the human body and cosmic elevation. The bowed forehead suggests introspection, fatigue, resignation, or sorrow. By contrast, the reference to former elevation evokes aspiration, dignity, intellectual activity, and spiritual transcendence.

From a reader-response perspective, the stanza offers no definitive explanation for the poetic persona's transformation. Readers may interpret the bowed forehead as aging, disappointment, mourning, intellectual struggle, or spiritual crisis. The first stanza establishes the fundamental conflict of the poem: the desire to recover a former condition of openness and elevation from a present characterized by introspection and uncertainty.

The second stanza repeats the opening formula, reinforcing the continuity of the search while introducing a different group of images:

Caut, nu știu ce caut. Caut

aurore ce-au fost, tâșnitoare, aprinse

fântâni - azi cu ape legate și-nvinse. (Blaga, 2026)

I search, I know not what I search for. I search

for dawns that once were, bursting forth, blazing

fountains — now with their waters bound and conquered. (Blaga, 2026, my translation)

The object of the search now appears as "dawns that once were." The dawn usually signifies beginnings, renewal, hope, and the emergence of light after darkness. The plural form suggests that the persona is not necessarily remembering a single event. The image may represent a succession of former experiences of illumination. The past is not represented as a neutral chronological period. It is associated with the loss of experiences characterized by energy and brightness. The following adjectives, "bursting forth, blazing," intensify the impression of vitality. The phrase *bursting forth* suggests sudden upward movement, while *blazing* evokes fire and illumination. These associations prepare the reader for the image of fountains. Water may suggest life, purification, renewal, emotional movement, or creative inspiration. A fountain also implies a source from which something emerges. As a result, the image can be associated with the origin of thought, spiritual experience, or artistic creativity. The defeated waters suggest that a once-powerful source of vitality has been subjected to forces that prevent its expression. A psychoanalytic interpretation might associate this image with inhibited desire or psychic energy that can no longer find an adequate form of expression. However, the poem does not specify what has caused the inhibition. It may be temporal change, existential disappointment, loss of inspiration, or an unavoidable transformation of consciousness. The fountain also creates an important connection between searching and origins. To search for a fountain is potentially to search for a source. Thus, the poetic persona may be seeking the

origin of an earlier experience of illumination rather than only attempting to reproduce its effects.

From a reader-response perspective, the image encourages different forms of identification. A reader may associate the defeated fountains with diminished creativity, lost youth, emotional exhaustion, or the disappearance of spiritual certainty.

The stanza translates an abstract condition of loss into a concrete but unconventional physical image. Its main achievement is the representation of a former abundance that persists in memory precisely because it can no longer be experienced in the same way.

The third stanza marks a significant transformation in the poem's spatial and psychological orientation:

Caut, nu știu ce caut. Caut

o oră mare rămasă în mine fără făptură

ca pe-un ulcior mort o urmă de gură. (Blaga, 2026)

I search, I know not what I search for. I search

for a great hour that remains within me, bodiless,

like the trace of a mouth upon a dead pitcher. (Blaga, 2026, my translation)

Whereas the first two stanzas underline cosmic and natural images, the third explicitly locates the object of the search within the poetic persona. The expression "a great hour" suggests a moment of high importance. The adjective *great* may refer to emotional, spiritual, or existential intensity. A brief moment may become "great" because of its significance in the development of an individual's consciousness. The sought experience remains within the persona, yet it cannot be fully recovered. Memory often preserves fragments, impressions, or signs rather than the complete reality of past events.

From a reader-response perspective, the stanza encourages readers to draw upon personal experiences of memory and loss. The trace may evoke a vanished relationship, a moment of happiness, an earlier self, or an experience of spiritual revelation. The persona cannot recover the sought experience merely by returning to its location or

remembering its chronological circumstances. What has disappeared is the fullness of the experience itself.

The last stanza returns to cosmic imagery:

Caut, nu știu ce caut. Subt stele de ieri,

subt trecutele, caut

lumina stinsă pe care-o tot laud. (Blaga, 2026)

I search, I know not what I search for. Beneath yesterday's stars,

beneath all that has passed, I search

for the extinguished light I keep on praising. (Blaga, 2026, my translation)

The opening statement repeats the declaration of uncertainty. However, the expected occurrence of *I search* does not immediately follow. Instead, the poem introduces the phrase "Beneath yesterday's stars." Stars usually suggest distance, permanence, orientation, and transcendence. They can also function as sources of light that guide human movement. In Blaga's poem, however, they belong to yesterday. Stars, which are often associated with continuity beyond individual human life, become markers of personal or existential memory. The phrase "beneath all that has passed" further emphasizes the weight of temporality. The past appears almost as a cosmic structure under which the poetic persona continues to exist. The search is thus conducted not outside history, but under the influence of what has already disappeared. Light may symbolize understanding, truth, revelation, or spiritual awareness. Its extinction can therefore suggest the loss of certainty or access to a former state of knowledge. In Blaga's poetic universe, light may also represent vitality, transcendence, creative energy, or an experience of mystery. The poem's final phrase introduces its most significant paradox: "which I keep on praising." The poetic persona continues to praise a light that no longer shines. The act of praise implies that the lost experience retains value despite its disappearance. This creates a distinction between physical or experiential absence and symbolic persistence. The light is extinguished, but its significance survives. From a psychoanalytic perspective, this may suggest the persistence of attachment to an absent object. Yet the poem does not necessarily portray this attachment as pathological or entirely negative.

The ending transforms searching from a potentially temporary activity into a continuing existential condition.

Results

The progression of the four stanzas reveals a movement between external and internal representations of experience. This sequence is not simply a movement from nature towards psychology. It is also a progressive redefinition of the object of desire. The search begins with images that appear externally identifiable, such as the sky and fountains. It then moves towards an abstract temporal experience before culminating in the symbolic image of extinguished light. The poem gradually reveals that what is being sought cannot be adequately represented as a physical object.

Discussion and Conclusion

Blaga's poem transforms the apparently simple act of searching into a complex representation of desire, memory, spiritual aspiration, and the irreversibility of time. The stanza-by-stanza analysis reveals a carefully constructed progression. The vanished sky evokes a former condition of transcendence; the defeated fountains represent the

loss of vitality and renewal; the bodiless hour expresses the persistence of memory without the recovery of the original experience; and the extinguished light brings these images together in a final paradox of absence and praise. Psychoanalytic criticism highlights the tension between conscious uncertainty and persistent desire, while reader-response criticism explains how the poem invites readers to construct meaning through its unresolved ambiguities. Defamiliarization is particularly important because Blaga transforms familiar symbols into unexpected configurations. The images remain sufficiently recognizable to activate established associations, yet their unusual combinations prevent interpretation from becoming automatic. The poem's originality lies not simply in its use of metaphors associated with spiritual searching, but in its capacity to make those metaphors problematic. The search remains unresolved because its object cannot be fully recovered as a concrete experience or defined as a stable concept. Nevertheless, the final act of praise suggests that loss does not necessarily destroy significance. The extinguished light continues to shape consciousness, memory, and poetic expression. Ultimately, the poem presents searching as more than an attempt to retrieve the past. It becomes a mode of existence through which human beings preserve their relationship with experiences that have disappeared but continue to define their understanding of themselves. The poem thus suggests that the value of the search may reside not in finding a definitive object, but in sustaining an awareness of what remains meaningful beyond the limits of recovery and explanation.

References

Blaga, L. (2026). Lumina de ieri. https://www.romanianvoice.com/poezii/poezii/luminaieri.php

Freud, S. (1917). Mourning and melancholia (Vol. 14, pp. 237-58).

Iser, W. (2014). Interaction between text and reader. In Readers and reading (pp. 20-31). Routledge.

Johnson, M., & Lakoff, G. (1980). Metaphors we live by (Vol. 1, p. 980). Chicago: University of Chicago Press.

Shklovsky, V. (1917). Art as technique. Literary theory: An anthology, 3(3), 8-14.

AN ANALYSIS OF THE POEM JANUARY BY IOAN N. ROMAN

Irina-Ana DROBOT | ORCID 0000-0002-2556-6233| E-Posta: anadrobot@yahoo.com

Technical University of Civil Engineering Bucharest, Faculty of Engineering in Foreign Languages, Department of Foreign Languages and Communication, Bucharest, Romania

Abstract

The purpose of this paper is to analyse the poem *Ianuarie (January)* by Romanian poet Ioan N. Roman. This is a poem about winter, which offers us readers insight into the way in which poets experience a process similar to free associations in psychoanalytic sessions. This is because various sets of ideas and images work in a chain of free associations in order to complete the image of winter, which represents the central point of these associations. We can speak of a chain of free associations, related to the winter season, which includes the month of January, the continuus snowing, the silver trees, the crowns, the emptiness, the old man in the eveing with white hair. The poem *January* uses figurative language to create a world based on defamiliarzation which, at the same time, relies on familiar elements for the readers. The world of winter becomes a particular realm, since this season is strongly associated with fairy-tales and vaious celebrations, but also with changes in the natural world. The poem *January* is analysed based on the theory of defamiliarization by Shklovsky, as well as based on the theory of reader-response criticism, since readers have an active role in understanding this poem. Close-text analysis is also used, together with psychoanalysis.

Keywords: figures of speech, psychoanalysis, free associations, uncanny, defamiliarization, reader-response criticism.

Introduction

In the works of poets, natural landscapes are not present just for their own sake, or for aesthetic reasons only. They are selected in order to express what is not directly put into words. Meanings beyond the literal one are suggested to readers and interpreted, as well as developed, by them. The poem *Ianuarie* (*January*) by Romanian poet Ioan N. Roman (1866-1931) turns an otherwise common winter landscape into a psychological landscape, in which external images gradually activate memories, a sense of longing, and an awareness of the experience of loss.

While his associated identity is that as a poet strongly attached to the Dobroudja area in Romania and to the Romanian people (Ilie, 2018), the poem selected for analysis in this paper shows a different side of his personality. He is moved by the beauty of the winter landscape, and he experiences emotions and reflections suggested by associated elements in the landscape.

Materials and Methods

In the poem *January*, Ioan N. Roman creates a poetic representation of winter based on a series of interconnected visual and auditory images, with emotional associations. The progressive change from the snow-covered landscape to the poetic persona's domestic environment and to memories of an absent lady shows how sensory perceptions can activate associative processes.

The poem relies on a process similar to that of free associations (Freud, 1922) used in psychoanalytic sessions, where one image, thought, word, or person can activate an interconnected chain of ideas and reflections, as well as memories. In the poem by Roman, one image can activate for readers certain reflections, just as it can for the poetic persona. The poem develops through a sequence of associations: January, the continuous snowfall, the silver trees, the white hair, emptiness, solitude, memories, longing, absence, and loss. The initial images are predominantly visual: snow, the grey sky, silvered trees, and empty roads. They gradually become connected with

emotional states. The image of the white-haired old man introduces a human dimension into the winter landscape. The colour white, initially associated with snow, becomes connected with old age. The psychological associations intensify when the poetic persona enters the poem explicitly: "Alone, lost in thought, I sit by the window in my room" (Roman, 2026, my translation). At this point, the reader can reinterpret the preceding landscape as a possible externalization of the speaker's psychological condition. The transition from natural imagery to memories and longings resembles associative thinking. However, the poem's carefully organized imagery relies on an artistic construction of association, not on spontaneous, unrestricted free association.

Defamiliarization is at work in this poem since, according to Shklovsky (1917), art can be called art once it presents an object or an experience from an entirely unxpected perspective, to the point where it becomes unrecognizable. In addition, the object or experience can even be presented from such a fresh perspective that they become strange. In the poem by Roman, defamiliarization, or making reality strange, is achieved through figurative language, such as personification of elements in the natural world, through spatial distortion, as well as through symbolic imagery. By using these, the poem transforms the familiar winter scenery into an uncanny psychological environment in which solitude, memory, desire, and loss become inseparable. The uncanny (Freud, 2003) refers to an experience or object that are both familiar and unfamiliar. It all depends on what the person experiencing a certain state of affairs or looking at an object or person has repressed, as the repressed contents makes it hard or even impossible for the person to understand why a strange experience, object or person has some familiar sides.

From the perspective of defamiliarization, the famliar becomes unfamiliar. As an example, the house is commonly associated with security, familiarity, and belonging. In *January*, however, its interior suggests abandonment and deterioration: "A thick blanket of dust has settled in abundance" (Roman, 2026, my translation). The accumulated dust indicates inactivity and the passage of time. The home is shown as a space where the poetic persona confronts himsef with absence instead of experiencing a sense of belonging. This leads to a tension between the *heimlich* (homely, familiar) and the *unheimlich* (uncanny, unsettling). The poetic persona is faced with a familiar environment that no longer offers the emotional security associated with the home.

The interpretation of the poem relies on reader-response criticism, since the poem needs an actively involved reader, in order to understand what is suggested beyond the visual imagery of the winter landscape. Readers react both emotionally to a text, and intellectually, as they reflect on it starting from their background knowledge (Mart, 2019). As an example, the last stanza of the poem creates an interpretative gap: "She will never come again" (Roman, 2026, translation). The poem does not establish who this woman is, why she is absent, or whether her absence results from separation, death, or another circumstance. From the perspective of Iser's (2014) reader-response theory, such ambiguities and gaps invite readers to participate actively in constructing meaning. Different readers may interpret the absent woman as a former lover, a deceased companion, or a figure associated with the poetic persona's past youth, which can be experienced as a loss. The poem does not require a clear identification of the figure of the lady. The emotional significance of the absence appears through the interaction between textual clues and readers' experiences. The Christmas carol singers reinforce this interpretation by linking the remembered relationship to winter celebrations, domestic warmth and moments spent together. The poem presents two contrasting versions of winter: the present winter of isolation and the remembered winter of

companionship.

The first stanza introduces winter as an overwhelming natural phenomenon:

Ninge, și ninge mereu, — de-o săptămîn'a tot nins,

Albul veșmînt de omăt pe depărtări s-a întins,

Cerul e sur, plumburiu, iar între cer și pămînt

Necontenit se tot cern valuri purtate de vînt. (Roman, 2026)

Snow falls, and falls without end — for a week now it has snowed,

A white mantle of snow has spread across the distant lands;

The sky is grey, leaden, and between heaven and earth

Waves of drifting snow are ceaselessly sifted by the wind. (Roman, 2026, my translation)

The repetition of the verb "falls" emphasizes the continuity of snowfall. The phrase "without end" suggests that the snowfall is experienced not simply as a meteorological event but as a seemingly interminable condition. Although the poetic persona mentions that it has been snowing for a week, the subjective impression is that the process has no identifiable ending. The metaphor of the "white mantle" transforms the snow-covered landscape into an image of uniformity. The snow hides the familiar features of the natural environment, making the landscape appear different from its ordinary aspect. This transformation can be interpreted through Shklovsky's concept of defamiliarization. The familiar world becomes unfamiliar because the snow covers its distinctive features and alters the way in which it can be perceived. The description of the sky as "grey, leaden" contributes to the creation of an oppressive atmosphere. The adjective "leaden" suggests heaviness and immobility, creating a contrast with the continuous movement of the snow. The space "between heaven and earth" becomes filled with drifting snow, creating an impression that the boundaries between different spatial dimensions have been blurred. The metaphorical representation of drifting snow as "waves" introduces an association with water and the sea. Snow, which is usually seen as falling vertically, becomes a moving mass resembling waves. This association transforms the familiar winter landscape into an unusual visual experience. From a psychoanalytic perspective, the continuous snowfall may also be interpreted as an external counterpart of the poetic persona's psychological state. The monotonous repetition of the natural phenomenon anticipates the repetitive and unresolved emotional experience revealed in the fourth and sixth stanzas. However, the psychological meaning of the landscape is not immediately made clear or guessed. Readers initially come into contact with what appears to be an objective description of winter. Only later can they reinterpret the opening stanza in relation to the poetic persona's feelings of solitude and longing. The main function of the first stanza is to establish a winter environment that is simultaneously familiar and estranged, preparing the transition from natural description to psychological

interpretation.

The second stanza introduces living creatures and human associations into the winter landscape:

Încă de mult la oraș corbii sosit-au în stol,
Și croncănesc a pustiu... paznici ai drumului gol,
Negrul și vechiul zaplaz, de vremi în lături plecat,
Pare-un bătrîn în amurg, cu părul alb și curat. (Roman, 2026)

Long ago, the crows arrived in town, in flocks,
And croak of desolation — guardians of the empty road;
The old, black wooden fence, leaning sideways with age,
Resembles an old man at dusk, his hair white and pure. (Roman, 2026, my translation)

The crows contribute to the atmosphere of abandonment through their dark appearance, presence as a group, and harsh sounds. Their croaking is associated with "desolation", suggesting that the natural environment is perceived through an emotional perspective. The representation of the crows as "guardians of the empty road" leads to the following understanding of the poem: guardians normally protect a place or supervise movement, but here they appear to guard an abandoned space. This creates a paradox: their presence emphasizes the absence of human activity. The image also introduces an opposition between presence and absence that is central to the poem. The crows are present, whereas the people who would normally be on road are absent. This contrast anticipates the final stanza, in which the poetic persona directly refers to the absence of a woman who will never return. The second part of the stanza develops an associative transformation through the comparison between the old wooden fence and an elderly man. The fence is described as "old", "black", and "leaning sideways with age". These features make it possible to associate the deteriorating object with an ageing human body. The snow covering the fence becomes equivalent to the white hair of an elderly man. This comparison can be interpreted as a form of defamiliarization. An ordinary object is perceived as a human figure, and the reader is invited to reconsider its appearance through an unexpected analogy. The reference to "dusk" strengthens the association with ageing. Dusk represents the transition from day to night and can symbolically suggest the later stages of human life. As a result, the fence is no longer merely part of the winter scenery. It becomes an image through which the passage of time and the vulnerability of human existence can be contemplated. The image of the elderly man also anticipates the poetic persona's retrospective relationship with his own past. Although the poem does not direclty establish the poetic persona's age, the association between winter and old age prepares readers for the final recollection of an earlier period of life. From the perspective of reader-response criticism, readers must participate in interpreting these associations. The comparison between the fence and an old man is explicitly given, but its implications concerning mortality, memory, and loss remain open to interpretation. The second stanza introduces human experience into the winter landscape, transforming physical objects into representations of ageing, abandonment, and the passage of time.

The third stanza continues the description of the winter landscape but introduces a more explicit transformation

of perception:

Și se îndoaie de crengi copacii-nalți de argint,
Lăsînd priveliști pustii cu perspective ce mint:
Cele de-aproape ne par că vin din lungi depărtări, —
Și nici o urmă de pas pe troenite cărări. (Roman, 2026)

And the tall trees, silvered, bend beneath their branches,
Leaving desolate scenes, with perspectives that deceive:
What lies nearby seems to come from faraway distances —
And not a single footprint marks the snowbound paths. (Roman, 2026, my translation)

The "silvered" trees are an example of figurative language through which snow changes the visual characteristics of familiar natural objects. Their branches bend under the accumulated weight, suggesting vulnerability and physical exhaustion. The description of the trees can also be connected with the elderly man in the preceding stanza. Both the fence and the trees are affected by the accumulation of snow, and both appear to bend under its weight. This parallel creates an associative connection between the natural environment and the ageing human body. The most significant feature of this stanza is the distortion of perspective: "What lies nearby seems to come from faraway distances —" (Roman, 2026, my translation). This line is relevant for Shklovsky's theory of defamiliarization. The familiar relationship between proximity and distance becomes uncertain. Objects that should appear close seem remote, suggesting that the winter landscape has altered the ordinary conditions of visual perception. The snow creates a relatively uniform environment in which distinctions between objects, surfaces, and distances become less recognizable. The disappearance of familiar visual landmarks contributes to an experience of spatial disorientation. The expression "perspectives that deceive" also introduces the possibility that the landscape is not only described objectively but perceived through the poetic persona's subjective experience. Just as nearby objects appear distant in the winter landscape, experiences that remain emotionally significant have become temporally remote. The absence of footprints in the last line suggests that no one has recently crossed the landscape. The paths exist, but they are no longer visibly associated with human movement. This image reinforces the atmosphere of solitude already established through the empty road in the second stanza. Furthermore, the absence of footprints may suggest disappearance, isolation, or the erasure of traces left by the past. From a reader-response perspective, the image remains ambiguous. It may be understood literally as a consequence of continuous snowfall, but it may also suggest the absence of human relationships or the impossibility of recovering earlier experiences. The stanza creates a relationship between spatial disorientation and psychological estrangement.

The fourth stanza marks a decisive transition in the poem. The previous stanzas describe the external landscape,

whereas this stanza introduces the poetic persona directly:

Singur, pe gînduri pierdut, stau în odae la geam,
Și mi-e urît și mi-e frig, nu mai știu singur ce am:
Cînd amintirile vagi, cînd năzuințele vin,
Cu ne-nțelesul lor dor, cu nesfîrșitul lor chin. (Roman, 2026)

Alone, lost in thought, I sit by the window in my room,
And I am bored, and cold — I no longer know what ails me:
Now vague memories, now longings come,
With their incomprehensible yearning, their endless torment. (Roman, 2026, my translation)

The opening word, "Alone", establishes the poetic persona's emotional condition and retrospectively connects it with the empty roads, deserted paths, and desolate landscape of the preceding stanzas. The poetic persona observes the landscape from within the room, while the external images activate an internal process of recollection and emotional association. The statement "I no longer know what ails me" suggests uncertainty concerning the origins of the poetic persona's emotional discomfort. Coldness can suggest the absence of emotional warmth or companionship. In addition, boredom may indicate a condition of emotional emptiness. The repeated construction "Now ... now ..." suggests an alternation between different mental experiences. Memories and longings emerge spontaneously and involuntarily. The phrase "incomprehensible yearning" suggests that the poetic persona experiences emotions whose origins or meanings are not entirely accessible to conscious understanding. A psychoanalytic interpretation may consider this uncertainty in relation to unconscious desires, unresolved attachments, or emotionally significant memories. This stanza also modifies the reader's understanding of the first three stanzas. The winter landscape can now be interpreted as a projection or analogue of the poetic persona's

emotional condition.

The fifth stanza moves from the speaker's emotional experience to the description of the domestic interior:

Într-un ungher părăsit, peste volumele-n vraf,

S-a așternut din belșug pătura groasă de praf;

Grinzile casei trosnesc, țurțuri din streșină cad,

Iar un biet șoarec flămînd roade-n podeaua de brad. (Roman, 2026)

In a forsaken corner, atop the volumes piled in heaps,

A thick blanket of dust has settled in abundance;

The beams of the house creak, icicles fall from the eaves —

While a poor, hungry mouse gnaws at the fir-wood floor. (Roman, 2026, my translation)

This movement is significant because the house is conventionally associated with familiarity, security, and personal identity. However, the house described in the poem appears neglected and silent. The image of books covered in dust introduces an association between material objects and the passage of time. Books may represent knowledge, intellectual activity, personal interests, or accumulated experiences. Their neglected condition suggests inactivity and the interruption of earlier routines. The metaphor of a "blanket of dust" echoes the "white mantle of snow" from the first stanza. Both images describe a surface covered by an accumulated material. However, snow belongs to the external environment, whereas dust accumulates inside the house. This parallel creates an associative connection between the external and internal worlds. From the perspective of Freud's uncanny, the domestic interior can be interpreted as a familiar environment that has acquired unsettling characteristics. The fifth stanza extends the theme of estrangement from the natural world to the familiar domestic environment, suggesting that the speaker's emotional isolation affects his perception of home itself.

The last stanza shows the emotional significance of the poem's preceding images and completes the movement

from external landscape to personal memory:

Ce cazi, painjen, în jos? ce musafiri îmi vestești?
Ea nu mal vine pe veci... să ascultăm sub ferești
Colindătorii drumeți care se abat pe la noi...
Farmec, zadarnic mă chemi, cu-atîția ani înapoi! (Roman, 2026)

Why do you descend, spider? What visitors do you foretell?
She will never come again, for us to listen beneath the windows
To the wandering carol singers who once stopped by our home...
Enchantment, you call me in vain, back through so many years! (Roman, 2026, my translation)

The last stanza begins with a direct question addressed to a spider. This turns an ordinary domestic creature into a possible bearer of symbolic meaning. The poetic persona asks whether the spider announces the arrival of visitors, suggesting an association with folk beliefs or superstitions concerning signs and omens. The spider's appearance may also suggest the persistence of the poetic persona's desire for human contact. The possibility of receiving visitors briefly interrupts the atmosphere of isolation. However, this expectation is immediately contradicted: "She will never come again" (Roman, 2026, my translation). This declaration introduces an absent female figure whose identity is not explained. The following lines associate her presence with the memory of listening to Christmas carol singers. This recollection creates a contrast between two experiences of winter. In the present, winter is associated with coldness, solitude, abandoned roads, and domestic silence. In the remembered past, winter was associated with companionship, celebration, and shared emotional experience. The same season acquires opposing meanings depending on the poetic persona's personal circumstances. The final stanza reveals the emotional centre of the poem: the contrast between the cyclical return of winter and the irreversible disappearance of a personally meaningful past.

Results

The poem's most important aspect is its transformation of a familiar seasonal experience into a meditation on human finitude. Winter returns, snow continues to fall, and familiar natural phenomena repeat themselves, but individual experiences and relationships cannot be recovered.

The poem contains a structural contrast between the first and final stanzas. The first stanza describes a process that appears endless: snowfall continues without interruption. The final stanza describes something that has ended definitively: the possibility of the woman's return. Thus, the poem moves from endless repetition to irreversible absence.

Discussion and Conclusion

Through figurative language and interconnected images, the poet changes familiar elements of the winter season into a poetic world characterized by defamiliarization and psychological associations. The poem gradually moves from the external landscape to the interior of the house and, ultimately, to the poetic persona's memories and emotional experiences. This progression suggests that the external world and the internal psychological world are closely connected, as perceptions of the surrounding environment may activate memories, feelings, and

associations. The poem's associative structure contributes to its coherence. Images that appear to belong exclusively to the description of winter gradually acquire psychological meanings.

References

Freud, S. (1922). Introductory lectures on psycho-analysis: A course of twenty eight lectures delivered at the University of Vienna. G. Allen & Unwin.

Freud, S. (2003). The uncanny. Penguin.

Ilie, A. (2018). Ioan N. Roman, „patriarhul Dobrogei“. Personalitate marcantă a Constanţei şi a Medgidiei. https://www.ziuaconstanta.ro/stiri/invitati/scriedobrogea-ioan-n-roman-patriarhul-dobrogei-personalitate-marcanta-a-constantei-si-a-medgidiei-662483.html

Iser, W. (2014). Interaction between text and reader. In Readers and reading (pp. 20-31). Routledge.

Mart, C. T. (2019). Reader-response theory and literature discussions: A Springboard for exploring literary texts. The New Educational Review, 56, 78-87.

Roman, Ioan N. (2026). Ianuarie. https://ro.wikisource.org/wiki/Ianuarie_(Ioan_N._Roman)

Shklovsky, V. (1917). Art as technique. Literary theory: An anthology, 3(3), 8-14.

THE PRINCIPLES OF ISLAMIC ECONOMICS IN PRODUCTION ACTIVITIES

Zelda Fadhila ZANETA[1]

[1] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: zelda.fadhila.zaneta226051@uingusdur.ac.id

Abstract

Production is an essential economic activity that plays an important role in fulfilling human needs and supporting economic development. In Islamic economics, production is not only intended to generate profit but also to achieve social welfare and seek the pleasure of Allah SWT. This article aims to examine the principles of Islamic economics in production activities and their relevance to modern economic practices. The discussion focuses on the concepts of halal production, justice, responsibility, and the efficient use of resources. In Islam, producers are required to ensure that the goods and services they produce are halal, beneficial, and do not cause harm to society or the environment. Furthermore, Islamic economic principles emphasize honesty, fairness, and the prohibition of exploitation in business activities. Producers are also encouraged to use natural resources responsibly and avoid wasteful practices. This article uses a descriptive qualitative approach through a literature review of relevant books, academic journals, and Islamic economic literature. The findings indicate that applying Islamic principles in production can encourage ethical business practices, improve social welfare, and promote sustainable economic development. However, implementing these principles requires awareness and commitment from producers, business owners, and other economic stakeholders. Therefore, Islamic production is expected to balance economic objectives with moral values and social responsibility. By integrating Islamic principles into production activities, businesses can contribute to building a fairer, more sustainable, and socially responsible economic system.

Keywords: Islamic Economics, Production, Halal Products, Social Welfare, Sustainability.

CONCEPTUAL ANALYSIS OF SHARIA COMPLIANCE IN ISLAMIC BANK FINANCING: A REVIEW OF ISLAMIC LAW AND DSN-MUI FATWAS

Kaes Dinina LATIF

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: kaes.dinina.latif226034@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Islamic banks are required to ensure that all of their financing products comply with the principles of Islamic law. However, the alignment between contract (*akad*) concepts in Islamic commercial jurisprudence (*fiqh muamalah*) and their implementation in banking financing remains a subject of debate, particularly for widely used contracts such as *murabahah*. This study aims to conceptually analyze Sharia compliance in Islamic bank financing from the perspective of Islamic law and the fatwas of the National Sharia Council of the Indonesian Ulema Council (DSN-MUI).

This study employs a qualitative approach using conceptual analysis through a literature review. The data sources include the Qur'an, the Hadith, DSN-MUI Fatwa Nos. 04, 07, 08, and 09/DSN-MUI/IV/2000 on *murabahah*, *mudharabah*, *musyarakah*, and *ijarah*, as well as *fiqh muamalah* books and relevant scholarly journal articles. The data were analyzed by examining the pillars, conditions, and limitations of each contract, and then comparing them with the provisions of Islamic law.

The literature review shows that, conceptually, these four contracts comply with Sharia principles provided that they meet the required pillars and conditions and are free from *riba* (usury), *gharar* (excessive uncertainty), and *maysir* (gambling). However, the review also identifies several vulnerable points: the determination of *murabahah* margins that closely reference market interest rates, incomplete ownership of goods before the sale contract is concluded, and the dominance of sale-based financing over profit-and-loss sharing. These findings indicate that Sharia compliance cannot be achieved merely at the formal level of the contract; it must also be reflected in the substance of its implementation. Therefore, the supervision of Sharia Supervisory Boards and Sharia literacy need to be strengthened.

Keywords: Sharia principles, financing, Islamic banking, Islamic law, DSN-MUI fatwa

THE USE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN STUDENTS' LEARNİNG

Diva Putri NABILA

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: diva.putri.nabila226013@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Digital technology has become an important part of students' lives, especially in the learning process. Today, many students use smartphones, laptops, and the internet to find information, complete assignments, and communicate with lecturers and classmates. This study aims to explain the benefits and challenges of using digital technology in students' learning activities. The method used in this study is a descriptive approach based on a review of information related to digital technology in education. The results show that digital technology makes learning easier, faster, and more flexible. Students can access learning materials anytime and anywhere without having to depend only on books or classroom explanations. In addition, digital platforms help students share information, discuss lessons, and work together on assignments. Digital technology also allows students to improve their knowledge and develop new skills. However, its use also has several challenges. Students may lose focus because of social media, online games, or other entertainment. Furthermore, not all students have a stable internet connection or sufficient devices to support their learning activities. Therefore, students need to use digital technology wisely and responsibly. Lecturers and educational institutions also have an important role in guiding students to use technology for positive purposes. In conclusion, digital technology can improve the learning experience when it is used appropriately. By balancing technology use with discipline and effective learning habits, students can gain more benefits and achieve better learning outcomes.

Keywords: Digital Technology, Students, Learning, Education

HEALTH PSYCHOLOGY APPROACHES TO STRESS MANAGEMENT AND WELL-BEING

Gowri R

GRT Institute of Pharmaceutical Education and Research,Tiruttani

Corresponding Author Email : gowripharmajaya@gmail.com

2) ***Introduction*** *Stress arises when life's demands seem greater than a person can handle. In small doses it can motivate, but long-lasting stress raises the risk of anxiety, low mood, poor sleep, hypertension, heart problems, and a weaker immune system. Health psychology examines how mind, behavior, and social surroundings shape physical and mental health, and it provides practical, research-based tools for managing stress. This review outlines the major approaches and how they support well-being.*

Understanding Stress: Key Models

Lazarus and Folkman's Transactional Model holds that stress depends on how a person judges an event and their ability to cope with it. Selye's General Adaptation Syndrome describes three body responses to ongoing stress: alarm, resistance, and exhaustion. Together, they suggest that stress can be eased by changing both thoughts and actions.

Cognitive Behavioral Approaches

Cognitive behavioral therapy (CBT) teaches people to spot distorted thoughts, such as expecting the worst, and replace them with balanced ones. It uses methods like cognitive restructuring, problem-solving, and time management. CBT is among the best-studied treatments for stress, anxiety, and burnout.

Coping Strategies and Social Support

People cope with stress in two main ways: problem-focused coping tackles the source of stress, while emotion-focused coping eases the feelings it causes. The best choice depends on how much control a person has over the situation. Support from family, friends, and community cushions the effects of stress and is closely tied to better health.

Lifestyle and Behavioral Factors

Exercise, good sleep, healthy eating, and cutting back on alcohol, tobacco, and caffeine build resilience to stress. Health psychology also encourages lasting healthy habits through goal setting, self-monitoring, and building confidence in one's own abilities.

Complementary Approaches

Aromatherapy, herbal remedies, music, and massage may add comfort and improve mood. However, their evidence is weaker than that for CBT or mindfulness, so they work best as a supplement to proven methods.

3) Conclusion

Health psychology makes clear that stress can't be removed completely, but it can be handled well. Cognitive behavioral methods, mindfulness, positive coping, social support, and healthy lifestyle habits are most helpful when used together and tailored to the individual. Anyone dealing with intense or ongoing stress should consult a psychologist or doctor.

Keywords: Health psychology, Cognitive behavioral therapy (CBT), Selye's General Adaptation Syndrome

ECONOMIC GROWTH AND STRUCTURAL TRANSFORMATION IN NORTHERN EUROPEAN STATES

Professor Dr. Laura Diaconu (Maxim)

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5745-3850

E-mail: lauradiaconu_07@yahoo.com

Faculty of Economics and Business Administration,

"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Romania

Abstract

The purpose of this study is to analyze how structural transformations, such as sectoral employment, output composition and labor productivity, have shaped the economic growth in five Northern European economies, namely in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden. Starting from this goal, our main research question is whether the reallocation of economic activity from agriculture and manufacturing towards services has contributed to sustained productivity growth or constrained it. The studies conducted up to now show that structural transformation does not necessarily increase the aggregate productivity. The effects depend on productivity differences between sectors and on the capacity of individual industries to sustain technological progress. For instance, the empirical evidence for Sweden shows that structural change, which supported productivity growth during industrialization, became less favorable after the early 1970s as labor moved towards less productive industries. Another study indicates that the productivity slowdown in the Nordic economies since 2000 has been driven primarily by within-industry development rather than by changes in the sectoral composition of employment. Considering these aspects, our study, which will involve a comparative analysis, distinguishes the effects of sectoral restructuring from those of within-sector productivity dynamics, providing a basis for assessing whether the Nordic growth model continues to generate productivity gains under increasingly service-oriented economic structures.

Key words: economic growth, structural transformations, Northen European states

REGENERATION OF BATIK ARTISANS

Nala Dian Rosita[1], Zahwa Aulia Khalimi Putri[2], Laela Fazida[3], Evelyn Halilah Faiqoh[4], Nabilla Ayu Fitriyani[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: nala.dian.rosita24140@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The regeneration of batik artisans is essential for preserving batik as a cultural heritage and sustaining its role in the creative economy of Central Java, Indonesia. However, the continuity of batik production faces challenges, including the declining interest of younger generations, the complexity of traditional techniques, and limited perceptions of batik as an economically promising career. This section examines the challenges and strategies of artisan regeneration by drawing on cases from Batik Hastadana in Lasem, Rembang, and the batik artisan community in Kebon Village, Bayat, Klaten. The discussion highlights that regeneration involves not only transferring technical skills but also preserving cultural values, local knowledge, traditional motifs, and intergenerational experiences. Previous studies indicate that limited youth participation may threaten the sustainability of batik enterprises, particularly when experienced artisans struggle to find successors. Several approaches can help address these challenges, including practical training, simplified batik techniques, the establishment of young artisan groups, product diversification, design innovation, and digital marketing assistance. These initiatives can make batik more accessible and attractive to younger generations while creating opportunities for entrepreneurship and economic development. Furthermore, collaboration between experienced artisans and young people can strengthen knowledge transfer by combining traditional expertise with contemporary creativity, technological skills, and market awareness. Families, artisan groups, educational institutions, local governments, and market participants also have important roles in establishing a supportive regeneration ecosystem. In conclusion, sustainable artisan regeneration requires an integrated approach that connects cultural preservation with skill development, business opportunities, and market access. By empowering younger generations to preserve and innovate, batik can remain a living cultural heritage while continuing to contribute to the social and economic well-being of communities in Central Java.

Keywords: artisan regeneration, batik, cultural heritage, creative economy, younger generation

THE OPTIMIZATION OF E-COMMERCE AS A MARKETING TOOL FOR BATIK RIFA'IYAH IN THE GLOBAL MARKET ERA

Adellia Saniyatuz ZAHRO[1], Ika Ismatul HAWA[2], Syaliva Dhu SA'ATIN[3], Mutia Aira RAMADHANI[4], Sabrina ZAHROH[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: adellia.saniyatuz.zahro24131@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The development of digital technology has created new opportunities for local cultural industries to expand their market reach through e-commerce. Batik Rifa'iyah, as a traditional textile heritage with historical, cultural, and religious values, has significant potential to compete in the global market. However, limited digital marketing capabilities, low brand awareness, and challenges in reaching international consumers remain obstacles to its development. This study aims to analyze the optimization of e-commerce as a marketing tool for Batik Rifa'iyah to increase product visibility, strengthen brand identity, and expand market access in the global era. This study uses a qualitative descriptive approach through a literature review of relevant scientific journals, books, and other supporting sources related to e-commerce, digital marketing, and the development of local cultural products. The findings indicate that e-commerce can support the marketing of Batik Rifa'iyah through the use of online marketplaces, social media integration, attractive product displays, digital storytelling, and responsive customer service. Furthermore, the use of digital platforms enables artisans and business owners to communicate the uniqueness of Batik Rifa'iyah, including its distinctive motifs, production processes, and cultural values, to a wider audience. Nevertheless, optimizing e-commerce requires improvements in digital literacy, product quality, packaging, logistics, and the consistency of online promotional activities. Collaboration among artisans, business owners, government institutions, and digital platform providers is also essential to support sustainable market expansion. Therefore, e-commerce optimization is not merely a means of conducting online transactions but also a strategic approach to preserving cultural heritage while increasing the competitiveness of Batik Rifa'iyah in the global market.

Keywords: *E-commerce, Batik Rifa'iyah, Digital Marketing, Global Market, Cultural Heritage.*

BUILDING DIGITAL CONSUMER COMMUNITIES

Mutiah Puspita Andiny, Raya Ajeng Pertiwi, M Farrel Azka Wimaramzy, Ardan Yudha Wiratama, Sultan Daffa Amrulloh

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

The development of digital technology has transformed the relationship between businesses and consumers, enabling interactions to extend beyond transactions into long-term engagement. Digital consumer communities have emerged as an important strategy for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) to strengthen consumer relationships, encourage information sharing, and build brand loyalty. This article aims to examine the role of digital consumer communities in supporting MSMEs, particularly those operating in the halal industry and local creative economy in Central Java, Indonesia. This study employs a literature review approach by examining relevant studies on digital consumer communities, consumer engagement, brand loyalty, and halal products. The findings indicate that digital communities established through platforms such as WhatsApp, Telegram, Facebook, and Instagram can facilitate communication, knowledge sharing, consumer feedback, and collaboration between businesses and consumers. Communities that provide social benefits, engaging experiences, and relevant information can encourage member participation and strengthen commitment to the community, which may contribute to brand loyalty. For halal MSMEs, digital communities also serve as spaces for consumer education and transparent communication about product ingredients, production processes, halal certification, and ethical business practices. Furthermore, consumer feedback can help businesses identify market needs, evaluate product performance, and develop innovations that respond to changing consumer preferences. In Central Java, digital communities can also promote local products by highlighting their cultural identity, production processes, and regional values. However, sustainable community development requires consistent interaction, meaningful participation, ethical management, and a balance between promotional activities and benefits for members. Therefore, building digital consumer communities should focus not merely on increasing membership but also on fostering trust, shared experiences, collaboration, and long-term relationships. These efforts can strengthen MSME competitiveness and support the sustainable development of the halal creative economy.

Keywords: Digital Consumer Communities, Consumer Engagement, Brand Loyalty, MSMEs, Halal Industry.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MARKETING

Rofiqoh Aliyah Arifin, Zabrina Elvaretta, Nisa Agustin, Faizura Syifa Ramadhani, Pinky Nila Nawawiza

Universitas Islam Negeri K. H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

The rapid development of digital technology has transformed marketing strategies and the way businesses interact with consumers. In this digital environment, artificial intelligence (AI) has emerged as an important tool for improving marketing effectiveness through data analysis, automation, and personalized communication. This discussion examines the role of AI in marketing by focusing on personalized marketing, consumer behavior analysis, predictive analytics, and customer engagement. AI enables businesses to process large amounts of consumer data, identify purchasing patterns, and provide product recommendations based on individual preferences. These capabilities allow companies to develop more targeted marketing strategies and deliver relevant content to consumers. In addition, AI-powered tools, such as chatbots and virtual assistants, can improve customer service by providing faster responses and supporting interactions throughout the consumer journey. Predictive analytics also helps marketers anticipate consumer needs, evaluate market trends, and make more informed decisions. However, the implementation of AI in marketing presents several challenges, including data privacy concerns, algorithmic bias, transparency, and the risk of excessive dependence on automated systems. Consumers may also lose trust in businesses when AI-driven personalization feels intrusive or when automated communication lacks a human touch. Therefore, the effective use of AI in marketing requires a balance between technological innovation, ethical data management, and meaningful human interaction. By addressing these challenges, businesses can utilize AI to improve marketing performance, strengthen customer relationships, and create more personalized and sustainable consumer experiences.

Keywords: artificial intelligence, digital marketing, consumer behavior, personalized marketing, predictive analytics, customer engagement.

TOURISM DEVELOPMENT STRATEGIES THROUGH THE CREATIVE ECONOMY TO IMPROVE LOCAL COMMUNITY WELFAR

Diana Kristi, Ummu Kholil Prawesti, Lia Fatra Nur Laili Kamalin, M. Reza Fahrezi, Muhammad Romiz Assiddiqi

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Tourism is one of the strategic sectors that plays an important role in promoting economic growth, increasing regional income, and expanding employment opportunities for local communities. Indonesia has significant tourism potential, supported by its natural resources, cultural diversity, traditional cuisine, and local handicrafts. However, this potential has not been fully utilized due to several challenges, including inadequate promotion, limited infrastructure and facilities, and the suboptimal development of tourism products and services. Therefore, an integrated tourism development strategy involving the creative economy is needed to enhance destination attractiveness while improving the welfare of local communities. This paper aims to explain the role of the creative economy in supporting tourism development and identify strategies that can be implemented to optimize regional potential. The method used is a literature review by examining relevant literature on tourism, the creative economy, and tourism policies in Indonesia. The discussion indicates that tourism development can be pursued by integrating natural attractions with local arts and cultural performances, culinary tourism, and handicraft products. This integration not only enriches tourists' experiences but also creates business opportunities, increases community income, and supports the preservation of local culture. Furthermore, the roles of central and regional governments are essential in planning, providing facilities, promoting destinations, and conducting tourism research and development. Sustainable tourism development based on local potential is expected to generate a multiplier effect across various economic sectors. Therefore, synergy among tourism, the creative economy, local communities, and the government is a crucial factor in enhancing destination competitiveness and achieving sustainable community welfare

Keywords: Tourism, Creativity, Economy, Culture, Sustainability.

CERTIFICATION AND CONSUMER TRUST

Anizza Mifa Faturrohma[1], Ika Barjah Turnisah[2], Muhamad Irwan[3], Muhammad Nafiudin[4], Muhammad Apri Handika[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: anizza.mifa.faturrohma24143@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Halal certification plays an important role in providing assurance to consumers regarding the halal status, safety, and quality of products. This paper discusses the role of halal certification in building consumer trust, strengthening brand image, encouraging consumer loyalty, and improving market access for micro, small, and medium enterprises (MSMEs). Halal certification serves not only as evidence of compliance with Islamic principles but also as a form of assurance that product ingredients, production processes, and distribution meet established halal standards. Consumers cannot always directly observe the materials and processes involved in product manufacturing; therefore, halal labels help reduce uncertainty and perceived risks when making purchasing decisions. This paper reviews previous research findings concerning the relationship between halal certification and consumer trust. The reviewed studies indicate that halal certification has a positive and significant effect on consumer trust, as demonstrated by research involving AHA Food consumers in Watampone. Furthermore, findings from Sumenep Regency suggest that halal certification can improve product quality perceptions, increase consumer confidence, and create opportunities for broader market access. Consumer trust may subsequently encourage repeat purchases and recommendations, contributing to long-term consumer loyalty. Nevertheless, halal certification alone does not fully determine consumer trust, as product quality, brand reputation, consumer experience, and information transparency also play important roles. Several challenges remain, particularly for MSMEs, including limited understanding of halal certification, compliance costs, and difficulties in meeting certification requirements. Therefore, optimizing the benefits of halal certification requires consistent product quality, transparent communication, accessible certification information through digital media, and stronger government support through education and technical assistance. In addition, credible, transparent, and accountable certification institutions are essential to maintaining public confidence. Overall, halal certification can serve as a strategic instrument for strengthening consumer trust, enhancing business competitiveness, and supporting the sustainable development of the halal industry.

Keywords: Halal Certification, Consumer Trust, Consumer Loyalty, Product Quality, MSMEs

NATIONAL AND GLOBAL MARKET COMPETITION: STRATEGIES FOR STRENGTHENING THE CREATIVE ECONOMY AND HALAL INDUSTRY IN CENTRAL JAVA, INDONESIAN

Ummu Kholil Prawesti[1], Lia Fatra Nur Laili Kamalin[2], Diana Kristi[3], M Reza Fahrezi[4], Muhammad Romiz Assiddiqi[5]

Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

The development of the creative economy and halal industry has created significant opportunities for regional economic growth while intensifying competition in national and global markets. This article aims to examine the challenges and opportunities faced by the creative economy and halal industry in Central Java, Indonesia, and to identify strategies for strengthening their competitiveness. The discussion focuses on product innovation, cultural identity, halal certification, productivity, digital transformation, branding, and distribution networks. The article employs a qualitative approach based on literature review and relevant secondary sources to explore the relationship between local creative potential and market competitiveness. The findings indicate that the integration of local cultural values and halal standards can serve as a source of competitive advantage by creating product differentiation, strengthening consumer trust, and increasing market appeal. The development of traditional products through innovation in flavors, packaging, and branding, as illustrated by PT Oriental Langgeng Sentosa in Pekalongan, demonstrates how cultural heritage can be adapted to changing consumer preferences. Furthermore, halal certification, legal compliance, and intellectual property protection contribute to product credibility and market positioning. However, businesses, particularly micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs), continue to face challenges related to productivity, financing, technological capabilities, human resources, promotion, and international distribution. Digital technologies and e-commerce offer opportunities to overcome geographical barriers and expand market access, although broader institutional support and collaboration remain essential. This article concludes that strengthening the competitiveness of Central Java's creative economy and halal industry requires an integrated and sustainable strategy combining innovation, cultural identity, halal assurance, digitalization, and effective distribution networks. Such an approach can support regional economic development and improve the capacity of local products to compete in wider markets.

Keywords: creative economy, halal industry, market competition, product innovation, Central Java.

INNOVATION AND TRANSFORMATION OF CENTRAL JAVA'S TRADITIONAL CULINARY PRODUCTS: STRATEGIES FOR CULTURAL PRESERVATION AND COMPETITIVENESS IN THE DIGITAL ERA

Tsania Karima Khusna[1], Dela Puspita Sari[2], Khabibah Maria Ulfa[3], Melvi Neviza[4], Indi Mazaya[5]

[1,2,3,4,5] Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia

Email: tsania.karima.khusna24027@mhs.uingusdur.ac.id, dela.puspita.sari24136@mhs.uingusdur.ac.id, khabibah.maria.ulfa24003@mhs.uingusdur.ac.id, melvi.neviza24044@mhs.uingusdur.ac.id, indi.mazaya24026@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Traditional culinary products represent an important part of regional cultural heritage and offer significant potential for development within the creative economy. However, changing consumption patterns, evolving lifestyles, and increasing competition from modern food products require innovation to maintain the relevance and competitiveness of traditional cuisine. This paper aims to discuss the role of product innovation in preserving the sustainability of traditional culinary products in Central Java while enhancing their economic value. Innovation can be implemented through the development of flavors, shapes, sizes, packaging, product identity, and the utilization of digital technology for marketing and distribution. The development of cendol cheesecake, Bipang Pak Tani Pasuruan, and the rebranding of getuk demonstrate how the integration of traditional characteristics and modern concepts can create new consumer appeal without eliminating the identity of the original products. Furthermore, digital marketing and the empowerment of micro, small, and medium enterprises (MSMEs) provide opportunities to expand market reach and strengthen consumer engagement. The success of product innovation also depends on maintaining taste quality, food safety, shelf life, and product consistency. Therefore, traditional culinary innovation should be pursued sustainably by balancing cultural preservation, product development, and adaptation to market demands. This approach is expected to strengthen the competitiveness of Central Java's traditional culinary products, preserve cultural heritage, and support local economic growth in the digital era.

Keywords: product innovation, traditional culinary products, Central Java, MSMEs, digital marketing.

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR PRODUCING ORGANO-MINERAL FERTILIZER BASED ON LICORICE ROOT EXTRACTION WASTE AND PHOSPHORITE FLOUR

Komila Ilhamovna

1st-year Master's student, Yangiyer

Branch of the Tashkent Institute of Chemical

Technology, Yangiyer, Uzbekistan

Abstract. This study develops a technology for producing an organo-mineral fertilizer (OMF) by co-processing spent licorice root (Glycyrrhiza glabra L.) extraction waste with Central Kyzylkum phosphorite flour. Organic acids and humic-like substances formed during acid activation of the waste partially decompose the apatite, raising the share of plant-available P2O5. Response surface methodology was used to study the effect of the waste-to-phosphorite mass ratio, activation temperature and process duration on the relative content of available P2O5. Under optimal conditions (ratio 1.5:1, 70 °C, 90–100 min), available P2O5 reached 62–65 % of total P2O5, compared with 15–18 % in raw phosphorite flour. The granular product contains 16–20 % organic matter and 8–10 % total P2O5. The technology utilizes a large-tonnage industrial waste and offers a low-cost phosphorus fertilizer for saline and low-humus soils of Uzbekistan.

Keywords: licorice root, extraction waste, phosphorite flour, organo-mineral fertilizer, available P2O5, response surface methodology, 3D modelling.

1. Introduction

Phosphorus is the second most limiting nutrient for crops after nitrogen, yet most irrigated soils of Uzbekistan contain little plant-available phosphorus. Their high carbonate content and alkaline reaction rapidly bind soluble phosphates into poorly available calcium compounds. As a result, crops use only 15–25 % of the phosphorus applied with conventional water-soluble fertilizers.

The Central Kyzylkum deposit holds large reserves of granular phosphorites, but these ores are low-grade (16–18 % P2O5) and rich in calcium carbonate. Their acid processing into superphosphate or ammophos consumes much sulfuric acid and generates phosphogypsum. Direct application of ground phosphorite flour is cheap, but its phosphorus dissolves very slowly in neutral and alkaline soils.

At the same time, Uzbekistan is one of the world's leading producers of licorice (Glycyrrhiza glabra L.) root and its extracts, glycyrrhizic acid and its salts. After water or water-ammonia extraction, 75–85 % of the root mass remains as a fibrous waste (shrot). This waste is rich in cellulose, lignin, residual flavonoids, nitrogen-containing compounds and mineral elements. Today it is mostly dumped or burned, which pollutes the environment.

Combining these two materials is a promising route. Organic acids and humic substances released from plant waste are known to accelerate the dissolution of apatite, while the phosphorite enriches the organic mass with phosphorus and calcium. Similar organo-mineral systems have been studied with manure, lignin, brown coal and cotton-processing residues, but licorice extraction waste has not yet been studied as an activator of phosphorites.

The aim of this work is to develop a technology for producing an organo-mineral fertilizer from licorice root extraction waste and phosphorite flour and to determine the optimal process parameters using three-dimensional response surface modelling.

2. Materials and methods

Raw materials. Spent licorice root waste was taken after water-ammonia extraction of glycyrrhizic acid. Phosphorite flour from the Central Kyzylkum deposit was used without enrichment. Their compositions are given in Table 1.

Table 1. Chemical composition of raw materials, mass %

Component	Licorice extraction waste (dry basis)	Phosphorite flour
Moisture	55–60 (wet waste)	1.5
Organic matter	88.4	–
N total	1.6	–
P2O5 total	0.4	17.2
P2O5 available (2 % citric acid)	–	3.1
K2O	0.9	0.3
CaO	2.1	46.5
CO2	–	14.8
Cellulose + lignin	62.0	–

Activation procedure. The wet waste was ground to particles below 2 mm. It was mixed with phosphorite flour at mass ratios (W:P) from 0.5:1 to 2.5:1. To intensify apatite decomposition, the mixture was moistened with a dilute solution of sulfuric acid (5 % of the phosphorite mass, as monohydrate). The mass was held in a thermostated reactor at 30–90 °C for 30–150 min with periodic stirring. It was then aged for 3 days, granulated in a drum granulator and dried at 80–90 °C.

Analysis. Total and available P2O5 (soluble in 2 % citric acid) were determined photocolorimetrically by the phosphovanadomolybdate method. Organic matter was determined by loss on ignition, nitrogen by the Kjeldahl method, and moisture gravimetrically. Each experiment was repeated three times; the relative error did not exceed 3 %.

Experimental design. A three-factor central composite design was applied. The response Y was the degree of phosphorite conversion, i.e. available P2O5 as a percentage of total P2O5. The factors were X1 – waste-to-phosphorite ratio, X2 – temperature (°C) and X3 – duration (min). The data were fitted with a second-order regression model:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{3} b_i X_i + \sum_{i<j} b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^{3} b_{ii} X_i^2$$

Three-dimensional response surfaces were built in Python (NumPy, Matplotlib) to visualize the factor interactions and locate the optimum.

3. Results and discussion

The maximum conversion of phosphorite, 63.9 % of total P2O5 in available form, was reached at W:P = 1.5:1, 70 °C and about 95 min. In raw phosphorite flour this share is only 18 %, so activation with the waste raises it about 3.5 times.

Processing the experimental data gave the following regression equation in coded variables (z1 – ratio, z2 – temperature, z3 – duration):

Y = 62.8 - 0.67 z_1 + 6.0 z_2 + 1.0 z_3 + 2.0 z_1 z_2 - 6.0 z_1^2 - 9.0 z_2^2 - 5.0 z_3^2

The coefficients were significant by Student's t-test ($p < 0.05$), and the model was adequate by Fisher's criterion ($R^2 = 0.96$). Temperature has the strongest effect (b2 = 6.0, b22 = –9.0), followed by the waste-to-phosphorite ratio.

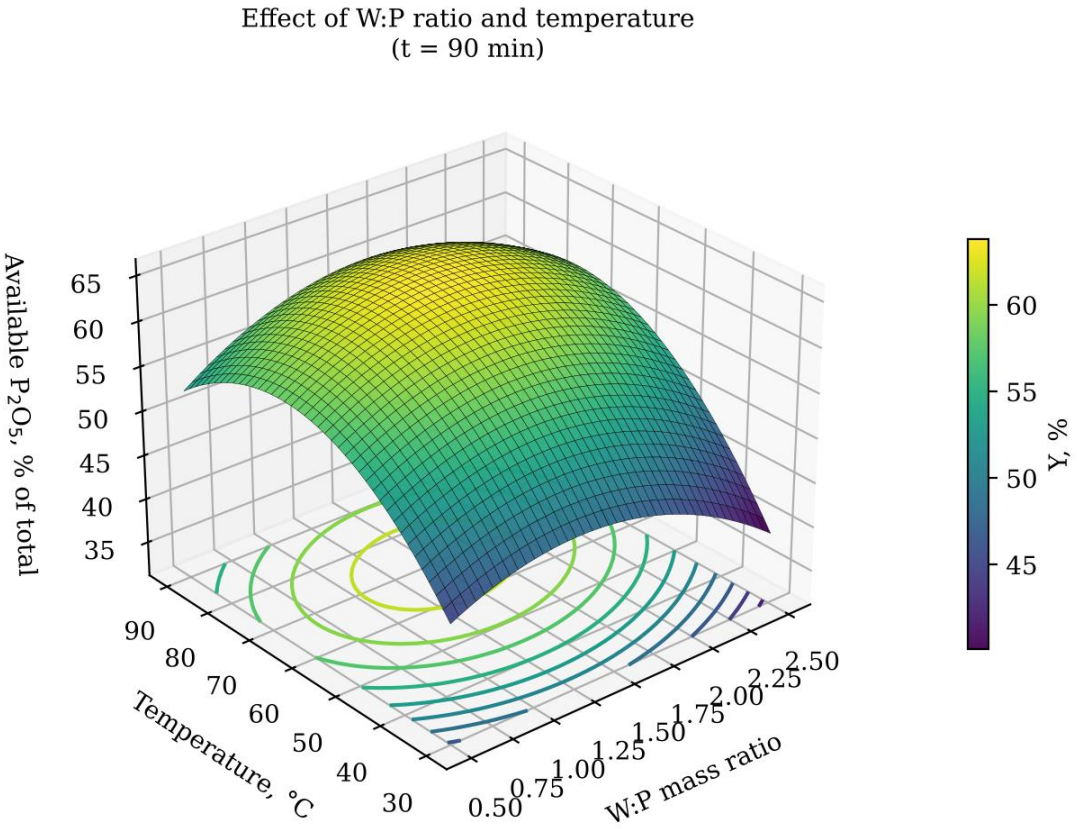


Figure 1. Response surface of available P2O5 versus W:P ratio and temperature (t = 90 min).

Figure 1 shows a clear maximum in the region of W:P = 1.3–1.7 and 65–75 °C. At low ratios (below 1:1) there is too little organic acid to decompose the apatite, and Y falls to 45–50 %. Above 2:1 the phosphorite is diluted by organic mass and the total P2O5 in the product drops below 7 %. Above 80 °C, conversion decreases because organic acids partially decarboxylate and the mass loses moisture.

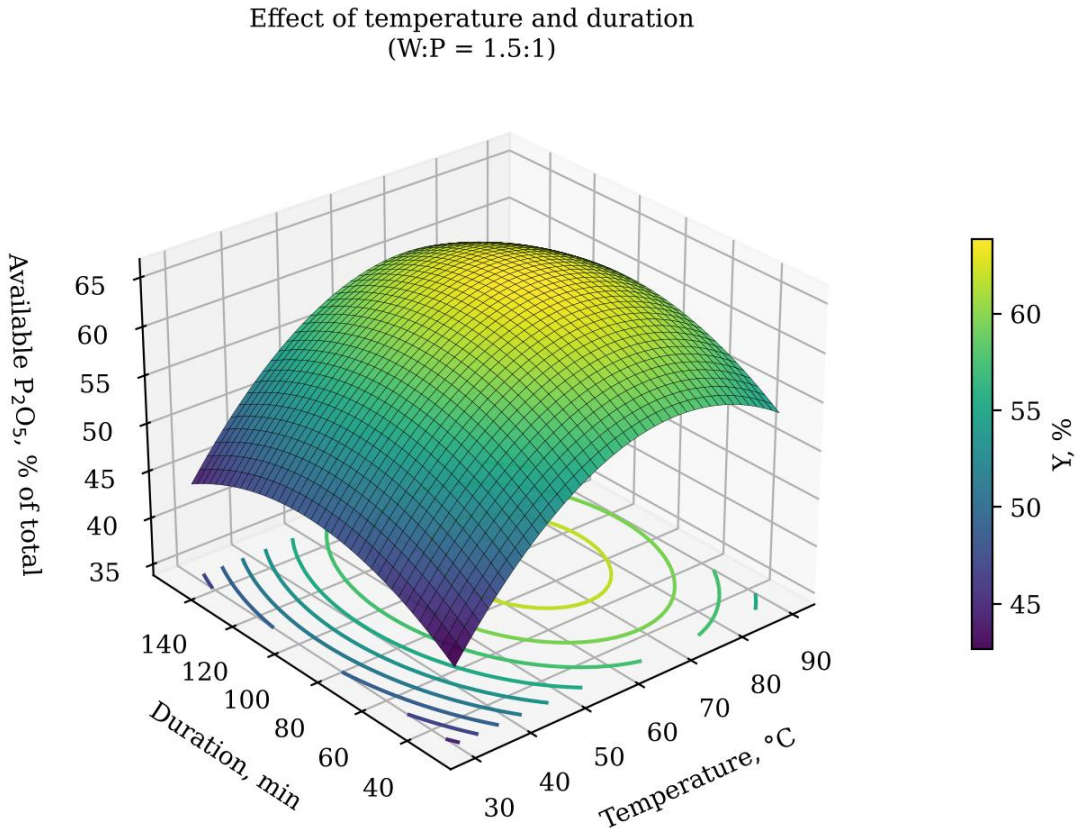


Figure 2. Response surface of available P2O5 versus temperature and duration (W:P = 1.5:1).

Figure 2 shows that duration matters most at the first stage: during the first 60 min Y rises by 10–12 percentage points. After 100–120 min the surface flattens and then falls slightly, due to the retrogradation of soluble phosphates into dicalcium phosphate. Therefore, a duration of 90–100 min is sufficient in practice.

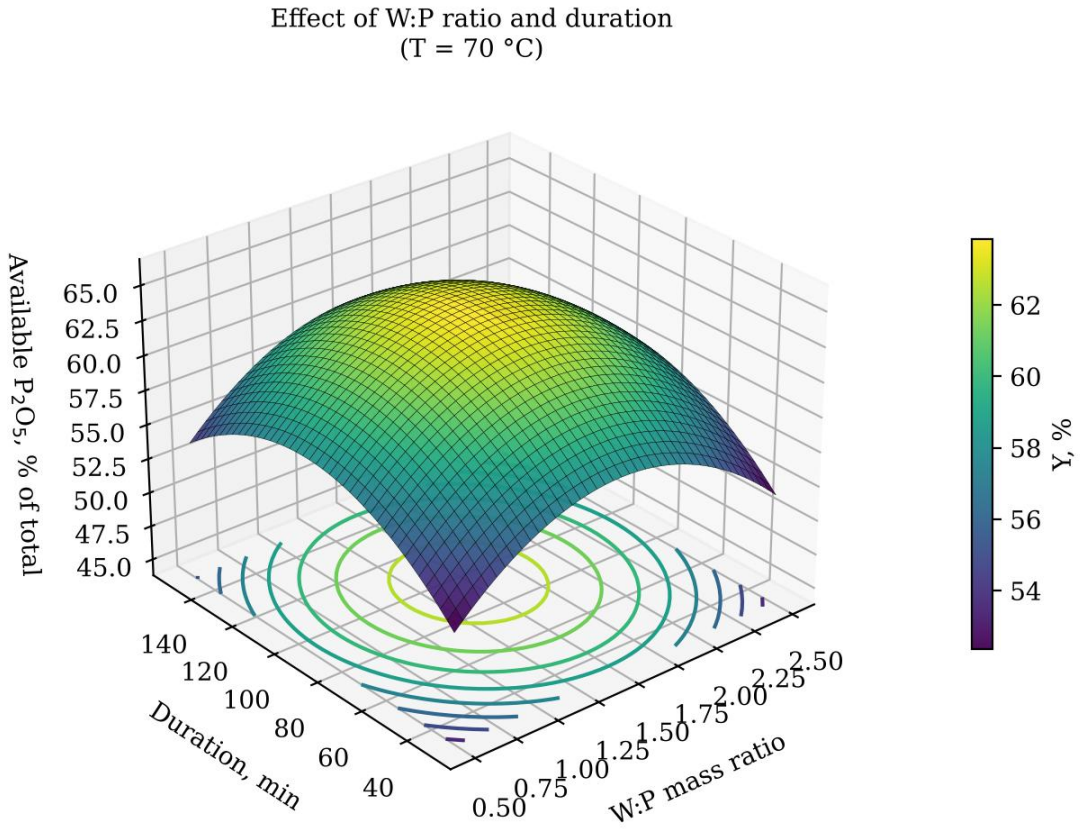


Figure 3. Response surface of available P2O5 versus W:P ratio and duration (T = 70 °C).

Figure 3 confirms that the ratio and the duration act almost independently: the optimum ratio of 1.5:1 does not shift with time. This makes the process easy to control in production.

Table 2. Composition of the organo-mineral fertilizer obtained under optimal conditions, mass %

Indicator	Value
P2O5 total	8–10
P2O5 available (2 % citric acid), % of total	62–65
Organic matter	16–20
N total	0.6–0.8
CaO	22–25
Moisture	≤ 8
Granule strength, MPa	2.5–3.0

Proposed technological scheme. The process includes: (1) grinding of wet licorice waste; (2) dosing and mixing with phosphorite flour at W:P = 1.5:1; (3) moistening with 5 % sulfuric acid solution; (4) activation in a heated reactor-mixer at 70 °C for 90–100 min; (5) aging for 3 days; (6) granulation in a drum granulator; (7) drying at 80–90 °C; (8) screening and packing. Off-size granules are returned to the granulator.

4. Conclusion

1. Licorice root extraction waste is an effective organic activator of low-grade Central Kyzylkum phosphorite: it raises the available P2O5 share from 18 % to 62–65 % of total.
2. A second-order regression model and 3D response surfaces showed that temperature and the waste-to-phosphorite ratio are the main factors; the optimum is W:P = 1.5:1, 70 °C and 90–100 min.
3. The resulting granular organo-mineral fertilizer contains 8–10 % P2O5, 16–20 % organic matter and 22–25 % CaO.
4. The technology utilizes a large-tonnage waste of the licorice industry, reduces sulfuric acid consumption and is recommended for field testing on low-humus and saline soils.

References

1. Namazov Sh.S., Beglov B.M. Organo-mineral fertilizers based on phosphorites of Central Kyzylkum. – Tashkent: Fan, 2019.
2. Beglov B.M., Namazov Sh.S. Phosphorites of Central Kyzylkum and their processing. – Tashkent, 2013.
3. Khasawneh F.E., Doll E.C. The use of phosphate rock for direct application to soils // Advances in Agronomy. – 1978. – Vol. 30. – P. 159–206.
4. Zapata F., Roy R.N. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. – FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13. – Rome: FAO, 2004.
5. Montgomery D.C. Design and Analysis of Experiments. – 9th ed. – Hoboken: Wiley, 2017.

DEFINING CORE COMPETENCIES FOR PEDIATRIC ANESTHESIA NURSING IN ALBANIA: A CONSENSUS-BUILDING DELPHI STUDY

Msc.Rezarta TOTA[1], Msc.Xhejni KURTİ[2], Msc.Mirela TUSHE[3], Msc.Nevila XIBRI

[1'2'3] Department of Nursing and Physiotherapy, Faculty of Medical Technical Sciences, Aldent University, Tiranë, Albania

[4]Head Nurse, Pediatric Hemodialysis Department, QSUT Hospital, Tirana, Albania

QSUT Hospital, Tirana, Albania.

E-mail: rezarta.tota@ual.edu.al ORCID: https://orcid.org/0009-0003-5635-1766

E-mail: mirela.tushe@ual.edu.al ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4648-5915

E-mail: xhejni.kurti@ual.edu.al

E-mail: nevila_xibri@hotmail.com

ABSTRACT

Background: The role of the anesthesia nurse in Albania remains fluid, unregulated, and structurally ill-defined, leading to role blurring and significant clinical variability. In high-acuity pediatric environments, establishing clear professional parameters is critical for safeguarding patient outcomes.

Aim: To define the core competencies of nurse anesthetists in Albanian pediatric perioperative care through an expert consensus-building process based on clinical practice.

Methodology: Mirroring the methodology of Sanclemente-Dalmau et al. (2022), a modified Delphi method was deployed between February and May 2026. A panel of 24 expert pediatric anesthesia nurses (N = 24) from the Pediatric Hospital (QSUNT) and the private sector (Salus, Hygeia) completed sequential survey rounds evaluating structural competency statements across the seven CanMEDS domains. Data were collected digitally via Google Forms.

Results: The consensus rounds highlighted a near-absolute mandate (95.5% consensus, n = 23) for radical curriculum standardization and immediate legal recognition of the specialty. Significant professional bottlenecks were reached: 87.5% of the expert panel reached consensus that manual weight-based dosage calculations (mg/kg) pose a critical operational risk, and 95.8% confirmed that pediatric emergence management creates a profound cognitive stress burden compared to adult cases.

Conclusion: Patient safety and fluid clinical handoffs in developing medical landscapes require the institutional implementation of standardized postgraduate academic programs (Professional Masters/Post-Masters) aligned with international federation metrics.

Keywords: Pediatric anesthesia, core competencies, framework, patient safety, professional training.

MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR SELECTIVE DETECTION OF DISEASE BIOMARKERS: CHEMISTRY, RECOGNITION MECHANISMS, AND BIOMEDICAL APPLICATIONS

Habiba Abubakar Bello[1], Zahra'u Sani Baba[1],Yusuf Ado Abdullahi[2], Hassan Muhammad Musa[3], Mikail Adam Yahaya[4] and Hamza Suleiman Gaya[1],

Department of Chemistry, Saadatu Rimi College of Education[1]

Department of Chemistry, Yusuf Maitama Sule College of Education and Advanced Studies[2]

Department of Health information management, Jigawa state polytechnic for information and computer technology[3]

Department of Industrial chemistry, Federal University Dutsin ma[4]

Corresponding author; habibaabubakarbello3 @ gmail.com

Abstract

Molecularly imprinted polymers (MIPs) have emerged as promising synthetic recognition materials for selective disease-biomarker detection because of their tunable molecular recognition properties, chemical stability, and potential for integration with diverse sensing platforms. This review critically examines the chemical foundations, molecular recognition mechanisms, analytical performance, and biomedical applications of MIP-based biomarker sensors. Particular attention is given to template–monomer interactions, imprinting strategies, polymer morphology, binding-site accessibility, and computational approaches for rational material design. Electrochemical, optical, piezoelectric, and other transduction methods are discussed in relation to biomarkers associated with cancer, cardiovascular, infectious, inflammatory, metabolic, and neurological diseases. The review further evaluates challenges arising from nonspecific adsorption, biological matrix interference, biomarker heterogeneity, batch-to-batch variability, and limited clinical validation. A proposed chemistry-to-clinic framework connects biomarker selection, molecular design, material characterization, analytical validation, clinical comparison, and manufacturing readiness through iterative optimization. The analysis highlights the importance of evaluating diagnostic accuracy alongside analytical sensitivity and validating sensor performance using authentic clinical specimens and established reference methods. Future development should prioritize reproducible synthesis, antifouling strategies, computationally guided design, sustainable manufacturing, and rigorous clinical evaluation. MIPs offer considerable potential for developing accessible and stable biomarker-sensing technologies, although their clinical translation depends on demonstrating reproducibility, safety, and clinically meaningful diagnostic performance under real-world conditions.

Keywords: Molecularly imprinted polymers; disease biomarkers; molecular recognition; biosensors; clinical diagnostics.

1. Introduction

Biomarkers are measurable biological indicators that provide information about normal physiological processes, disease development, disease progression, and responses to therapeutic interventions. Their reliable detection is important for early diagnosis, disease monitoring, risk assessment, and personalized medicine. However, conventional biomarker detection methods, including immunoassays and other affinity-based analytical techniques, may be limited by high production costs, restricted reagent stability, complex sample preparation, and difficulties associated with detecting low-abundance targets in biological fluids. These limitations have encouraged the development of alternative recognition materials capable of providing selective, sensitive, stable, and cost-effective biomarker detection. Molecularly imprinted polymers (MIPs) have attracted considerable interest because they contain engineered recognition cavities that are complementary to the shape, size, and chemical properties of a target molecule. Their synthetic nature, chemical stability, and potential for integration with different sensing platforms make them promising alternatives or complements to conventional biological recognition elements in biomedical analysis [1,2].

The performance of MIPs depends strongly on their chemical composition, synthesis conditions, and molecular recognition characteristics. Their preparation commonly involves polymerizing functional monomers and cross-linkers in the presence of a template molecule, followed by template removal to generate binding sites that can selectively recognize the target. The choice of functional monomer, cross-linker, solvent or porogen, template, and polymerization method influences the accessibility, affinity, selectivity, and structural stability of these sites. Although conventional bulk imprinting has been widely investigated, approaches such as surface imprinting, epitope imprinting, nanoscale imprinting, and solid-phase synthesis have been explored to improve target accessibility and overcome challenges associated with large biomolecules. These strategies are particularly important for protein biomarkers because their size, structural complexity, conformational flexibility, and heterogeneous surface chemistry can complicate the formation of well-defined recognition cavities. Consequently, rational polymer design and an understanding of the chemical interactions governing template–monomer binding are essential for improving recognition performance and reproducibility [3–8].

MIPs have been incorporated into electrochemical, optical, and other transduction systems for detecting biomarkers associated with cancer, cardiovascular disorders, infectious diseases, inflammatory conditions, and metabolic abnormalities. Their applications extend to biological specimens such as blood, serum, plasma, saliva, urine, and other clinically relevant matrices. Nevertheless, successful detection in buffer solutions does not necessarily translate into reliable performance in real biological samples. Interfering molecules, nonspecific adsorption, matrix effects, limited accessibility of binding sites, and variations in polymer synthesis can compromise analytical accuracy and selectivity. Furthermore, high analytical sensitivity alone does not establish clinical usefulness; practical diagnostic applications require appropriate calibration, reproducibility assessment, selectivity testing, comparison with established analytical methods, and validation using representative clinical samples. Recent reviews have discussed MIP-based biomarker recognition and sensing, but the relationship between polymer chemistry, recognition mechanisms, analytical performance, and clinical applicability remains an important framework for critical evaluation [1–4,7–10].

Computational chemistry and molecular simulation may complement experimental MIP development by helping researchers investigate molecular interactions, predict binding configurations, and assess the effects of chemical structure on recognition. Related computational studies have demonstrated the broader relevance of molecular modelling and simulation in pharmaceutical compound design and nanoparticle-based drug-delivery research [11–13]. However, these studies should be interpreted as methodological context rather than direct evidence of improved MIP performance unless they specifically investigate molecular imprinting systems. Against this background, this review examines the chemical foundations of MIPs, their molecular recognition mechanisms, strategies for engineering selectivity, and their applications in disease-biomarker detection. It further evaluates

analytical performance, challenges associated with complex biological matrices, and barriers to clinical translation. By connecting material design and recognition fidelity with analytical validation and biomedical application, the review aims to establish a chemistry-to-clinic perspective for guiding the development of more reliable and clinically relevant MIP-based diagnostic technologies.

2.Method

2.1 Literature Search Strategy

A structured literature review was conducted to critically examine the chemical design, molecular recognition mechanisms, analytical performance, and biomedical applications of molecularly imprinted polymers (MIPs) for the selective detection of disease biomarkers. Relevant publications were identified through systematic searches of Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar. The search covered literature published between January 2000 and September 2026 to capture foundational developments and recent advances in MIP-based biomarker sensing. Search terms included “molecularly imprinted polymers,” “disease biomarkers,” “molecular recognition,” “selective detection,” “biomarker sensors,” “electrochemical biosensors,” “optical detection,” “point-of-care diagnostics,” and “biomedical applications.” Boolean operators (AND, OR) were used to combine related terms and broaden or refine the search. Reference lists of relevant articles were also examined to identify additional eligible publications.

2.2 Eligibility Criteria and Study Selection

Original research articles, review papers, and relevant methodological studies published in English were considered. Eligible publications investigated MIP synthesis, template–monomer interactions, functional monomer selection, cross-linking strategies, template removal, binding-site formation, or the application of MIPs to disease biomarker recognition and detection. Particular emphasis was placed on studies involving cancer biomarkers, cardiac markers, inflammatory indicators, metabolic disease biomarkers, and other clinically relevant molecular targets. Research addressing electrochemical, optical, fluorescent, colorimetric, and other transduction platforms was included. Publications were excluded if they lacked sufficient methodological information, did not address molecular imprinting or biomarker detection directly, duplicated previously identified records, or presented unsupported analytical claims. Study selection involved screening titles and abstracts, followed by full-text assessment against the predefined eligibility criteria.

2.3 Data Extraction and Critical Synthesis

Relevant information was extracted on biomarker targets, polymerization approaches, functional monomers, cross-linkers, templates, recognition mechanisms, sensing platforms, analytical sensitivity, selectivity, detection limits, response times, reproducibility, and real-sample validation. Evidence concerning serum, plasma, urine, saliva, and other biological matrices was examined to assess analytical applicability. Findings were synthesized thematically to compare recognition performance, fabrication strategies, matrix interference, biocompatibility, and prospects for clinical translation. Particular attention was given to methodological limitations, including nonspecific adsorption, template leakage, batch-to-batch variability, and insufficient clinical validation. The resulting synthesis identifies current advances, persistent challenges, and research priorities for developing reliable, selective, and clinically relevant MIP-based biomarker detection systems.

3. Chemical Foundations and Design of Molecularly Imprinted Polymers

3.1. Principles of Molecular Imprinting: Template, Functional Monomer, Cross-Linker, and Porogen

Molecularly imprinted polymers (MIPs) are synthetic recognition materials developed by forming a polymer network around a template molecule, followed by template removal to produce binding cavities that are complementary to the target in shape, size, and chemical functionality. Their recognition performance depends

on the controlled assembly of the template and functional monomers before and during polymerization, as well as on the structural integrity of the resulting polymer network [14,15]. Functional monomers provide the chemical groups responsible for interacting with the target, whereas cross-linkers stabilize the polymer architecture and help preserve the spatial arrangement of recognition sites. The porogenic solvent influences polymerization, phase separation, pore formation, and the accessibility of binding cavities. Consequently, the relative proportions and chemical properties of these components must be optimized to balance binding affinity, selectivity, mechanical stability, and analyte transport [14,16].

The template serves as the molecular blueprint for recognition-site formation. Depending on the intended application, it may be a small organic molecule, a peptide, a protein, or another disease-associated biomarker. During synthesis, interactions between the template and functional monomers establish the chemical environment subsequently retained within the polymer. Removing the template exposes the cavities, enabling target rebinding through complementary interactions. In biomedical applications, however, template selection requires particular attention to molecular stability, availability, toxicity, and the possibility of template leakage into the final analytical system. These considerations are especially important when the target is a clinically relevant protein that may be difficult to preserve in its native conformation throughout polymerization and extraction [14,17].

3.2. Functional Monomer Chemistry and Template–Monomer Interactions

Functional monomers are central to MIP selectivity because their chemical groups determine the nature and strength of interactions established within the recognition cavities. Depending on the template and polymerization environment, these interactions may include hydrogen bonding, electrostatic attraction, hydrophobic association, van der Waals forces, and π–π interactions involving aromatic groups. Common monomer classes include carboxylic-acid-containing compounds, basic nitrogen-containing monomers, and aromatic monomers. The appropriate choice depends on the target's functional groups, charge distribution, polarity, and conformational characteristics [14,15].

In non-covalent imprinting, pre-polymerization complexes are stabilized through reversible interactions between the template and functional monomers. This approach is widely used because it permits target rebinding without requiring the formation and subsequent cleavage of covalent bonds. Nevertheless, the effectiveness of these interactions depends on the polymerization solvent, pH, ionic strength, and competing molecules in the surrounding medium. For example, hydrogen bonding may be weakened in highly competitive aqueous environments, whereas electrostatic interactions can be affected by changes in pH and ionic strength. These effects are particularly relevant to disease-biomarker detection because serum, plasma, saliva, and urine contain numerous potential interferents. Therefore, functional monomers should be selected with consideration of both the template–monomer complex formed during synthesis and the conditions under which the final polymer will operate [14,15,18].

3.3. Covalent, Non-Covalent, and Semi-Covalent Imprinting Strategies

Molecular imprinting strategies are commonly classified as covalent, non-covalent, or semi-covalent, according to the interactions used to establish the template–monomer complex and the mechanism of subsequent target recognition. Covalent imprinting involves reversible covalent-bond formation between the template and functional monomer before polymerization. After template removal, the corresponding functional groups are positioned within the polymer cavity. This approach can provide well-defined interaction geometries, although the need for suitable reversible chemical reactions may restrict the range of compatible templates and functional monomers [15,16].

Non-covalent imprinting relies on interactions such as hydrogen bonding, ionic attraction, hydrophobic interactions, and aromatic stacking. Its principal advantages include relatively straightforward synthesis and the

ability to accommodate diverse target molecules. However, weak or nonspecific interactions during pre-polymerization complex formation may produce heterogeneous binding sites and reduce selectivity under complex sample conditions. Semi-covalent imprinting combines aspects of both approaches: covalent interactions are used during template organization, while target rebinding occurs through non-covalent interactions. This strategy aims to improve the organization of recognition sites while retaining reversible binding during analysis. The choice among these methods should therefore reflect the chemical properties of the target, the intended sample matrix, the required binding kinetics, and the practical demands of the diagnostic application [15,16].

3.4. Bulk, Surface, Precipitation, Emulsion, and Solid-Phase Imprinting Approaches

The synthesis method influences particle size, morphology, porosity, binding-site distribution, and the accessibility of recognition cavities. Bulk polymerization is a conventional approach in which the template, monomers, cross-linker, initiator, and porogen are polymerized together. The resulting monolith is subsequently ground and sieved to obtain particles of suitable size. Although this technique is relatively simple, grinding may destroy some recognition sites, produce irregular particles, and increase variability between batches [15,16].

Precipitation polymerization can produce more uniform microspheres under suitable reaction conditions, while emulsion-based methods provide opportunities to control particle dimensions and polymer morphology. Surface imprinting places recognition sites near the polymer–solution interface, reducing the distance that analytes must travel to reach binding cavities. This feature is particularly valuable for macromolecular targets, including proteins, whose diffusion into densely cross-linked polymer networks may be limited. Solid-phase imprinting offers another strategy in which immobilized templates are used to support polymer formation and facilitate template removal, potentially improving site accessibility and reducing residual-template contamination [14–16].

No single synthesis method is optimal for every biomarker. Small-molecule targets may be compatible with several conventional approaches, whereas protein biomarkers often benefit from surface-oriented designs that reduce steric restrictions and support faster rebinding. Accordingly, synthesis routes should be evaluated in relation to particle uniformity, production scalability, binding capacity, nonspecific adsorption, and the intended sensing platform [14,17].

3.5. Protein Imprinting, Epitope Imprinting, Dummy Templates, and NanoMIP Fabrication

Protein imprinting presents distinct challenges because proteins possess complex three-dimensional structures, flexible conformations, and multiple chemically diverse surface regions. Polymerization conditions, solvent exposure, temperature, and pH may alter the native structure of a protein template, resulting in recognition cavities that do not adequately match the biomarker under physiological conditions. The large dimensions of proteins may also limit their diffusion into tightly cross-linked polymer matrices and complicate template removal [14,17].

Epitope imprinting addresses some of these limitations by using a selected peptide fragment that represents an accessible region of the target protein. Instead of imprinting the entire protein, the polymer is designed to recognize a characteristic sequence or surface segment. This approach can simplify template preparation and improve accessibility, although successful recognition depends on whether the selected epitope remains sufficiently exposed and chemically representative in the intact biomarker. Dummy-template imprinting uses a structural analogue of the target when the actual analyte is expensive, unstable, hazardous, or likely to contaminate the final polymer. The analogue should resemble the target closely enough to generate useful recognition sites without producing unacceptable cross-reactivity [14,17].

Nanoscale molecularly imprinted polymers, often described as nanoMIPs, have attracted attention because their small dimensions can increase accessible surface area and shorten diffusion pathways. When appropriately engineered, these materials may offer improved binding kinetics and compatibility with miniaturized analytical devices. However, nanoscale size alone does not guarantee high selectivity or clinical reliability. Particle-size

distribution, surface functionality, residual template, colloidal stability, and batch-to-batch consistency must also be considered during fabrication and validation [14,17].

3.6. Surface Chemistry, Porosity, Morphology, and Binding-Site Accessibility

The physicochemical characteristics of the polymer surface and internal structure strongly influence recognition performance. Surface chemistry determines the polarity, charge, hydrophilicity, and availability of functional groups that participate in target binding. Porosity affects the movement of analytes through the material, while morphology determines the distribution and accessibility of recognition sites. A polymer may contain a large number of cavities but still demonstrate poor analytical performance if those cavities are buried within an inaccessible network or possess insufficient affinity for the target [14–16].

For biomarker detection, the design objective is therefore not simply to maximize the total number of binding sites but to increase the proportion that remains accessible in the intended sample environment. Surface imprinting, controlled particle dimensions, and appropriate cross-linking can help achieve this balance. At the same time, excessive porosity or insufficient cross-linking may compromise structural stability, whereas dense networks may restrict macromolecular transport. Surface modification can also be used to reduce nonspecific adsorption and improve compatibility with aqueous biological samples. These modifications must be designed carefully because antifouling coatings or additional functional layers may obstruct recognition cavities or alter the binding characteristics of the original polymer [14,17,18].

Consequently, morphology and surface properties should be characterized alongside binding capacity and selectivity. Relevant measurements may include particle-size distribution, surface morphology, porosity, functional-group composition, and binding behaviour under the pH, ionic strength, and temperature conditions expected during analysis. Such characterization helps establish whether observed analytical performance arises from specific molecular recognition, nonspecific adsorption, or a combination of both [14–16].

3.7. Computational Chemistry and Molecular Simulation for Rational Polymer Design

Computational chemistry provides a framework for investigating template–monomer interactions before experimental synthesis. Quantum-chemical calculations can be used to compare candidate monomers, examine molecular charge distributions, and estimate interaction energies for proposed template–monomer complexes. Molecular docking and molecular dynamics simulations can provide complementary information about possible binding configurations, conformational flexibility, solvent effects, and the stability of molecular assemblies. These approaches may help prioritize candidate formulations and reduce reliance on exhaustive experimental screening [19].

The predictive value of computational methods depends on the assumptions and models employed. Calculations based on isolated molecules or simplified solvent environments may not fully represent polymerization conditions, cross-linked network effects, or the behaviour of MIPs in biological fluids. Likewise, a favourable calculated interaction energy does not necessarily translate into high experimental selectivity, because recognition also depends on cavity geometry, site accessibility, competing analytes, and polymer morphology. Computational predictions should therefore be treated as tools for hypothesis generation and candidate prioritization rather than definitive evidence of recognition performance [19].

A rational design workflow can combine computational screening with experimental synthesis, physicochemical characterization, and rebinding studies. Candidate functional monomers may first be assessed for their interactions with the template, after which promising formulations can be synthesized and evaluated under conditions representative of the intended analytical application. Experimental results can then be used to refine the computational model and guide subsequent optimization. This iterative approach is particularly relevant to

biomarker-directed MIPs, where target complexity and the effects of biological matrices make purely empirical optimization resource-intensive [14,19].

3.8. Chemical Stability, Reproducibility, and Template-Removal Efficiency

The practical value of a MIP depends not only on its initial recognition performance but also on its chemical stability, reproducibility, and ability to release the template efficiently after synthesis. Cross-linked polymer networks are often more resistant to changes in temperature, pH, and solvent conditions than natural biological receptors. Nevertheless, stability varies with polymer composition, cross-linking density, functional-group chemistry, and the conditions encountered during storage, sample exposure, regeneration, and reuse [14–16].

Template removal is particularly important because residual template molecules may leach from the polymer during subsequent analysis and produce falsely elevated signals. Incomplete extraction can also obstruct recognition cavities and reduce the effective binding capacity. Template-removal procedures must therefore be sufficiently effective without damaging the polymer network or altering the functional groups responsible for target recognition. Appropriate evaluation may involve repeated washing, analysis of extraction solutions, blank measurements, and assessment of rebinding after extraction [14,15].

Reproducibility remains another critical consideration, especially when MIPs are intended for diagnostic applications. Variations in reagent purity, template concentration, polymerization temperature, reaction time, particle processing, and extraction procedures may generate differences in binding capacity and selectivity between batches. Standardized synthesis protocols, consistent quality-control procedures, and performance testing across independently prepared batches are therefore necessary. Validation should also consider storage stability, regeneration behaviour, and performance in representative biological matrices. Together, these measures provide a basis for determining whether a MIP can progress from laboratory-scale material development to a reliable component of biomedical sensing systems [14,17,18].

4. Molecular Recognition Mechanisms and Selectivity Engineering

4.1. Formation of Complementary Recognition Cavities and Molecular Memory

Molecular recognition in molecularly imprinted polymers (MIPs) arises from the formation of binding cavities that retain structural and chemical information about a template molecule. During imprinting, functional monomers interact with the template before or during polymerization, while cross-linking stabilizes the developing polymer network. Subsequent template removal exposes cavities that can recognize the target through complementary shape, size, and functional-group arrangements. This phenomenon, commonly described as molecular memory, provides the foundation for selective analyte rebinding and distinguishes MIPs from conventional polymers without molecular imprinting [20,21].

The quality of the resulting recognition sites depends on the strength and organization of template–monomer interactions, polymerization conditions, and the rigidity of the cross-linked matrix. Excessive cross-linking may preserve cavity geometry but restrict analyte diffusion, whereas insufficient cross-linking may permit structural deformation and reduce recognition fidelity. Effective MIP design therefore requires a balance between cavity stability, accessibility, and chemical complementarity. These considerations are particularly important for disease biomarkers, where accurate recognition must be maintained in complex biological samples [20–22].

4.2. Hydrogen Bonding, Electrostatic Attraction, Hydrophobic Interactions, and van der Waals Forces

The selectivity of MIPs depends on the combined contribution of intermolecular forces between the target biomarker and functional groups positioned within the recognition cavity. Hydrogen bonding can provide directional interactions between complementary hydrogen-bond donors and acceptors, while electrostatic attraction facilitates recognition between oppositely charged groups. Hydrophobic interactions promote

association between non-polar molecular regions, whereas van der Waals forces contribute to close-range molecular complementarity. Aromatic targets and suitable monomers may also interact through π–π stacking. The relative contribution of these forces depends on the target's chemical structure, the functional monomers employed, and the surrounding environment [20–22].

The effectiveness of these interactions is influenced by solvent composition, pH, ionic strength, and temperature. Hydrogen bonding may become less favourable in highly competitive aqueous environments, while electrostatic interactions can change substantially when the ionization states of the target or polymer functional groups vary. Consequently, interaction strength observed during synthesis may not directly predict binding performance under physiological conditions. A robust recognition system should combine complementary interactions that remain effective in the intended analytical environment [20–22].

4.3. Shape Complementarity, Steric Constraints, and Functional-Group Orientation

Recognition cavities provide spatial constraints that help distinguish a target molecule from structurally related compounds. Shape complementarity refers to the correspondence between the geometry of the cavity and the dimensions of the target, whereas functional-group complementarity concerns the spatial arrangement of chemical groups capable of interacting with the analyte. A cavity may have an appropriate overall shape but still exhibit weak selectivity if its functional groups are incorrectly positioned or chemically incompatible with the target [20,21].

Steric constraints can prevent larger or geometrically dissimilar molecules from entering a recognition cavity or establishing the interactions required for stable binding. However, excessive steric restriction may also reduce accessibility for large, flexible protein biomarkers. Surface imprinting, controlled cross-linking, and the selection of accessible molecular regions can help address these limitations. Epitope imprinting is particularly relevant when a characteristic peptide segment represents an accessible region of a larger protein biomarker [20,23].

4.4. Binding Affinity, Association–Dissociation Kinetics, and Equilibrium Behaviour

The performance of a MIP depends not only on its ability to bind a target but also on the strength, rate, and reversibility of the binding process. Binding affinity describes the tendency of the target to associate with a recognition site, while association and dissociation kinetics describe how quickly binding occurs and how readily the target is released.

In diagnostic systems, binding kinetics affect response time, while affinity and binding-site accessibility influence detection limits, signal stability, and the feasibility of regenerating the sensing material. Accordingly, affinity, kinetics, binding capacity, and analytical response should be assessed together rather than treated as interchangeable measures of performance [20,21,24].

4.5. Selectivity against Structurally Related Biomarkers and Endogenous Interferents

Selectivity refers to the ability of a MIP to preferentially recognize its intended biomarker in the presence of other molecules. This is particularly important because biological specimens contain proteins, metabolites, salts, lipids, and other substances that may compete for binding or interfere with signal generation. Structurally related biomarkers can present a further challenge because they may share functional groups, molecular dimensions, or partial sequence similarities with the target. A polymer that binds strongly to the intended analyte in a purified solution may therefore demonstrate reduced selectivity in serum, plasma, saliva, or urine [20,21].

Selectivity engineering begins with appropriate template selection and the rational arrangement of complementary functional groups within the polymer network. It also requires systematic testing against structurally related molecules and representative endogenous interferents. Cross-reactivity should be evaluated under conditions that

reflect the intended sample matrix and expected concentration ranges. Where possible, MIP performance should be compared with that of a non-imprinted polymer prepared under similar conditions, helping to distinguish template-dependent recognition from nonspecific adsorption. Such controls are essential because apparent binding can arise from general surface interactions rather than genuinely imprinted recognition sites [20,21,24].

4.6. Protein Conformation, Epitope Accessibility, and the Influence of Physiological Conditions

Protein biomarkers present special recognition challenges because their three-dimensional conformations may change in response to temperature, pH, ionic strength, solvent exposure, and interactions with other biomolecules. These changes can alter the accessibility and orientation of functional groups involved in binding. If a protein adopts a conformation different from the one represented during imprinting, its ability to interact with the recognition cavity may be reduced [20,23].

Epitope imprinting can help address these challenges by targeting a selected region of the protein rather than relying on recognition of the entire molecular structure. Nevertheless, the selected epitope must remain accessible in the intact biomarker, and the polymer must discriminate against other molecules containing similar structural features. Testing across relevant pH and ionic-strength ranges can reveal whether recognition depends on interactions that may not remain stable in biological fluids. This approach helps establish whether a MIP can maintain useful recognition under realistic diagnostic conditions [20,23].

4.7. Non-Specific Adsorption, Matrix Fouling, and Recognition-Site Heterogeneity

Non-specific adsorption occurs when molecules bind to the polymer surface or internal matrix without relying on the intended imprinted recognition mechanism. In complex biological samples, abundant proteins and other constituents may accumulate on the material, obstruct recognition sites, alter local surface properties, or contribute to background signals. This process, often described as matrix fouling, can reduce sensitivity, compromise reproducibility, and produce inaccurate estimates of biomarker concentration. Its severity depends on polymer chemistry, surface hydrophilicity, charge, porosity, sample composition, and exposure conditions [20,21,23].

Recognition-site heterogeneity presents a related challenge. Differences in template–monomer interactions, local cross-linking density, and cavity accessibility may produce binding sites with a range of affinities. Consequently, a MIP may exhibit complex adsorption behaviour that cannot be adequately represented by a simple homogeneous-site model. Careful experimental design, appropriate controls, and suitable binding models are therefore necessary to distinguish specific recognition from nonspecific adsorption and characterize the material's actual performance [20,21,24].

Strategies for mitigating fouling include surface passivation, hydrophilic modification, antifouling polymer layers, and careful optimization of sample preparation. However, these approaches must preserve access to the imprinted cavities and avoid interfering with target binding or signal transduction. Antifouling performance should therefore be evaluated alongside selectivity, sensitivity, recovery, and reproducibility in representative biological matrices [20,23,24].

4.8. Strategies for Improving Selectivity through Surface Imprinting, Antifouling Coatings, and Hybrid Recognition Systems

Several material-engineering strategies can improve the selectivity and practical performance of MIPs. Surface imprinting places recognition sites near the material interface, thereby reducing diffusion distances and improving accessibility, particularly for large biomolecules. Controlled particle size, appropriate cross-linking, and rational selection of functional monomers can further improve the balance between binding-site stability and analyte transport. Epitope imprinting and carefully selected dummy templates may also improve the feasibility of preparing recognition materials for proteins that are difficult to use directly as templates [20,23].

Antifouling coatings provide a complementary approach by reducing the accumulation of interfering molecules on the polymer surface. Hydrophilic layers and other surface modifications can limit nonspecific interactions in complex biological fluids, although coating thickness and chemical composition must be optimized to avoid blocking imprinted cavities. Hybrid recognition systems may combine MIPs with antibodies, aptamers, nanomaterials, or other recognition and signal-enhancement components. These combinations can potentially improve analytical sensitivity, selectivity, or operational stability, but their benefits must be demonstrated experimentally because added components may introduce new sources of nonspecific binding, fabrication variability, or signal interference [26, 27].

Ultimately, selectivity engineering should be treated as an integrated design problem rather than the optimization of a single material property. The most appropriate strategy depends on the biomarker's molecular size and stability, the composition of the biological specimen, the required response time, and the intended sensing platform. Comprehensive validation should include cross-reactivity testing, non-imprinted polymer controls, matrix-effect assessment, reproducibility studies, and comparison with established analytical methods. These measures are necessary to establish whether improved molecular recognition translates into dependable biomarker detection under clinically relevant conditions [20,23–25].

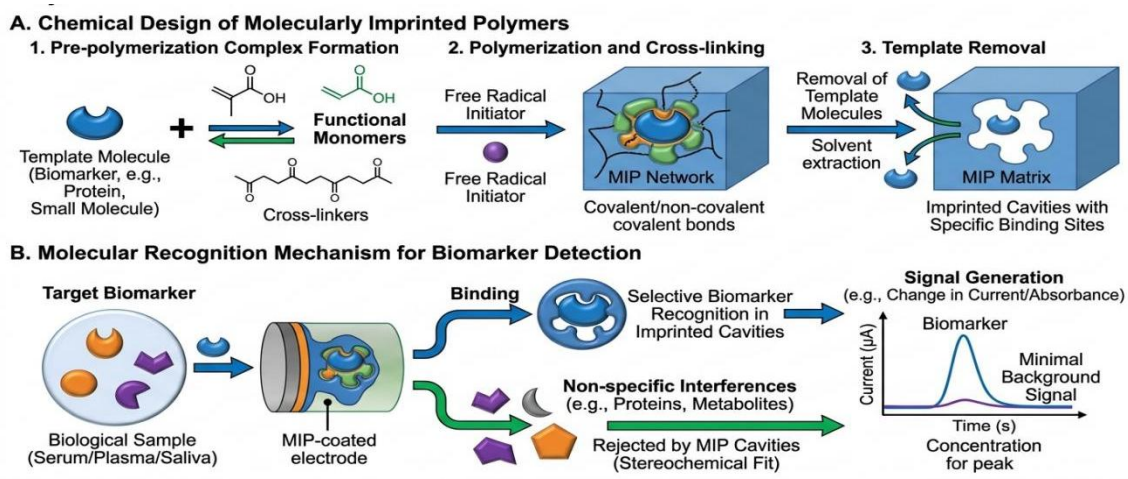


Figure 1. Chemical Design and Molecular Recognition Mechanism of Molecularly Imprinted Polymers for Disease Biomarker Detection

The figure illustrates the comprehensive fabrication process and selective biosensing mechanism of molecularly imprinted polymers (MIPs) for disease biomarker detection. Panel A outlines the chemical design steps, beginning with the pre-polymerization complex formation between target template molecules and functional monomers/cross-linkers, followed by free-radical polymerization and cross-linking, and concluding with template removal via solvent extraction to yield specific binding cavities. Panel B demonstrates the molecular recognition process when interacting with a complex biological sample; target biomarkers selectively fit into the MIP cavities on a coated electrode to generate a distinct analytical signal, whereas non-specific interferences are successfully rejected based on stereochemical differences.

5. Analytical Performance and Biomedical Applications

5.1. Electrochemical MIP Sensors: Impedance, Voltammetry, and Field-Effect Transduction

Electrochemical molecularly imprinted polymer (MIP) sensors are promising platforms for biomedical analysis because they combine selective molecular recognition with sensitive electrical signal measurement. Electrochemical impedance spectroscopy detects changes in interfacial charge-transfer resistance and capacitance

following target binding, whereas voltammetric techniques measure changes in oxidation or reduction currents associated with analyte recognition. Field-effect-based sensors, in contrast, translate binding-induced changes in surface charge or electrical potential into measurable variations in current or conductivity. These approaches can support the detection of low-abundance biomarkers while facilitating sensor miniaturization and integration into portable diagnostic devices [29, 34, 35, 40]. Nevertheless, their performance depends on polymer thickness, accessibility of recognition sites, electrode modification, solution conditions, and interference from nonspecific adsorption. Therefore, optimization must consider not only the limit of detection but also the linear working range, repeatability, selectivity, and stability under clinically relevant conditions.

5.2. Optical Sensing: Fluorescence, Surface Plasmon Resonance, and Colorimetric Detection

Optical MIP sensors provide complementary strategies for biomarker detection through measurable changes in fluorescence intensity, plasmonic responses, absorbance, or visible colour. Fluorescence-based systems can achieve sensitive detection through changes in emission intensity or wavelength following molecular recognition, particularly when MIPs are combined with fluorescent nanomaterials or signal-amplification mechanisms. Surface plasmon resonance enables real-time monitoring of molecular interactions through changes in refractive index near a functionalized sensor surface, potentially reducing the need for labelled detection reagents. Colorimetric systems are attractive for point-of-care applications because they can produce visually interpretable signals and may be adapted to low-cost analytical formats. The integration of optical transducers with molecularly imprinted recognition layers offers opportunities for rapid analysis; however, background fluorescence, sample turbidity, nonspecific adsorption, and variation in optical conditions can compromise quantitative accuracy. Appropriate blank controls, calibration procedures, and interference testing are consequently essential [28, 35, 36, 38].

5.3. Piezoelectric, Gravimetric, and Other Label-Free Sensing Platforms

Piezoelectric and gravimetric MIP sensors detect molecular binding through changes in mass, oscillation frequency, or related mechanical properties. Quartz crystal microbalance systems, for example, can monitor changes in resonant frequency following the accumulation of target molecules on an imprinted surface. These platforms offer the advantage of label-free detection, reducing dependence on secondary antibodies, fluorescent tags, or enzyme-linked reagents. Their analytical utility, however, depends on the stability of the recognition layer, surface coverage, and the ability to distinguish target-specific binding from nonspecific mass deposition. In biological fluids, variations in viscosity, density, and protein adsorption can also influence the measured signal. Consequently, reference surfaces, matrix-matched calibration, and appropriate antifouling strategies are important for reliable operation. Although these approaches are attractive for real-time monitoring, their performance must be evaluated against established analytical techniques before clinical use [28, 34, 35].

5.4. Cancer Biomarkers, Including Selected Protein and Glycoprotein Markers

Cancer biomarker detection represents an important application of MIP-based biosensing because several tumour-associated proteins and glycoproteins can provide information relevant to disease assessment and treatment monitoring. Examples include prostate-specific antigen (PSA), carcinoembryonic antigen (CEA), and cancer antigen 125 (CA125). MIPs designed against these targets may offer synthetic recognition elements that are more resistant to temperature variation and chemical degradation than conventional biological receptors. Protein-imprinting strategies must nevertheless account for molecular size, conformational flexibility, glycosylation, and the potential masking of recognition sites within complex samples. Moreover, detecting a cancer-associated biomarker does not independently establish the presence or stage of malignancy. Clinical interpretation requires consideration of disease prevalence, reference intervals, patient characteristics, and complementary diagnostic evidence. Accordingly, MIP sensors should be evaluated using clinically representative samples and compared

with validated immunoassays to determine whether their analytical performance is sufficient for screening support, disease monitoring, or other specified applications [30, 35, 37, 38].

5.5. Cardiovascular Biomarkers and Acute Disease Monitoring

Cardiovascular diagnostics require rapid and reliable measurement of biomarkers associated with myocardial injury and other acute pathological processes. Cardiac troponin I and cardiac troponin T are particularly important in the assessment of suspected acute myocardial infarction, while other markers may provide complementary information about cardiac stress or injury. MIP-based electrochemical and optical sensors could potentially support rapid measurement of these analytes through selective recognition and signal transduction. Their practical value would depend on achieving sufficiently low detection limits, broad and clinically appropriate calibration ranges, rapid response times, and reliable measurements in serum or plasma. Because acute cardiovascular decisions may depend on small concentration differences and serial measurements, precision and agreement with validated clinical assays are particularly important. Clinical adoption would therefore require analytical validation, assessment of interference from related proteins, and prospective evaluation in relevant patient populations rather than reliance on laboratory detection limits alone [34, 35, 38, 40].

5.6. Biomarkers of Infectious, Inflammatory, Metabolic, and Neurological Diseases

MIP sensors are also being investigated as recognition platforms for biomarkers associated with infectious, inflammatory, metabolic, and neurological disorders. In inflammatory conditions, targets such as C-reactive protein (CRP) and interleukin-6 (IL-6) may support the assessment of inflammatory activity, although neither marker is uniquely diagnostic of a particular disease. In metabolic monitoring, glucose detection illustrates how molecular recognition can be integrated with electrochemical transduction and wearable sensing technologies. Neurological applications may involve amyloid-β and other disease-associated proteins or peptides, while infectious disease applications may target pathogen-derived antigens, proteins, or other diagnostically relevant molecules. The suitability of each approach depends on target abundance, molecular stability, sample composition, and the degree of cross-reactivity with structurally related compounds. Biomarker-specific validation is therefore essential to establish whether a sensor provides clinically meaningful information and whether its performance is comparable with existing diagnostic methods [33–35, 37, 38].

5.7. Detection in Blood, Serum, Plasma, Urine, Saliva, and Other Biological Specimens

The analytical performance of MIP sensors is strongly influenced by the biological specimen in which measurements are performed. Whole blood contains cells, proteins, and other components that may obstruct sensor surfaces or alter mass transport. Serum and plasma offer practical matrices for protein biomarker analysis but contain abundant proteins that can compete for recognition sites and generate nonspecific signals. Urine may be suitable for detecting metabolites and selected disease-associated molecules, although dilution, pH, and ionic strength can affect assay responses. Saliva offers advantages for non-invasive sampling, but its variable composition, viscosity, and relatively low concentrations of some biomarkers can complicate quantitative detection. Other specimens, including sweat and cerebrospinal fluid, may be relevant to selected applications depending on the target and clinical question. To ensure reliable results, MIP sensors require matrix-specific validation, appropriate sample preparation where necessary, recovery studies, interference testing, and comparison between spiked samples and authentic patient specimens. These measures help distinguish performance under controlled laboratory conditions from practical diagnostic capability [34, 37, 38].

5.8. Multiplexed Detection, Miniaturization, Wearable Systems, and Point-of-Care Diagnostics

The development of multiplexed MIP platforms could enable simultaneous measurement of several biomarkers, potentially improving diagnostic interpretation where a combination of analytes provides more information than a single marker. This requires carefully designed recognition layers, independent or distinguishable signal

channels, and procedures to minimize cross-reactivity between sensing elements. Miniaturized electrodes, microfluidic systems, and integrated optical components may reduce sample and reagent requirements while supporting rapid analysis. Wearable electrochemical devices also offer opportunities for repeated measurements of selected analytes, particularly in metabolic monitoring, provided that the target can be measured reliably in the chosen biofluid. Point-of-care implementations could extend testing beyond centralized laboratories, but their utility depends on ease of operation, manufacturing reproducibility, storage stability, quality control, and affordability. The integration of MIPs into these technologies should therefore be accompanied by assessment of real-world performance, device-to-device variation, and usability under intended operating conditions [33, 35, 36, 39].

5.9. Comparison with Established Analytical Methods and Reference Assays

The clinical relevance of MIP sensors ultimately depends on how their performance compares with established analytical methods, including enzyme-linked immunosorbent assays (ELISA), chemiluminescent immunoassays, conventional electrochemical assays, and reference laboratory techniques appropriate to each biomarker. MIPs may offer advantages in receptor stability, fabrication flexibility, storage requirements, and integration into compact devices. However, these benefits do not automatically translate into superior diagnostic accuracy. Comparative evaluation should include limits of detection and quantification, analytical sensitivity, selectivity, precision, recovery, linearity, response time, sample throughput, and cost per test. For clinical applications, method-comparison studies should additionally investigate agreement with reference measurements, potential systematic bias, and performance across the relevant concentration range. Diagnostic sensitivity and specificity should be determined using suitable clinical populations and prespecified decision thresholds when the intended application requires disease classification. Matrix effects, cross-reactivity, lot-to-lot variability, and long-term stability must also be considered. Thus, MIPs are best regarded as promising synthetic recognition materials whose advantages must be established through rigorous analytical and clinical validation rather than assumed from their structural stability alone [38, 40].

Table 1. Disease biomarkers, MIP recognition strategies, transduction methods, and biomedical applications

6. Critical Evaluation, Clinical Translation, and Future Research Directions

Disease category	Representative biomarker	MIP recognition strategy	Suitable transduction methods	Potential biomedical application
Cancer	Prostate-specific antigen (PSA)	Protein-imprinted polymer	Electrochemical impedance, voltammetry, fluorescence	Prostate cancer assessment and monitoring
Cancer	Carcinoembryonic antigen (CEA)	Protein-imprinted polymer	Electrochemical or optical sensing	Monitoring selected gastrointestinal and other cancers
Cancer	Cancer antigen 125 (CA125)	Protein-imprinted polymer	Fluorescence, impedance, surface plasmon resonance	Ovarian cancer assessment and monitoring
Cardiovascular disease	Cardiac troponin I (cTnI)	Protein-imprinted polymer	Voltammetry, impedance, optical sensing	Assessment of myocardial injury
Cardiovascular disease	Cardiac troponin T (cTnT)	Protein-imprinted polymer	Electrochemical or optical sensing	Assessment of acute cardiac injury
Infectious and inflammatory conditions	C-reactive protein (CRP)	Protein-imprinted polymer	Electrochemical impedance, fluorescence	Inflammatory response assessment
Inflammatory conditions	Interleukin-6 (IL-6)	Protein-imprinted polymer	Fluorescence, voltammetry, impedance	Inflammatory biomarker monitoring
Metabolic disease	Glucose	Small-molecule-imprinted polymer	Electrochemical or optical sensing	Glucose monitoring
Neurological disorders	Amyloid-β	Peptide- or protein-imprinted polymer	Electrochemical or fluorescence	Investigation of neurodegenerative biomarkers
Infectious diseases	Pathogen-associated antigen or protein	Target-specific protein-imprinted polymer	Electrochemical, optical, or colorimetric sensing	Detection of selected pathogen-associated targets

The transition of molecularly imprinted polymers (MIPs) from laboratory-based analytical tools to clinically reliable diagnostic platforms requires coordinated advances in polymer chemistry, sensor engineering, analytical validation, and manufacturing. Although MIPs offer advantages in chemical stability, tunable recognition properties, and potential cost-effectiveness, their clinical translation remains constrained by inconsistent recognition performance, nonspecific interactions, and limited validation in complex biological matrices. Green

chemistry is the technological design that aims at designing methods of chemical synthesis andproducts in a way that they can dramatically reduce or altogether remove the need of hazardoussubstances [41–43]. Addressing these limitations requires standardized fabrication procedures, reproducible material properties, and rigorous comparison with established diagnostic methods. Sustainable synthesis approaches may further support scalable production while reducing hazardous reagents and environmental impacts [42, 48]. In addition, stimuli-responsive architectures and computationally guided material design offer opportunities to improve recognition kinetics, reversibility, and analytical performance. Ultimately, successful translation will depend on demonstrating that MIP-based sensors deliver reliable, reproducible, and clinically meaningful information under realistic conditions of use [49].

6.1. Analytical Sensitivity versus Clinical Diagnostic Performance

Analytical sensitivity and clinical diagnostic performance represent distinct but complementary dimensions of MIP sensor evaluation. Analytical sensitivity concerns the ability to detect small changes in analyte concentration, whereas clinical diagnostic performance describes how accurately a test identifies individuals with or without a specified condition. Although MIP-based sensors may achieve low detection limits under optimized laboratory conditions, this does not necessarily translate into reliable disease classification. Matrix interference, nonspecific adsorption, calibration variability, and differences in biomarker concentrations among patients can affect clinical performance [41, 43]. Therefore, evaluation should extend beyond detection limits to include analytical precision, selectivity, measurement uncertainty, diagnostic sensitivity and specificity, and agreement with validated reference assays. Predictive values should also be interpreted in relation to disease prevalence and the intended clinical population. A clinically useful MIP sensor must demonstrate that its analytical capabilities support the intended diagnostic decision rather than merely establishing that the target molecule can be detected.

6.2. Effects of Biological Matrix Complexity, Nonspecific Binding, and Biomarker Heterogeneity

Complex biological matrices remain a major obstacle to reliable MIP-based biomarker detection. Blood, serum, plasma, saliva, and urine contain proteins, electrolytes, metabolites, and other constituents that may compete for binding sites, alter analyte transport, or produce nonspecific signals. These effects can reduce apparent selectivity and compromise quantitative accuracy. Biomarker heterogeneity introduces additional challenges because proteins may occur in different conformational states, glycosylation patterns, degradation products, or molecular complexes. Consequently, recognition cavities designed for a particular molecular configuration may not interact equally with all clinically relevant forms of a target. Variations in salivary composition and inflammatory status, for example, can complicate the interpretation of non-invasive biomarker measurements [44]. Potential solutions include antifouling surface coatings, improved recognition-site accessibility, optimized polymer chemistry, and appropriate sample pretreatment. Validation using authentic biological specimens is essential to determine whether these approaches maintain reliable performance in the presence of competing molecules and clinically relevant biological variability [41, 47].

6.3. Standardization of Imprinting Protocols and Batch-to-Batch Reproducibility

Reproducibility is essential for the development of MIP sensors suitable for routine clinical use. Differences in template preparation, functional monomer composition, cross-linker concentration, solvent conditions, polymerization temperature, and template removal can produce substantial variations in recognition-site distribution and binding affinity. These differences may affect calibration, response time, detection limits, and sensor stability across production batches. Controlled synthesis approaches, including microreactor-assisted fabrication, offer opportunities to improve process consistency and material uniformity [45]. However, scalable production requires defined procedures for monitoring polymer morphology, particle-size distribution, accessible binding sites, residual template content, and nonspecific binding. Researchers should establish standard operating procedures, reference materials, acceptance criteria, and interlaboratory comparison protocols. Batch-to-batch

testing should also evaluate whether variations in material properties produce meaningful differences in analytical outcomes. Such measures would strengthen quality assurance and provide a more reliable basis for manufacturing MIP sensors at clinically relevant scales [41, 43, 45].

6.4. Validation Using Clinical Samples, Reference Methods, and Clinically Relevant Concentration Ranges

Clinical validation is a critical requirement for establishing the practical value of MIP-based diagnostic platforms. Initial experiments commonly use buffered solutions or spiked biological samples to characterize recognition properties and optimize sensor performance. Although useful, these experiments cannot fully reproduce the variability of authentic patient specimens. A robust validation programme should therefore progress from analytical characterization to matrix-spiked experiments, testing of clinical samples, and prospective evaluation where appropriate. Comparisons with established reference methods should assess agreement, systematic bias, precision, recovery, and performance across clinically relevant concentration ranges [41, 43, 47]. The evaluation should also consider interference from structurally related compounds, sample stability, detection and quantification limits, and reproducibility across sensor batches. For diagnostic classification, clinical sensitivity and specificity should be established using appropriate patient populations and predefined decision thresholds. These requirements are particularly important when small differences in biomarker concentrations influence clinical decisions. Demonstrating reliable performance against validated reference assays would provide stronger evidence of clinical utility than reporting analytical sensitivity alone.

6.5. Computational Modelling, Machine Learning, and Predictive Selection of Monomers and Templates

Computational modelling and machine learning offer promising approaches for improving MIP design and reducing dependence on trial-and-error experimentation. Molecular docking, quantum chemical calculations, and molecular dynamics simulations can help characterize template–monomer interactions, evaluate binding-site stability, and identify factors influencing recognition selectivity. These approaches may support the selection of functional monomers, cross-linkers, solvents, and polymerization conditions that favour target recognition. Recent developments in computationally guided MIP design provide opportunities to integrate molecular-level information with experimentally measured sensor performance [41]. Machine-learning models could further identify relationships between polymer composition, structural characteristics, binding affinity, and analytical response. However, reliable predictions require sufficiently diverse datasets, consistent experimental reporting, and independent validation. Models developed from limited or highly homogeneous datasets may not generalize to different biomarkers or polymer systems. Future studies should integrate computational predictions with systematic laboratory experiments and external validation datasets to establish reproducible design principles and improve the transferability of predictive models across biomedical applications.

6.6. Hybrid MIP–Aptamer and MIP–Antibody Platforms: Complementary Advantages and Limitations

Hybrid MIP–aptamer and MIP–antibody systems may combine the chemical stability of synthetic recognition materials with the molecular selectivity of established biological receptors. MIPs can provide robust recognition layers, while aptamers and antibodies may contribute complementary target-binding properties. Such combinations could improve selectivity, support signal amplification, or provide additional recognition mechanisms for challenging biomarkers. Nevertheless, hybrid systems introduce potential limitations involving immobilization chemistry, receptor orientation, steric interference, operational compatibility, and manufacturing complexity. Biological components may also retain sensitivities to environmental conditions that synthetic polymers are designed to minimize. Furthermore, incorporating multiple recognition elements does not automatically improve overall diagnostic performance. Comparative experiments should therefore determine whether hybrid platforms provide measurable improvements over MIP-only sensors and conventional antibody- or aptamer-based assays. Relevant assessment criteria include selectivity, reproducibility, response time, stability,

fabrication cost, and clinical accuracy. Hybrid designs should be pursued when they provide a clearly demonstrated analytical or clinical advantage rather than simply increasing sensor complexity [41, 43, 47].

6.7. Manufacturing Scalability, Material Safety, Cost, and Regulatory Considerations

Commercial development of MIP sensors requires reproducible manufacturing, acceptable material safety, economic feasibility, and compliance with applicable regulatory requirements. Although MIPs may offer advantages in storage stability and receptor fabrication, production costs can increase through specialized synthesis, purification, sensor integration, and quality-control procedures. Residual templates, unreacted monomers, cross-linkers, initiators, and degradation products should be evaluated for their potential to interfere with measurements or compromise safety, particularly in devices intended for direct biological contact. Green synthesis strategies may reduce solvent use, hazardous waste, and energy consumption while supporting more sustainable production [42, 48]. However, environmental benefits must be balanced against reproducibility, material quality, and analytical performance. Manufacturing development should establish critical quality attributes, process controls, shelf-life specifications, packaging requirements, and batch-release criteria. Regulatory requirements will depend on the intended use, device classification, and jurisdiction. Early consideration of quality management, risk assessment, clinical evidence requirements, and applicable regulatory pathways can reduce the risk of costly redesign during commercialization [43, 48].

6.8. A Proposed Chemistry-to-Clinic Translation Framework

A chemistry-to-clinic framework should connect molecular design with material characterization, analytical validation, clinical evaluation, and implementation. The process begins with defining the clinical need, selecting a relevant biomarker, and establishing the intended specimen type and clinically meaningful concentration range. The second stage involves selecting the template, functional monomers, cross-linkers, and polymerization conditions to produce recognition sites with suitable affinity and selectivity. The third stage evaluates polymer morphology, binding-site accessibility, nonspecific interactions, and compatibility with the selected transducer. The fourth stage assesses analytical performance, including calibration, precision, detection limits, response time, and matrix interference. The fifth stage validates the sensor using authentic clinical specimens and compares its measurements with established reference methods. Finally, manufacturing scalability, material safety, cost-effectiveness, usability, and regulatory requirements must be addressed before clinical implementation. Importantly, this framework should operate iteratively: shortcomings identified during analytical or clinical validation should inform redesign of the polymer chemistry, recognition architecture, or transduction system. Integrating these stages provides a systematic pathway for translating promising laboratory prototypes into reliable diagnostic technologies [47–49].

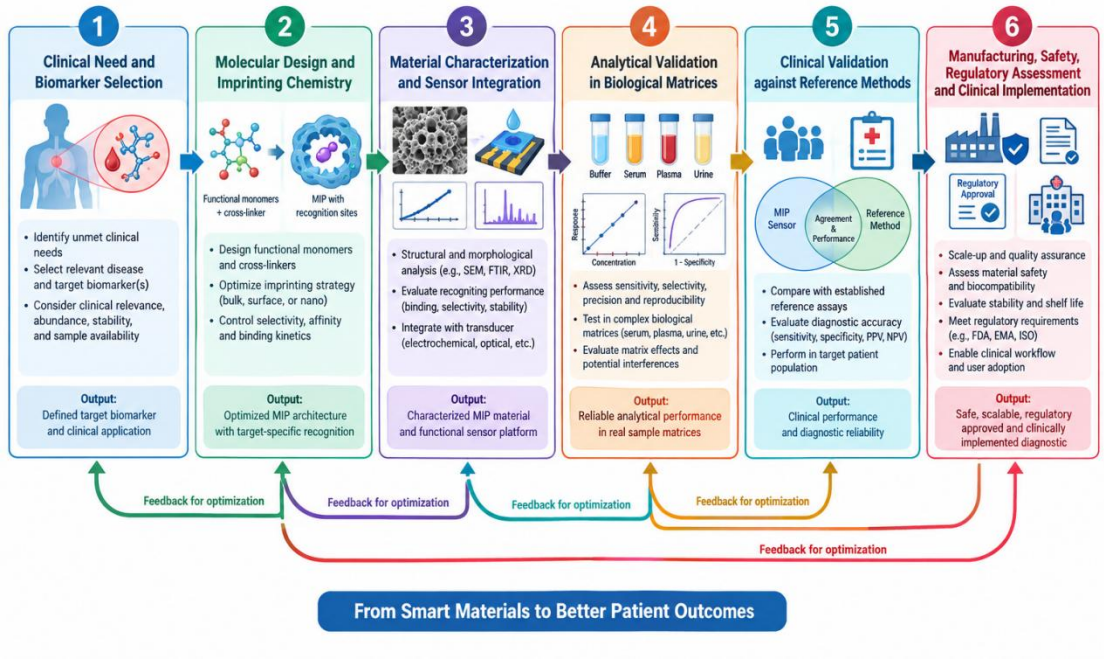


Figure 2. Chemistry-to-Clinic Framework for Translating Molecularly Imprinted Polymer-Based Biomarker Sensors into Validated Clinical Diagnostics

Figure 2 illustrates a six-stage framework for translating molecularly imprinted polymer (MIP)-based biomarker sensors from material design to practical clinical application. The process begins with identifying unmet clinical needs and selecting relevant disease biomarkers, followed by molecular design and imprinting chemistry to develop selective recognition sites. The third stage involves material characterization and sensor integration to establish structural properties, recognition performance, stability, and compatibility with the selected transducer. Analytical validation is then conducted using increasingly complex biological matrices to assess sensitivity, selectivity, precision, reproducibility, and matrix interference. Subsequently, clinical validation compares sensor performance with established reference methods using appropriate clinical specimens and patient populations to determine diagnostic accuracy and reliability. The final stage addresses scalable manufacturing, quality assurance, material safety, regulatory compliance, and clinical implementation. Feedback loops connect the stages, enabling deficiencies identified during characterization, analytical testing, clinical evaluation, or manufacturing to guide earlier design modifications and optimization. Overall, the framework emphasizes that successful clinical translation requires not only strong analytical performance but also reproducibility, clinical validity, safety, and regulatory readiness.

6.9. Priority Research Gaps and Recommendations for Future Development

Future research should prioritize reproducible synthesis, recognition performance in complex biological matrices, and rigorous clinical validation. First, standardized reporting of polymer composition, imprinting conditions, template removal, binding characteristics, and analytical performance is needed to improve comparability between studies. Second, research should move beyond buffered solutions and spiked samples toward authentic clinical specimens and clinically representative concentration ranges. Third, improved antifouling surfaces and accessible recognition cavities should be developed to reduce nonspecific adsorption and improve analyte transport. Fourth, computational modelling and machine learning should be integrated with experimental validation to accelerate material selection and improve design predictability. Fifth, hybrid, multiplexed, wearable, and point-of-care platforms should demonstrate measurable advantages under realistic operating conditions.

Sixth, scalable production, safety assessment, sustainable synthesis, and regulatory planning should be incorporated early in development. Finally, stimuli-responsive MIPs warrant further investigation because

Critical performance gap	**Source of diagnostic error or limitation**	**Validation requirement**	**Proposed solution**
Analytical sensitivity versus clinical performance	Low detection limits may not translate into accurate disease classification	Evaluate analytical performance and clinical diagnostic accuracy separately	Conduct clinical comparison studies using appropriate populations
Biological matrix interference	Nonspecific adsorption and competition from biological constituents	Test authentic clinical specimens and assess matrix effects	Develop antifouling surfaces and matrix-compatible recognition layers
Biomarker heterogeneity	Differences in conformation, glycosylation, and degradation	Assess recognition of relevant biomarker forms	Optimize imprinting chemistry and test representative target variants
Batch-to-batch reproducibility	Variations in polymerization and recognition-site distribution	Compare independently manufactured batches	Standardize synthesis and establish batch-release criteria
Limited clinical validation	Reliance on buffer solutions and spiked samples	Compare with established reference assays using clinical specimens	Conduct staged analytical and clinical validation
Predictive design limitations	Incomplete datasets and poor model generalizability	Independently validate computational predictions	Integrate modelling with systematic experimental studies
Hybrid receptor complexity	Steric interference, incompatibility, and additional production steps	Compare hybrid platforms with MIP-only and conventional sensors	Demonstrate measurable analytical or clinical advantages
Manufacturing and safety limitations	Residual chemicals, scale-up variability, and production costs	Assess material safety, process consistency, shelf life, and cost	Implement scalable manufacturing, quality assurance, and sustainable synthesis
Limited real-world applicability	Calibration drift and device-to-device variation	Test under intended-use conditions	Improve calibration, robustness, and usability

reversible binding and controlled release may facilitate repeated measurements and real-time monitoring, provided that binding kinetics, signal stability, and regeneration performance meet application-specific requirements [46, 48, 49]. Addressing these research priorities would strengthen the evidence base for MIP technologies and support their progression from analytical proof of concept to clinically useful diagnostic systems.

4) Table 2. Critical performance gaps, sources of diagnostic error, validation requirements, and proposed solutions for clinical translation

6. Conclusion

Molecularly imprinted polymers represent versatile synthetic recognition materials with substantial potential for selective disease-biomarker detection across diverse biomedical applications. Their performance is governed by the interplay of template selection, functional monomer chemistry, imprinting strategy, polymer architecture, recognition-site accessibility, and intermolecular interactions. Integration with electrochemical, optical, and other transduction platforms offers opportunities for developing stable, miniaturized, and potentially cost-effective diagnostic technologies. Nevertheless, nonspecific adsorption, biological matrix interference, biomarker heterogeneity, synthesis variability, and insufficient clinical validation remain important barriers to routine clinical implementation. Overcoming these limitations requires standardized fabrication, rigorous analytical characterization, antifouling strategies, independent batch validation, and comparison with established reference methods using representative clinical specimens. Computational modelling and sustainable synthesis may further improve design efficiency and manufacturing feasibility when supported by experimental validation. The proposed chemistry-to-clinic framework emphasizes an iterative development pathway in which clinical requirements guide material design and validation findings inform subsequent optimization. Ultimately, the clinical value of MIP-based sensors will depend not solely on achieving low detection limits but on demonstrating reliable diagnostic accuracy, reproducibility, safety, and practical utility under intended-use conditions. Addressing these priorities will strengthen the translation of molecularly imprinted materials from promising laboratory platforms into dependable biomedical diagnostic technologies.

References

1. Mostafa AM, Barton SJ, Wren SP, Barker J. Review on molecularly imprinted polymers with a focus on their application to the analysis of protein biomarkers. TrAC Trends Anal Chem. 2021;144:116431. doi:10.1016/j.trac.2021.116431.
2. Mustafa YL, Keirouz A, Leese HS. Molecularly imprinted polymers in diagnostics: accessing analytes in biofluids. J Mater Chem B. 2022;10(37):7418–49. doi:10.1039/D2TB00703G.
3. Abdelhamied MM, Rajpal S, Mishra P, Kranz C, Mizaikoff B. Molecularly imprinted polymers for biomarker detection: advances in design, modeling, and sensing strategies. TrAC Trends Anal Chem. 2025;194:118487. doi:10.1016/j.trac.2025.118487.
4. Das KK, Singh N, Barman K, Kasana S, Kurmi BD, Gupta GD, et al. Advancements in molecularly-imprinted-polymer-based biomarker detection for various diseases: a comprehensive overview. Polym Int. 2025;74(9):783–99. doi:10.1002/pi.70004.
5. Acet BÖ, İnanan T, Salíeva K, Borkoev B, Odabaşı M, Acet Ö. Molecular imprinted polymers: important advances in biochemistry, biomedical and biotechnology. Polym Bull. 2024;81(12):10439–59. doi:10.1007/s00289-024-05238-5.
6. Sunayama H, Takeuchi T. Multi-functional nanocavities fabricated using molecular imprinting and post-imprinting modifications for efficient biomarker detection. Chromatography. 2021;42(2):73–81. doi:10.15583/jpchrom.2021.011.
7. Cabaleiro-Lago C, Hasterok S, Wingren AG, Tassidis H. Recent advances in molecularly imprinted polymers and their disease-related applications. Polymers (Basel). 2023;15(21):4199. doi:10.3390/polym15214199.
8. Shekari M, Moghari S, Dawi EA, Khonakdar HA. Molecularly imprinted polymers for diagnosis and medical applications: recent advances and progress. Polym Adv Technol. 2025;36(8). doi:10.1002/pat.70293.
9. Li Y, Luo L, Kong Y, Li Y, Wang Q, Wang M, et al. Recent advances in molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensors. Biosens Bioelectron. 2024;249:116018. doi:10.1016/j.bios.2024.116018.
10. Kang MS, Cho E, Choi HE, Amri C, Lee J, Kim KS. Molecularly imprinted polymers (MIPs): emerging biomaterials for cancer theragnostic applications. Biomater Res. 2023;27(1). doi:10.1186/s40824-023-00388-5.
11. Chima UP, Donatus RB, Ambikpu DU, Adam AB, Ataitiya H, Abubakar MY, et al. Computational modeling and density functional theory (DFT) insights into the structure–activity relationship of bioactive organic compounds in drug discovery. Comput Chem Biol. 2026;1(2):110–23. doi:10.22034/ccb.2026.582390.1010.
12. Chioma UG, Rotkang SE, Adam AB, Abubakar SM. Computational chemistry approaches to nanoparticle-based drug delivery systems: modeling, simulation, and biological applications. Comput Chem Biol. 2026;1(2):124–41. doi:10.22034/ccb.2026.582455.1011.
13. Chioma UG, Rotkang SE, Adam AB. Computational design and molecular simulation of green organic compounds for sustainable pharmaceutical applications. J Chem Biol Med Sci. 2026;13(5):1684–1721. doi:10.22034/jcbms.2026.2088937.1060.
14. Mostafa AM, Barton S, Wren SP, Barker J. Review on molecularly imprinted polymers with a focus on their application to the analysis of protein biomarkers. TrAC Trends Anal Chem. 2021;144:116431. doi:10.1016/j.trac.2021.116431.

15. Reville EK, Sylvester EH, Benware SJ, Negi SS, Berda EB. Customizable molecular recognition: advancements in design, synthesis, and application of molecularly imprinted polymers. Polym Chem. 2022;13(23):3387–411. doi:10.1039/D1PY01472B.

16. Morsi SMM, El-Aziz MEA, Mohamed HA. Smart polymers as molecular imprinted polymers for recognition of target molecules. Int J Polym Mater. 2023;72(8):612–35. doi:10.1080/00914037.2022.2042287.

17. Kang MS, Cho E, Choi HE, Amri C, Lee J, Kim KS. Molecularly imprinted polymers (MIPs): emerging biomaterials for cancer theragnostic applications. Biomater Res. 2023;27(1). doi:10.1186/s40824-023-00388-5.

18. Shah NS, Thotathil V, Zaidi SA, Sheikh H, Mohamed M, Qureshi A, et al. Picomolar or beyond limit of detection using molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensors: a review. Biosensors (Basel). 2022;12(12):1107. doi:10.3390/bios12121107.

19. Mohsenzadeh E, Ratautaitė V, Brazys E, Ramanavičius S, Žukauskas Š, Plaušinaitis D, et al. Design of molecularly imprinted polymers (MIP) using computational methods: a review of strategies and approaches. Wiley Interdiscip Rev Comput Mol Sci. 2024;14(3). doi:10.1002/wcms.1713.

20. Mostafa AM, Barton S, Wren SP, Barker J. Review on molecularly imprinted polymers with a focus on their application to the analysis of protein biomarkers. TrAC Trends Anal Chem. 2021;144:116431. doi:10.1016/j.trac.2021.116431.

21. Reville EK, Sylvester EH, Benware SJ, Negi SS, Berda EB. Customizable molecular recognition: advancements in design, synthesis, and application of molecularly imprinted polymers. Polym Chem. 2022;13(23):3387–3411. doi:10.1039/D1PY01472B.

22. Morsi SMM, El-Aziz MEA, Mohamed HA. Smart polymers as molecular imprinted polymers for recognition of target molecules. Int J Polym Mater. 2023;72(8):612–635. doi:10.1080/00914037.2022.2042287.

23. Kang MS, Cho E, Choi HE, Amri C, Lee J, Kim KS. Molecularly imprinted polymers (MIPs): emerging biomaterials for cancer theragnostic applications. Biomater Res. 2023;27(1). doi:10.1186/s40824-023-00388-5.

24. Shah NS, Thotathil V, Zaidi SA, Sheikh H, Mohamed M, Qureshi A, et al. Picomolar or beyond limit of detection using molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensors: a review. Biosensors (Basel). 2022;12(12):1107. doi:10.3390/bios12121107.

25. Mustafa YL, Keirouz A, Leese HS. Molecularly imprinted polymers in diagnostics: accessing analytes in biofluids. J Mater Chem B. 2022;10(37):7418–7449. doi:10.1039/D2TB00703G.

26. Hasanah AN, Safitri N, Zulfa A, Neli N, Rahayu D. Factors affecting preparation of molecularly imprinted polymer and methods on finding template-monomer interaction as the key of selective properties of the materials. Molecules. 2021;26(18):5612. doi:10.3390/molecules26185612.

27. Gkika DA, Tolkou AK, Lambropoulou DA, Bikiaris DN, Kokkinos P, Kalavrouziotis IK, et al. Application of molecularly imprinted polymers (MIPs) as environmental separation tools. RSC Appl Polym. 2023;2(2):127–148. doi:10.1039/D3LP00203A.

28. Acet, B. Ö., İnanan, T., Salíeva, K., Borkoev, B., Odabaşı, M., & Acet, Ö. (2024). Molecular imprinted polymers: Important advances in biochemistry, biomedical and biotechnology. Polymer Bulletin, 81(12), 10439–10459. https://doi.org/10.1007/s00289-024-05238-5

29. Bou-Maroun, E. (2023). Carbon electrode modified with molecularly imprinted polymers for the development of electrochemical sensor: Application to pharmacy, food safety, environmental monitoring, and biomedical analysis. Chemosensors, 11(11), 548. https://doi.org/10.3390/chemosensors11110548

30. Dixit, C. K., Bhakta, S., Khondakar, K. R., & Kaushik, A. (2022). Exploring molecularly imprinted polymers as artificial antibodies for efficient diagnostics and commercialization: A critical overview. Hybrid Advances, 1, 100001. https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2022.100001

31. Erdem, Ö., Eş, İ., Saylan, Y., Atabay, M., Güngen, M. A., Ölmez, K., Denizli, A., & İnci, F. (2023). In situ synthesis and dynamic simulation of molecularly imprinted polymeric nanoparticles on a micro-reactor system. Nature Communications, 14(1), 4840. https://doi.org/10.1038/s41467-023-40413-8

32. Gkika, D. A., Tolkou, A. K., Lambropoulou, D. A., Bikiaris, D. N., Kokkinos, P., Kalavrouziotis, I. K., & Kyzas, G. Z. (2023). Application of molecularly imprinted polymers (MIPs) as environmental separation tools. RSC Applied Polymers, 2(2), 127–148. https://doi.org/10.1039/d3lp00203a

33. Jung, H. H., Lee, H., Yea, J., & Jang, K. (2024). Wearable electrochemical sensors for real-time monitoring in diabetes mellitus and associated complications. Soft Science, 4(2). https://doi.org/10.20517/ss.2024.02

34. Kadhem, A. J., Gentile, G. J., & Cortalezzi, M. F. de. (2021). Molecularly imprinted polymers (MIPs) in sensors for environmental and biomedical applications: A review. Molecules, 26(20), 6233. https://doi.org/10.3390/molecules26206233

35. Li, Y., Luo, L., Kong, Y., Li, Y., Wang, Q., Wang, M., Li, Y., Davenport, A., & Li, B. (2024). Recent advances in molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensors. Biosensors and Bioelectronics, 249, 116018. https://doi.org/10.1016/j.bios.2024.116018

36. Madhu, M., Santhoshkumar, S., Tseng, W., & Tseng, W. (2023). Maximizing analytical precision: Exploring the advantages of ratiometric strategy in fluorescence, Raman, electrochemical, and mass spectrometry detection. Frontiers in Analytical Science, 3. https://doi.org/10.3389/frans.2023.1258558

37. Mostafa, A. M., Barton, S., Wren, S. P., & Barker, J. (2021). Review on molecularly imprinted polymers with a focus on their application to the analysis of protein biomarkers. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 144, 116431. https://doi.org/10.1016/j.trac.2021.116431

38. Mustafa, Y. L., Keirouz, A., & Leese, H. S. (2022). Molecularly imprinted polymers in diagnostics: Accessing analytes in biofluids. Journal of Materials Chemistry B, 10(37), 7418–7449. https://doi.org/10.1039/d2tb00703g

39. Ostovan, A., Arabi, M., Wang, Y., Li, J., Li, B., Wang, X., & Chen, L. (2022). Greenificated molecularly imprinted materials for advanced applications. Advanced Materials, 34(42). https://doi.org/10.1002/adma.202203154

40. Shah, N. S., Thotathil, V., Zaidi, S. A., Sheikh, H., Mohamed, M., Qureshi, A., & Sadasivuni, K. K. (2022). Picomolar or beyond limit of detection using molecularly imprinted polymer-based electrochemical sensors: A review. Biosensors, 12(12), 1107. https://doi.org/10.3390/bios12121107

41. Abdelhamied MM, Rajpal S, Mishra P, Kranz C, Mizaikoff B. Molecularly imprinted polymers for biomarker detection: advances in design, modeling, and sensing strategies. TrAC Trends Anal Chem. 2025;194:118487. doi:10.1016/j.trac.2025.118487.

42. Arabi M, Ostovan A, Li J, Wang X, Zhang Z, Choo J, et al. Molecular imprinting: green perspectives and strategies. Adv Mater. 2021;33(30). doi:10.1002/adma.202100543.

43. Abubakar MY, Fred AE, Yafeto MS, Adam AB. Green synthesis of industrial chemical using waste biomass feedstock. NextGen Chemical Discoveries. 2025 Dec 31;1(1):44-54.
44. Dongiovanni P, Meroni M, Casati S, Goldoni R, Thomaz DV, Kehr S, et al. Salivary biomarkers: novel noninvasive tools to diagnose chronic inflammation. Int J Oral Sci. 2023;15(1):27. doi:10.1038/s41368-023-00231-6.
45. Erdem Ö, Eş İ, Saylan Y, Atabay M, Güngen MA, Ölmez K, et al. In situ synthesis and dynamic simulation of molecularly imprinted polymeric nanoparticles on a micro-reactor system. Nat Commun. 2023;14(1):4840. doi:10.1038/s41467-023-40413-8.
46. Hemed NM, Leal-Ortiz S, Zhao ET, Melosh NA. On-demand, reversible, ultrasensitive polymer membrane based on molecular imprinting polymer. ACS Nano. 2023;17(6):5632–5643. doi:10.1021/acsnano.2c11618.
47. Mostafa AM, Barton S, Wren SP, Barker J. Review on molecularly imprinted polymers with a focus on their application to the analysis of protein biomarkers. TrAC Trends Anal Chem. 2021;144:116431. doi:10.1016/j.trac.2021.116431.
48. Ostovan A, Arabi M, Wang Y, Li J, Li B, Wang X, et al. Greenificated molecularly imprinted materials for advanced applications. Adv Mater. 2022;34(42). doi:10.1002/adma.202203154.
49. Sullivan MV, Lasserre P, Blackburn C, Turner NW, Sellergren B. Stimuli-responsive molecularly imprinted materials: fundamentals and applications. 2025. doi:10.1002/rpm.20240032.

BEYOND ANTIMICROBIAL SCREENING: CHEMICAL ECOLOGY, METABOLITE INTERACTIONS, AND STRUCTURE–ACTIVITY RELATIONSHIPS IN MICROBIAL NATURAL PRODUCTS

Crossdale Stanley Ovwido

Department of Microbiology of Federal University of Agriculture, Bassambiri

Corresponding author; stanleycrossdale@gmail.com

Abstract

Microbial natural products remain an important source of structurally diverse bioactive compounds, yet their discovery is frequently dominated by antimicrobial screening, which may overlook the chemical interactions and ecological functions that govern their biological activity. This review critically examines microbial natural products beyond conventional bioactivity assessment, integrating chemical ecology, metabolite interactions, and structure–activity relationships to establish a broader framework for understanding microbial chemical diversity. It explores how microorganisms produce, modify, and exchange secondary metabolites in response to environmental conditions, competitive pressures, and interactions with neighbouring organisms. Particular attention is given to synergistic, antagonistic, and additive interactions among microbial metabolites, including their effects on biological activity, chemical stability, and target selectivity. The review further evaluates how molecular features, including functional groups, stereochemistry, polarity, structural complexity, and functionalisation patterns, influence biological activity and ecological function. Advances in metabolomics, high-resolution mass spectrometry, nuclear magnetic resonance spectroscopy, molecular networking, and genome-guided discovery are considered for their potential to connect chemical structures with biosynthetic origins and ecological roles. The limitations of conventional screening approaches, including rediscovery of known compounds, inadequate characterisation of mixture effects, and insufficient validation of ecological relevance, are also discussed. An integrated discovery framework is proposed to connect environmental context, metabolite profiling, interaction analysis, structural elucidation, and biological validation. This perspective could strengthen microbial natural-product discovery by prioritising chemically distinctive metabolites, revealing previously overlooked interactions, and improving the selection of candidates for antimicrobial and other biomedical applications.

Keywords: Microbial natural products; chemical ecology; metabolite interactions; structure–activity relationships; metabolomics.

INTRODUCTION

Microbial natural products are chemically diverse compounds produced by bacteria, fungi, actinomycetes and other microorganisms. They are important sources for antibiotic discovery and other therapeutic agents. Consequently, many discovery programmes rely on antimicrobial screening of microbial cultures and extracts to identify compounds that inhibit pathogenic organisms. Although this approach has yielded important bioactive substances, it provides only a partial understanding of the biological significance of microbial metabolites. In natural environments, these compounds function not merely as potential therapeutic agents but also as mediators of competition, communication and resource acquisition among co-occurring organisms (Covington et al., 2021; Wang et al., 2024).

A chemical-ecology perspective provides a broader basis for investigating why metabolites are produced, which organisms respond to them and how environments influence their effects. Microbial secondary metabolites can contribute to competition for nutrients and space, suppress neighbouring organisms, influence colonisation and alter community composition. Other compounds act as chemical signals that modify the behaviour of nearby populations. Their effects therefore depend not only on molecular identity but also on local concentration, community composition and the surrounding chemical environment (Krespach et al., 2023; Zhang et al., 2022; Chevrette & Handelsman, 2021; Chigozie & Esimone, 2026; Junkins et al., 2022; Selegato & Castro-Gamboa, 2023). Thus, antimicrobial activity recorded in a laboratory assay does not necessarily explain a metabolite's ecological function.

Metabolite interactions are central to this perspective. Microorganisms inhabit communities and encounter chemical mixtures produced by themselves and others. These compounds may interact additively, synergistically or antagonistically, modifying their individual biological effects. Interactions between microbial partners may also influence biosynthetic pathways. Some biosynthetic gene clusters remain weakly expressed or silent under standard monoculture conditions but can be activated by signals or other cues from neighbouring organisms. Co-cultivation studies indicate that such interactions can stimulate antibiotic production in otherwise inactive strains, supporting interaction-guided approaches to natural-product discovery (Bez et al., 2026; Buijs et al., 2021). Investigating isolated compounds alone may therefore overlook effects arising from metabolite combinations and ecological context.

Understanding also requires connecting chemical structure with biological function. Structural characteristics, including functional groups, stereochemistry and molecular configuration, can influence molecular recognition, target interactions and biological activity. Comparing related compounds can help identify structural features associated with activity differences and guide the optimisation of promising molecules. Studies of sulfur-containing natural products from marine microorganisms, for example, demonstrate the value of examining structural variation alongside biological effects and mechanisms of action (Hai et al., 2021). This chemical perspective should be integrated with ecological evidence because metabolite function is influenced by both molecular architecture and the context in which a compound is produced and encountered.

This review examines microbial natural products beyond conventional antimicrobial screening through the interconnected themes of chemical ecology, metabolite interactions and structure–activity relationships. It discusses the ecological functions of microbial metabolites, the consequences of interactions within microbial communities, and relationships between molecular structure and biological activity. Integrating these perspectives can support discovery strategies that combine ecological investigation, chemical characterisation and biological evaluation, providing a broader understanding of microbial natural products and their applications.

CHEMICAL ECOLOGY AND ECOLOGICAL FUNCTIONS OF MICROBIAL NATURAL PRODUCTS

3.1. Concept and Scope of Microbial Chemical Ecology

Microbial chemical ecology is an interdisciplinary field that investigates how microorganisms use chemical compounds to interact with other organisms and respond to their surrounding environments. It focuses particularly on specialised metabolites, traditionally described as secondary metabolites, which influence microbial behaviour, survival, competition, communication, and community organisation. Unlike primary metabolites, which are directly involved in essential cellular processes such as energy generation and growth, specialised metabolites often perform ecological functions that improve the ability of microorganisms to occupy particular habitats and respond to biological and environmental challenges (Schmidt et al., 2019; Svendsen et al., 2025).

The field extends beyond investigating the antimicrobial properties of microbial extracts to understanding the ecological conditions that stimulate metabolite production and the biological responses of organisms exposed to these compounds. Microbial metabolites may function as chemical signals, defensive substances, resource-acquisition agents, or mediators of interactions between microorganisms and their hosts. Their ecological effects depend on factors such as concentration, environmental conditions, microbial community composition, and the availability of susceptible target organisms. Consequently, understanding microbial chemical ecology requires consideration of both the producing organism and the biological environment in which the metabolite operates (Thukral et al., 2023; Del Carratore & Breitling, 2026).

Research involving marine and aquatic microbial communities has demonstrated the importance of chemical exchanges between microorganisms. For example, interactions between phytoplankton and associated bacteria involve the exchange of growth-regulating metabolites and compounds associated with vitamin biosynthesis. These relationships demonstrate that microbial communities function through complex chemical networks rather than through the independent activities of individual species (Thukral et al., 2023). Thus, microbial chemical ecology provides an important framework for understanding natural product production, ecological adaptation, and the discovery of previously uncharacterised bioactive compounds.

3.2. Diversity and Classes of Microbial Natural Products

Microorganisms produce an extensive range of chemically diverse natural products, reflecting differences in their genetic composition, biosynthetic pathways, ecological requirements, and environmental conditions. These compounds occur among bacteria, actinomycetes, fungi, cyanobacteria, and marine microorganisms. Their chemical diversity includes polyketides, non-ribosomal peptides, ribosomally synthesised and post-translationally modified peptides, terpenoids, alkaloids, polyketide–peptide hybrids, pigments, siderophores, and volatile organic compounds (Scherlach & Hertweck, 2021; Svendsen et al., 2025).

Polyketides and non-ribosomal peptides represent important classes of microbial natural products because of their structural complexity and diverse biological activities. Polyketides are synthesised through polyketide synthase pathways, while non-ribosomal peptides are assembled by specialised enzyme complexes known as non-ribosomal peptide synthetases. These biosynthetic systems generate structurally varied compounds that may function in microbial defence, competition, and interactions with other organisms. Other groups, including siderophores, facilitate iron acquisition, while pigments may contribute to protection against environmental stress and, in some cases, chemical communication.

Microbial natural products can also be classified according to their ecological functions. Antibiotics and bacteriocins are primarily associated with microbial interference and competition, whereas quorum-sensing molecules coordinate population-level activities. Biosurfactants influence surface interactions, biofilm organisation, and nutrient accessibility, while volatile metabolites can mediate interactions over distances through

the surrounding air or water. These functional categories are not mutually exclusive because a single metabolite may perform different biological roles depending on its concentration and ecological context (Schmidt et al., 2019; Del Carratore & Breitling, 2026).

The identification of biosynthetic gene clusters has expanded knowledge of microbial chemical diversity. However, the presence of a biosynthetic gene cluster does not necessarily confirm that its corresponding metabolite is produced under a particular set of conditions. Environmental signals and interactions with neighbouring organisms can determine whether specific biosynthetic pathways are activated (Chase et al., 2023; Scherlach & Hertweck, 2021).

3.3. Microbial Natural Products in Competition and Antagonism

Competition is a major ecological force influencing the production and distribution of microbial natural products. Microorganisms frequently occupy environments containing limited nutrients, physical space, and other essential resources. Under these conditions, the production of inhibitory metabolites can provide a competitive advantage by restricting the growth, survival, or colonisation of neighbouring organisms. Antibiotics, antifungal compounds, and bacteriocins are important examples of metabolites involved in interference competition (Schmidt et al., 2019; Del Carratore & Breitling, 2026).

Antibiotics produced by microorganisms such as *Streptomyces* can suppress competing bacterial populations and influence the composition of microbial communities. Their ecological functions are not necessarily restricted to killing susceptible organisms. At concentrations below those required for growth inhibition, some antibiotics may influence gene expression, cellular signalling, developmental processes, and stress responses. Therefore, their biological effects depend on exposure concentration and the physiological condition of the receiving organism.

Siderophores provide another important example of chemically mediated microbial competition. These molecules bind ferric iron with high affinity, making the metal more accessible to the producing microorganism through specific uptake systems. In iron-limited environments, siderophore production can provide a competitive advantage by improving the producer's access to this essential nutrient. However, neighbouring microorganisms possessing compatible uptake mechanisms may also benefit from siderophores produced by other species, resulting in resource sharing or exploitation (Kramer et al., 2020).

Antagonistic interactions may also occur between fungi and bacteria. Some actinomycetes produce antifungal metabolites that restrict fungal growth, while fungal metabolites may influence bacterial development and secondary metabolism. These interactions are particularly relevant in soil environments, where microorganisms compete for nutrients and space and encounter a broad range of biological challenges. Such ecological relationships demonstrate that microbial natural products contribute directly to community organisation and the maintenance of microbial populations.

3.4. Chemical Communication and Signalling in Microbial Communities

In addition to competition, microbial natural products play important roles in communication and the coordination of population behaviour. Chemical communication enables microorganisms to detect neighbouring organisms, respond to changes in population density, and coordinate activities that are beneficial under particular environmental conditions. Specialised metabolites involved in these processes may act as extracellular signalling molecules that influence gene expression and cellular behaviour (Schmidt et al., 2019; Del Carratore & Breitling, 2026).

One important mechanism of microbial communication is quorum sensing, a density-dependent signalling process through which microorganisms produce, release, and detect chemical molecules. In Gram-negative bacteria, N-acyl homoserine lactones are well-characterised quorum-sensing signals, while Gram-positive bacteria commonly

employ oligopeptide-based signalling systems. These molecules accumulate in the surrounding environment as microbial populations increase. Once an appropriate signalling threshold is reached, they can activate coordinated cellular responses, including biofilm formation, virulence-factor production, motility, and specialised metabolite biosynthesis.

Actinomycetes also produce γ-butyrolactone signalling molecules that regulate developmental processes and antibiotic production. These compounds demonstrate that chemical signals can control not only interactions between different microorganisms but also physiological and developmental activities within the producing organism. Similarly, volatile metabolites such as geosmin, commonly produced by *Streptomyces* species, have been associated with interactions between microorganisms and insects, including insect attraction and spore dispersal (Del Carratore & Breitling, 2026).

Chemical communication is therefore an important component of microbial chemical ecology because it enables microorganisms to coordinate their activities, respond to changes in population density, and regulate the production of biologically active compounds. Understanding these signalling processes may also provide opportunities for identifying metabolites and biosynthetic pathways that remain inactive during conventional laboratory cultivation.

3.5. Roles of Microbial Metabolites in Symbiosis and Host Interactions

Microbial natural products are also involved in symbiotic relationships between microorganisms and higher organisms, including plants, animals, insects, and marine invertebrates. Symbiosis involves close biological associations that may be beneficial, neutral, or detrimental to the participating organisms. Within these relationships, microbial metabolites can influence host nutrition, defence, colonisation, physiological regulation, and resistance to pathogenic organisms (Schmidt et al., 2019; Svendsen et al., 2025).

Plant-associated microorganisms provide important examples of chemically mediated host interactions. Bacteria and fungi living in the rhizosphere or within plant tissues produce metabolites that can influence plant development, nutrient availability, and defence responses. Some actinomycetes associated with plants provide protective compounds or contribute to the suppression of plant pathogens. In return, the microorganisms may obtain nutrients and suitable habitats from their hosts. These associations indicate that metabolite production may be regulated by signals and physiological conditions arising from both the microorganism and its host (Schniete & Fernández-Martínez, 2024).

Marine microorganisms also participate in complex relationships with sponges, algae, and other aquatic organisms. In these environments, microbial metabolites may contribute to host defence and influence the composition of associated microbial communities. Metabolic exchanges between phytoplankton and bacteria further demonstrate how chemically mediated relationships support nutrient utilisation and microbial growth (Thukral et al., 2023).

Siderophores provide another example of interactions between microbial products and host-associated environments. Although primarily associated with iron acquisition, siderophores can influence host–microbe relationships by altering local iron availability. Their effects may either support beneficial microbial associations or contribute to competition between microorganisms and hosts for essential nutrients (Kramer et al., 2020). These observations highlight the importance of studying microbial metabolites within their host environments rather than interpreting their activities exclusively through isolated laboratory assays.

3.6. Environmental Factors Influencing Microbial Metabolite Production

The production of microbial natural products is strongly influenced by environmental conditions and the physiological state of the producing organism. Although microbial genomes contain numerous biosynthetic gene

clusters, only a proportion may be expressed under conventional laboratory conditions. The activation of these pathways is influenced by environmental signals, nutrient availability, and interactions with other organisms (Chase et al., 2023; Scherlach & Hertweck, 2021).

Nutrient limitation is an important factor regulating specialised metabolism. For example, iron deficiency can stimulate siderophore production, while phosphate limitation has been associated with changes in antibiotic biosynthesis in *Streptomyces coelicolor*. These responses demonstrate how resource availability can influence microbial metabolism and alter interactions within microbial communities (Del Carratore & Breitling, 2026).

Other environmental factors include temperature, pH, salinity, oxygen availability, moisture, light intensity, and the chemical composition of the growth medium. These factors can influence cellular metabolism, enzyme activity, gene regulation, and the availability of precursors required for biosynthesis. In marine environments, salinity, water depth, nutrient gradients, and other physical and chemical conditions may contribute to differences in microbial community composition and metabolite profiles (Thukral et al., 2023; Chase et al., 2023).

Biological factors are equally important. The presence of competing organisms, microbial population density, host-derived compounds, and chemical signals from neighbouring species may activate otherwise weakly expressed biosynthetic pathways. Therefore, microbial natural product production should be considered a regulated physiological response to environmental and biological conditions rather than an entirely constant property of a microbial strain (Schniete & Fernández-Martínez, 2024).

3.7. Differences Between Laboratory Cultures and Natural Microbial Environments

A major challenge in microbial natural product discovery is the difference between conventional laboratory cultivation and the complex environments in which microorganisms naturally exist. Standard laboratory investigations frequently involve monocultures grown under controlled conditions, which simplify the biological and chemical interactions occurring around the microorganisms. Although these systems are useful for reproducibility and controlled experimentation, they may not adequately represent the nutrient gradients, microbial competition, signalling, and host interactions encountered in natural habitats (Schmidt et al., 2019; Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

One major consequence is the failure to activate certain biosynthetic gene clusters. Microorganisms may possess the genetic capacity to produce a wide range of specialised metabolites, but the corresponding pathways may remain silent when the environmental or biological signals required for their activation are absent. Genome-based investigations have consequently revealed a greater biosynthetic potential than is often detected through conventional activity-guided screening (Chase et al., 2023; Scherlach & Hertweck, 2021).

Co-cultivation has emerged as an important strategy for addressing this limitation. It involves growing two or more microorganisms together to reproduce selected aspects of their natural interactions. Competition for nutrients, physical contact, and diffusible signalling molecules may stimulate changes in gene expression and activate otherwise silent biosynthetic pathways. Such approaches have contributed to increased chemical diversity and the discovery of compounds that may not be produced during individual cultivation (Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

Studies involving soil actinomycetes further emphasise the value of ecological context in natural product discovery. Reproducing relevant environmental conditions and introducing suitable microbial partners may help stimulate the production of previously uncharacterised metabolites (Schniete & Fernández-Martínez, 2024). Nevertheless, laboratory co-cultures remain simplified models of natural ecosystems. Their findings should therefore be interpreted alongside environmental observations and appropriate chemical and biological validation.

3.8. Ecological Significance of Microbial Specialised Metabolites

Microbial specialised metabolites contribute to several processes that influence ecosystem structure, microbial survival, and interactions between organisms. Their significance extends beyond their potential pharmaceutical applications because they regulate competition, resource acquisition, communication, symbiotic relationships, and adaptation to environmental conditions (Schmidt et al., 2019; Svendsen et al., 2025).

First, these compounds contribute to microbial community organisation by influencing which organisms can successfully occupy particular ecological niches. Antibiotics and bacteriocins suppress susceptible competitors, while siderophores influence the distribution and accessibility of essential nutrients. Second, signalling molecules coordinate population-level activities, including biofilm formation, sporulation, and specialised metabolism. Third, microbial products facilitate interactions with plants, animals, and other organisms, thereby influencing host defence, colonisation, and physiological relationships.

The ecological significance of microbial metabolites is also important for understanding their potential applications. Antibiotics, antifungal compounds, siderophores, biosurfactants, and signalling molecules represent valuable resources for pharmaceutical development, agriculture, biotechnology, and environmental management. However, their biological activities should be interpreted in relation to the conditions under which they are produced and their effects on interacting organisms.

An integrated understanding of microbial natural products therefore requires linking biosynthetic potential with actual metabolite production, ecological function, and biological response. Recent advances in metabolomics, genome mining, multi-omics, and microbial community engineering provide opportunities to investigate these relationships more systematically (Thukral et al., 2023; Del Carratore & Breitling, 2026). Ultimately, chemical ecology provides a framework for moving beyond conventional antimicrobial screening towards a more comprehensive understanding of the roles and potential applications of microbial specialised metabolites.

Table 1. Major classes of microbial natural products and their ecological functions

Class of microbial metabolite	Examples	Major ecological functions
Antibiotics	Streptomycin, tetracyclines and other microbial antibiotics	Suppression of competing microorganisms and protection of ecological niches.
Bacteriocins	Plantaricin and other bacteriocin peptides	Inhibition of susceptible bacterial competitors.
Siderophores	Desferrioxamine and related iron-chelating compounds	Iron acquisition, resource competition and microbial survival under iron limitation.
Quorum-sensing molecules	N-acyl homoserine lactones and γ-butyrolactones	Chemical communication and coordination of population-level behaviour.
Pigments	Indigoidine and other microbial pigments	Environmental protection and potential roles in signalling or deterrence.
Biosurfactants	Rhamnolipids	Surface modification, nutrient accessibility, biofilm organisation and microbial dispersal.
Volatile metabolites	Geosmin and other volatile organic compounds	Long-distance chemical interactions and, in some cases, attraction of organisms involved in spore dispersal.
Host-interaction metabolites	Plant-associated microbial signalling and defence compounds	Host colonisation, modulation of plant responses and protection against pathogens.

METABOLITE INTERACTIONS AND THEIR BIOLOGICAL SIGNIFICANCE

4.1. Concept of Metabolite Interactions

Metabolite interactions refer to the ways in which chemical compounds produced by microorganisms influence one another's biological activity, stability, availability and biosynthesis. In microbial communities, secondary metabolites rarely operate independently because several compounds may occur simultaneously within the same ecological environment. Their combined effects can produce biological responses that differ from those observed when individual compounds are examined separately. Such interactions may be synergistic, additive or antagonistic, with important consequences for microbial survival, competition, community organisation and ecological processes (Ruan et al., 2025; Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

The biological significance of metabolite interactions extends beyond antimicrobial activity. Microbial compounds may influence nutrient acquisition, chemical communication, microbial growth and the establishment of relationships between neighbouring organisms. Some metabolites may facilitate the activity of other compounds, while others may reduce their effectiveness through chemical interference or antagonistic biological effects. Consequently, the overall activity of a microbial community depends not only on the chemical identity of individual metabolites but also on their concentrations, relative proportions and interactions within the surrounding chemical environment.

Understanding these relationships requires investigating microbial metabolites as components of interconnected chemical systems. Multi-omics approaches and metabolite co-occurrence analyses have provided evidence that some metabolites are associated with only a limited number of microbial taxa, whereas others are linked to several community members. These observations suggest that certain metabolites may function as interaction hubs, influencing multiple organisms and potentially affecting the organisation and stability of microbial communities (Shaffer et al., 2022). Therefore, investigating metabolite interactions provides a broader understanding of microbial chemical ecology and offers opportunities for identifying compounds whose biological effects may be overlooked during conventional antimicrobial screening.

4.2. Synergistic Interactions among Microbial Metabolites

Synergistic interactions occur when the combined biological effect of two or more metabolites is greater than the effect expected from their individual activities under an appropriate reference model. In microbial systems, synergy may arise when different compounds influence complementary biological targets or interfere with separate processes required for the survival of an interacting organism. Such combinations may produce enhanced antimicrobial effects or alter the physiological responses of neighbouring microorganisms.

The significance of synergy is particularly relevant in microbial communities where several organisms release chemically diverse compounds into a shared environment. One metabolite may increase the susceptibility of a target organism to another compound, while a second metabolite may interfere with a protective or stress-response mechanism. The resulting biological response may therefore be greater than that produced by either metabolite alone. This possibility highlights why investigations focusing exclusively on isolated compounds may underestimate the biological significance of naturally occurring metabolite combinations (Ruan et al., 2025; Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

Synergistic effects may also occur through ecological interactions rather than direct chemical cooperation between compounds. For example, one microorganism may produce a metabolite that changes the local environment, thereby allowing another organism's metabolite to exert a stronger effect. Such interactions may influence microbial competition, resource acquisition and community composition. However, an apparent enhancement in biological activity should not automatically be classified as synergy without appropriate experimental comparisons. Combination studies should therefore evaluate individual and combined metabolite responses using suitable concentration ranges and validated interaction models.

From a natural-product discovery perspective, synergistic interactions are important because biologically significant effects may emerge only when metabolites are examined in combination. Identifying such relationships could support the development of metabolite combinations with improved biological performance and provide insight into the ecological functions of microbial chemical mixtures.

4.3. Additive and Antagonistic Interactions

Additive interactions occur when the combined effect of two or more metabolites corresponds approximately to the expected effect of their individual contributions under a defined reference model. Unlike synergy, additive interactions do not necessarily indicate that the compounds enhance one another through complementary

mechanisms. Instead, their combined biological response reflects the contribution of each compound without a substantial positive or negative interaction.

Antagonistic interactions occur when the combined effect of metabolites is lower than the expected response based on their individual activities. Such interactions may arise when one compound interferes with the activity, availability or stability of another. In microbial communities, antagonism may also occur when metabolites produced by competing organisms reduce the effectiveness of compounds released by neighbouring species. These relationships may influence the outcome of microbial competition and alter the distribution of populations within a shared ecological environment (Ruan et al., 2025; Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

The distinction between additive and antagonistic effects is important when evaluating microbial extracts and natural-product combinations. A mixture containing several individually active compounds may not necessarily produce enhanced biological activity. Some constituents may contribute positively, some may have independent additive effects, while others may reduce the overall response. Therefore, the identification of active compounds should be accompanied by investigations of their combined effects where chemically and biologically relevant.

Table 2. Major types of metabolite interactions and their biological significance

Interaction type	**Description**	**Potential biological consequences**	**Importance in natural-product research**
Synergistic	Combined effect exceeds the expected individual contributions under a defined model.	Enhanced biological activity and altered microbial responses.	Identification of effective metabolite combinations.
Additive	Combined effect approximates the expected sum of individual effects.	Independent contributions to community-level biological activity.	Evaluation of the overall contribution of multiple metabolites.
Antagonistic	Combined effect is lower than the expected response.	Reduced activity and possible interference between metabolites.	Identification of compounds that weaken or modify biological effects.
Cross-feeding	One microorganism utilises metabolites released by another.	Nutritional dependence and changes in microbial community structure.	Understanding metabolite exchange and community-level dependencies.
Regulatory interaction	Metabolites or chemical cues influence the production of other metabolites.	Altered biosynthetic activity and changes in metabolite profiles.	Discovery of conditionally expressed and previously undetected compounds.

Source: Adapted from Ruan et al. (2025), Selegato and Castro-Gamboa (2023), Shaffer et al. (2022), and Culp and Goodman (2023).

4.4. Interactions between Metabolites from Different Microorganisms

Microbial communities contain organisms with different metabolic capabilities, and their interactions frequently involve the exchange, transformation and utilisation of extracellular metabolites. These relationships may produce complex chemical networks in which the metabolic activity of one microorganism influences the growth and behaviour of others. Consequently, the biological significance of a metabolite may extend beyond the organism responsible for its production.

One important form of interaction is metabolic cross-feeding, in which a microorganism consumes compounds released by another organism. These compounds may include organic acids, amino acids, vitamins, siderophores and other extracellular metabolites. Cross-feeding can establish nutritional dependencies between microbial populations and influence their ability to survive under particular environmental conditions. In some cases, metabolites released into the environment function as public goods that can be utilised by neighbouring organisms, linking the fitness of one population to the metabolic output of another (Culp & Goodman, 2023).

Metabolite interactions may also be investigated through co-occurrence networks. Analyses of multi-omics datasets indicate that some metabolites are associated with only a few microbial taxa, whereas a smaller group of metabolites may co-occur with numerous organisms. Such metabolites may function as hubs within microbial interaction networks because changes in their availability or production can potentially influence several community members (Shaffer et al., 2022).

However, co-occurrence does not independently establish a direct biochemical interaction or prove that one organism produces a metabolite consumed by another. Such relationships require further confirmation through targeted chemical analyses, cultivation experiments and appropriate biological investigations. The surrounding metabolic environment must also be considered because the biological effect of an exchanged compound can depend on the availability of other nutrients and metabolites. Thus, the same compound may support microbial growth in one community but have limited or different effects in another (Yu et al., 2022).

The composition of the microbial community is therefore an important determinant of secondary metabolism. Chevrette et al. (2022) highlight the relevance of species composition and interspecies interactions in understanding microbial secondary-metabolite production. This reinforces the importance of investigating microbial compounds within interacting populations rather than relying exclusively on the activities observed in isolated strains.

4.5. Co-cultivation and Induced Metabolite Production

Co-cultivation is an experimental strategy in which two or more microorganisms are grown together under controlled conditions to investigate their interactions and stimulate the production of metabolites that may not be detected during individual cultivation. It is increasingly relevant to natural-product discovery because microorganisms encounter neighbouring species and diverse chemical signals in their natural environments. These interactions may influence biosynthetic activity and produce chemical profiles different from those obtained through monoculture experiments (Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

During co-cultivation, microbial partners may compete for nutrients, occupy shared surfaces, exchange metabolites or release chemical signals that alter the physiological activities of neighbouring organisms. Such conditions can stimulate changes in metabolite production and potentially activate biosynthetic pathways that remain weakly expressed under conventional laboratory conditions. The resulting chemical profiles may therefore contain compounds that are absent or present at substantially different levels in the corresponding monocultures.

The selection of microbial partners is an important consideration because different combinations may generate different biological and chemical outcomes. A microorganism may respond positively to one partner but exhibit

reduced growth or altered metabolite production in the presence of another. Similarly, changes in nutrient availability, inoculation ratios, incubation time and physical contact may influence the outcome of co-cultivation experiments.

Selegato and Castro-Gamboa (2023) emphasise the potential of co-cultivation to enhance chemical and biological diversity in natural-product investigations. This approach offers an opportunity to move beyond the limitations of conventional antimicrobial screening by using microbial interactions as experimental conditions for inducing metabolite production. Nevertheless, compounds detected after co-cultivation should be confirmed through appropriate analytical and structural methods, and their biological activities should be investigated using suitable controls.

4.6. Chemical Signalling, Quorum Sensing, and Metabolite Regulation

Chemical signalling is an important component of microbial interactions because microorganisms can release and respond to extracellular compounds that influence the behaviour and metabolic activities of neighbouring cells. Such chemical exchanges may regulate growth, nutrient utilisation, community organisation and the production of specialised metabolites. They also provide mechanisms through which environmental and biological conditions influence microbial biosynthetic activity.

Quorum sensing is a form of cell-density-dependent communication in which microorganisms produce and detect signalling molecules. As the population increases, signalling molecules may accumulate in the surrounding environment until they reach concentrations sufficient to trigger changes in gene expression. Depending on the organism and signalling system, these responses may include biofilm development, virulence-factor production, motility and specialised metabolite biosynthesis.

The relationship between chemical signalling and metabolite production is relevant to microbial natural-product discovery because the biosynthesis of some compounds is regulated by biological interactions and environmental conditions. Co-cultivation can expose microorganisms to chemical cues and competitive conditions that alter their metabolic activities. Thus, the production of a particular metabolite may depend not only on the genetic capacity of the producing organism but also on the presence and activities of neighbouring microorganisms (Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

The broader significance of this process is that microbial metabolites may participate in regulatory networks rather than functioning exclusively as end products of biosynthesis. Their production and biological effects can be influenced by other compounds within the same environment. Ruan et al. (2025) provide a basis for considering metabolite interactions in terms of their influence on activity, stability and biosynthesis.

Although these observations support the importance of chemical regulation, the supplied supporting literature does not provide sufficient direct evidence to establish specific quorum-sensing pathways or identify particular signalling molecules responsible for individual biosynthetic responses. Further studies combining chemical profiling, gene-expression analysis and controlled microbial interaction experiments are therefore required to clarify these mechanisms.

4.7. Metabolite Interactions and Antimicrobial Resistance

Metabolite interactions have potential implications for antimicrobial resistance because microorganisms are exposed to combinations of chemical compounds within natural and host-associated environments. These compounds may influence microbial survival, growth and stress responses in ways that differ from the effects observed when individual substances are investigated separately. Consequently, understanding the biological consequences of metabolite combinations may provide additional information relevant to antimicrobial discovery and the evaluation of microbial chemical interactions.

Synergistic interactions may be relevant where different compounds affect complementary cellular processes, potentially enhancing the inhibition of susceptible microorganisms. Conversely, antagonistic interactions may reduce the expected biological activity of a compound combination. These effects emphasise the importance of investigating metabolite mixtures when evaluating antimicrobial performance (Ruan et al., 2025; Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

Microbial communities also contain organisms with different metabolic capabilities and chemical-response mechanisms. Cross-feeding and metabolite exchange may alter the availability of compounds and influence the survival of particular populations. Changes in community composition can consequently modify the biological environment in which antimicrobial substances operate (Culp & Goodman, 2023; Yu et al., 2022).

However, antimicrobial resistance must be distinguished from reduced susceptibility, tolerance and transient survival responses. Demonstrating that metabolite interactions influence resistance requires direct evidence, including susceptibility measurements, resistance-associated genetic analysis and studies of selection under defined exposure conditions. The citations supplied for this review primarily address metabolite interactions, microbial co-occurrence and community-level effects; they do not independently demonstrate particular resistance mechanisms. Therefore, the relationship between metabolite interactions and antimicrobial resistance should be considered an important research direction requiring further experimental investigation rather than an established conclusion from the cited studies.

4.8. Implications of Metabolite Interactions for Natural-Product Discovery

The study of metabolite interactions provides important opportunities for improving microbial natural-product discovery. Conventional screening frequently investigates microorganisms or extracts individually, which may overlook compounds whose production depends on interactions with other organisms. An interaction-based approach instead considers the chemical and biological conditions under which metabolites are produced, released and modified within microbial communities.

Co-cultivation is particularly useful in this context because it creates controlled conditions for examining the effects of microbial partnerships on metabolite production. By comparing co-cultures with their corresponding monocultures, researchers can identify chemical features that appear, disappear or change in abundance following microbial interaction. Such differences can guide the prioritisation of samples for further isolation and structural characterisation (Selegato & Castro-Gamboa, 2023).

Metabolomics and molecular-network approaches can further support this process by identifying patterns of metabolite co-occurrence and relationships between chemical features and microbial taxa. The identification of highly connected metabolites may help prioritise compounds that are potentially important in community-level interactions (Shaffer et al., 2022). In addition, the study of cross-feeding relationships can reveal metabolites that support microbial growth or establish nutritional dependencies between neighbouring populations (Culp & Goodman, 2023).

Another important consideration is the influence of the broader metabolic environment on compound activity. Since metabolite effects may depend on the chemical composition of the surrounding community, natural-product discovery should consider the possibility that a compound may behave differently across microbial systems. This context-dependent behaviour highlights the need for combining individual-compound evaluation with studies of relevant metabolite combinations and microbial communities (Yu et al., 2022; Chevrette et al., 2022).

Overall, integrating metabolite interaction studies into natural-product discovery can help reduce dependence on conventional activity-based screening and improve understanding of the biological significance of microbial compounds. The combined use of co-cultivation, metabolomics, molecular networking and controlled biological assays offers a promising strategy for identifying metabolites with ecological relevance and potential practical

applications. Future research should place greater emphasis on experimentally validating predicted interactions, identifying the chemical mediators involved and determining how metabolite combinations influence microbial community functions.

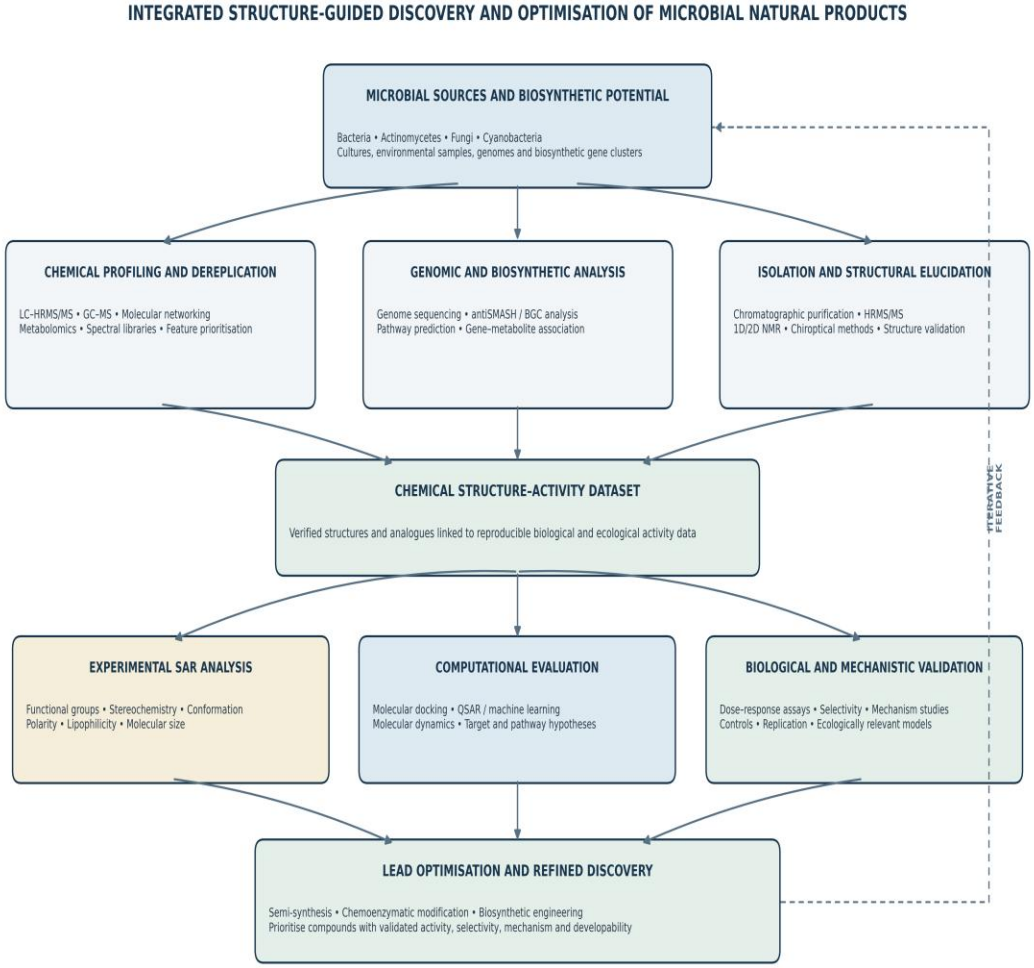


Figure 1. Integrated Structure-Guided Discovery and Optimisation of Microbial Natural Products

STRUCTURE–ACTIVITY RELATIONSHIPS AND ADVANCED APPROACHES TO MICROBIAL NATURAL PRODUCT DISCOVERY

5.1. Fundamentals of Structure–Activity Relationships

Structure–activity relationship (SAR) describes the relationship between the chemical structure of a compound and its biological activity. In microbial natural product research, SAR investigations seek to establish how differences in molecular architecture influence the potency, selectivity, stability and biological behaviour of specialised metabolites. This approach is particularly important because microbial natural products often possess complex chemical structures containing several functional groups, multiple stereogenic centres, macrocyclic arrangements and unusual structural modifications. These features contribute to their biological activities but can also complicate chemical modification and pharmacological evaluation (Ancajas et al., 2024).

A conventional SAR investigation involves comparing the biological activities of structurally related compounds or deliberately prepared derivatives. Changes in activity are then associated with specific structural modifications,

such as the removal of a functional group, alteration of a substituent, modification of a side chain or change in stereochemistry. For example, if the modification of a hydroxyl group reduces antimicrobial potency, the group may contribute to molecular recognition, hydrogen bonding or another interaction required for biological activity. However, such conclusions require experimental confirmation because structural modifications can also alter solubility, stability, permeability and other molecular properties.

Quantitative structure–activity relationships (QSAR) extend this concept by using mathematical and statistical models to relate molecular descriptors to measured biological responses. Descriptors may include molecular weight, hydrophobicity, polar surface area, hydrogen-bond donors and acceptors, electronic properties, molecular connectivity and three-dimensional characteristics. QSAR models can assist in predicting the activity of untested compounds and prioritising promising analogues. Nevertheless, the reliability of these predictions depends on the quality, consistency and chemical diversity of the experimental data used to develop the models (Ancajas et al., 2024).

5.2. Chemical and Structural Diversity of Microbial Natural Products

Microbial natural products exhibit considerable structural diversity arising from different biosynthetic pathways and enzymatic transformations. Major classes include polyketides, non-ribosomal peptides, ribosomally synthesised and post-translationally modified peptides (RiPPs), terpenoids, alkaloids, glycosides, fatty-acid-derived compounds and hybrid polyketide–peptide metabolites. These classes differ in their fundamental structural frameworks, biosynthetic origins, functional groups and potential biological activities (Cano-Prieto et al., 2024; Wang et al., 2025).

Polyketides are generally produced through the sequential condensation of acyl building blocks by polyketide synthases. Their structures may contain aromatic rings, hydroxyl groups, carbonyl groups, methyl substituents and complex macrocyclic systems. These structural features contribute to their chemical reactivity and interactions with biological targets. Non-ribosomal peptides, by contrast, are assembled by non-ribosomal peptide synthetases and may incorporate both proteinogenic and non-proteinogenic amino acids. Their structural diversity may arise from unusual amino-acid residues, N-methylation, cyclisation and other modifications that influence molecular stability and target recognition.

RiPPs are initially synthesised as precursor peptides and subsequently modified by enzymes to generate structurally diverse products. Their modifications may include dehydration, cyclisation, cross-linking and the introduction of unusual amino-acid structures. Terpenoids are assembled from isoprenoid building blocks and may possess linear, cyclic or polycyclic carbon frameworks, while microbial alkaloids contain nitrogen atoms within their molecular structures. Hybrid metabolites combine features of different biosynthetic classes and may exhibit chemical properties that cannot be explained by a single structural category.

The structural diversity of microbial natural products provides an important foundation for identifying compounds with different biological targets and mechanisms of action. Genome-mining approaches have further demonstrated that microbial genomes contain numerous biosynthetic gene clusters associated with compounds that remain chemically uncharacterised. Therefore, the integration of structural information with biosynthetic predictions can facilitate the identification of new molecular scaffolds and related natural product analogues (Blin et al., 2023; Zhang et al., 2025).

5.3. Influence of Functional Groups and Molecular Configuration on Biological Activity

Functional groups are important determinants of the chemical and biological behaviour of microbial natural products. Hydroxyl, carbonyl, carboxyl, amino, amide, ester, ether, sulfhydryl and other functional groups can influence hydrogen bonding, electrostatic interactions, polarity, chemical stability and molecular recognition.

Their arrangement within a molecule may determine how effectively a compound interacts with enzymes, receptors, membrane components or other biological targets.

Hydroxyl and amino groups, for instance, may participate in hydrogen bonding with amino-acid residues in a target protein. Carbonyl and carboxyl groups can contribute to hydrogen-bond acceptance and electrostatic interactions, while aromatic systems may participate in hydrophobic and π-associated interactions. Sulfur-containing functional groups can also contribute to biological activity through specific redox or covalent interactions, depending on the molecular environment. The contribution of any particular group, however, must be established experimentally rather than inferred solely from its chemical identity.

Molecular configuration is equally important because the three-dimensional arrangement of atoms determines the spatial presentation of functional groups. Two compounds with the same molecular formula and connectivity may differ in biological activity when their configurations differ. Such differences can influence molecular recognition, target affinity and interaction with biological membranes. In complex microbial metabolites, variations in stereochemistry, ring size, side-chain arrangement and molecular conformation may therefore produce substantial differences in biological response (Ancajas et al., 2024; Lewis et al., 2024).

Consequently, SAR studies should consider both the presence of individual functional groups and their spatial arrangement. Combining spectroscopic characterisation with controlled chemical modification and biological assays provides a more reliable basis for identifying the structural features responsible for activity.

5.4. Stereochemistry, Polarity and Molecular Properties

Stereochemistry describes the three-dimensional arrangement of atoms within molecules and is particularly important in natural product chemistry because biological systems are inherently stereoselective. Enzymes, receptors, transport proteins and membrane-associated targets possess specific molecular environments that may preferentially recognise one stereoisomer over another. Differences in absolute configuration can therefore influence binding orientation, biological potency, selectivity and metabolic stability.

Microbial natural products frequently contain multiple stereogenic centres, making their complete structural elucidation essential for meaningful SAR interpretation. Determining the relative and absolute configurations of these centres may require a combination of nuclear magnetic resonance (NMR), chiroptical spectroscopy, X-ray crystallography, chiral chromatography and computational methods. Structural assignments based only on molecular formula or routine mass spectrometry may be insufficient to distinguish stereoisomers (Huang et al., 2024; Kudo, 2026).

Polarity and other physicochemical properties also influence the biological behaviour of microbial metabolites. Molecular polarity affects aqueous solubility and interactions with biological membranes, while lipophilicity influences partitioning between aqueous and lipid environments. Molecular size, flexibility, ionisation state and hydrogen-bonding capacity may further affect membrane permeability, target accessibility and distribution within biological systems. A highly polar metabolite may interact strongly with a soluble protein target but show limited passive diffusion across certain biological membranes. Conversely, excessive lipophilicity may reduce aqueous solubility or increase nonspecific interactions.

These properties demonstrate that biological activity cannot be attributed exclusively to the strength of molecular binding. A compound may display favourable interactions with a purified target but perform poorly in whole-cell experiments because of limited permeability, instability, efflux or other cellular barriers. Accordingly, SAR investigations should integrate stereochemical and physicochemical characterisation with appropriate biological assays (Ancajas et al., 2024).

5.5. Relationship between Molecular Structure and Mechanism of Action

The mechanism of action of a microbial natural product describes how the compound produces its biological effect through interactions with particular molecular targets or cellular processes. Understanding this relationship is essential for distinguishing compounds that exhibit similar antimicrobial activities through different mechanisms. Molecular structure can influence target recognition, binding orientation, chemical reactivity and the ability of a compound to interfere with specific biological functions.

For example, some microbial natural products inhibit bacterial cell-wall biosynthesis by interacting with precursors or enzymes involved in peptidoglycan formation. Other compounds interfere with protein synthesis through interactions with bacterial ribosomal subunits, while certain antibiotics inhibit nucleic-acid synthesis by targeting enzymes involved in DNA replication or RNA transcription. Membrane-active metabolites may disrupt membrane organisation, alter permeability or interfere with essential membrane functions. These different mechanisms demonstrate how distinct structural frameworks support different biological modes of action (Lewis et al., 2024).

The relationship between molecular structure and mechanism can be investigated through biochemical assays, target-binding studies, resistant-mutant analysis, gene-expression profiling, proteomics and structural biology. Molecular docking may provide hypotheses about how a metabolite occupies a target-binding site, while molecular dynamics simulations may offer information about the stability and flexibility of the predicted complex. However, computational predictions alone do not establish a confirmed mechanism. They should be supported by biochemical, microbiological or cellular experiments.

Mechanistic studies are particularly valuable when evaluating microbial metabolites with similar levels of antimicrobial activity. Two compounds may produce comparable inhibition zones or minimum inhibitory concentrations while acting on entirely different targets. Establishing their mechanisms therefore improves SAR interpretation and may help identify compounds with novel biological activities or alternative approaches to overcoming existing resistance mechanisms (Zhang, C., et al., 2025; Lewis et al., 2024).

5.6. Structural Modification and Optimisation of Bioactive Metabolites

The identification of a biologically active microbial natural product does not necessarily mean that the compound possesses all the properties required for practical application. Some natural products may exhibit limited solubility, instability, toxicity, poor membrane permeability or inadequate selectivity. Structural modification provides an opportunity to improve these properties while retaining or enhancing the desired biological activity.

Chemical modification may involve semi-synthesis, total synthesis, late-stage functionalisation or the preparation of selected analogues. Semi-synthesis uses a naturally produced compound as a starting material for further chemical modification, whereas total synthesis constructs the molecule through a sequence of chemical reactions. Late-stage functionalisation enables selected groups to be modified at relatively advanced stages of synthesis, potentially reducing the number of steps required to produce analogues. These approaches allow researchers to investigate the contribution of individual structural features to biological activity (Ancajas et al., 2024).

Chemoenzymatic approaches provide another strategy for modifying microbial natural products. These approaches combine chemical synthesis with the catalytic selectivity of enzymes to introduce structural changes that may be difficult to achieve through conventional chemical reactions. Biosynthetic engineering can also modify the genes or enzymes responsible for metabolite production, resulting in new analogues with altered structural features. Comparative analysis of related biosynthetic gene clusters may reveal natural variations that can guide the selection of promising derivatives.

Importantly, structural optimisation should evaluate more than antimicrobial potency. Relevant parameters include activity against the intended organism, selectivity over non-target cells, chemical stability, solubility, toxicity and, where applicable, pharmacokinetic properties. The overall objective is to identify analogues with improved biological performance and suitable physicochemical characteristics rather than merely producing compounds with stronger activity in a single screening assay.

5.7. Role of Spectroscopic and Analytical Techniques in Structural Elucidation

Accurate structural elucidation is essential for investigating SAR because the biological effects of a natural product cannot be reliably interpreted without knowing its chemical identity. Microbial extracts frequently contain complex mixtures of metabolites, including compounds with similar molecular masses, related fragmentation patterns and closely related chemical structures. Consequently, structural characterisation requires the integration of chromatographic, spectrometric and spectroscopic methods.

Liquid chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry (LC-HRMS) is widely used for metabolite profiling, accurate mass determination and preliminary molecular formula assignment. Tandem mass spectrometry (MS/MS) provides fragmentation information that can reveal structural subunits and characteristic chemical losses. Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) is particularly useful for volatile and thermally stable compounds, while liquid chromatography–mass spectrometry is applicable to a broader range of non-volatile and thermally labile metabolites.

Nuclear magnetic resonance spectroscopy remains central to detailed structural elucidation. One-dimensional techniques, including proton (^{1}H) and carbon-13 (^{13}C) NMR, provide information about hydrogen and carbon environments. Two-dimensional methods such as COSY, HSQC, HMBC and NOESY or ROESY help establish proton–proton connectivity, proton–carbon correlations, long-range relationships and spatial proximity. These data are particularly important for resolving complex molecular frameworks and distinguishing compounds with similar mass spectra (Huang et al., 2024).

Other methods may be required when determining absolute configuration or resolving stereochemical uncertainties. Electronic circular dichroism (ECD), vibrational circular dichroism (VCD), optical rotation, chiral chromatography and X-ray crystallography can provide complementary information. Computational prediction of NMR chemical shifts and chiroptical properties may also help evaluate proposed structures. However, these approaches should be interpreted alongside experimental evidence, particularly when several structural assignments remain plausible (Kudo, 2026).

Table 4. Major analytical techniques and their contributions to microbial natural product characterisation

Analytical technique	Principal information obtained	Relevance to SAR studies
LC-HRMS	Accurate mass and preliminary molecular formula	Supports metabolite identification and molecular comparison
MS/MS	Fragmentation patterns and structural subunits	Helps identify related compounds and structural modifications
GC-MS	Volatile compound profiles and mass spectra	Supports characterisation of volatile microbial metabolites
^1H and ^13C NMR	Hydrogen and carbon chemical environments	Provides fundamental structural information
2D NMR (COSY, HSQC, HMBC)	Molecular connectivity and proton–carbon correlations	Establishes molecular frameworks and substitution patterns
ECD and VCD	Chiroptical information	Supports determination of stereochemical configuration
X-ray crystallography	Three-dimensional atomic arrangement	Provides detailed structural and stereochemical confirmation
Chiral chromatography	Separation of enantiomers and related stereoisomers	Supports stereochemical comparison and purity assessment

Source: Adapted from Huang et al. (2024), Ancajas et al. (2024), and Kudo (2026).

5.8. Metabolomics, Molecular Networking and Genome Mining

Metabolomics provides a systematic approach for investigating the chemical composition of microbial cultures, extracts and biological samples. Unlike conventional screening, which may focus on a limited number of known compounds or biological activities, untargeted metabolomics enables the detection and comparison of numerous chemical features within complex samples. This approach can reveal differences in metabolite production associated with microbial strains, environmental conditions, cultivation strategies and biological interactions.

High-resolution mass spectrometry combined with molecular networking has become important for organising large metabolomics datasets. The Global Natural Products Social Molecular Networking (GNPS) platform enables researchers to compare tandem mass spectra and group structurally related molecular features into networks. In these networks, nodes represent individual mass spectra, while connections indicate degrees of spectral similarity. The resulting patterns can support dereplication, identification of related compounds and prioritisation of potentially novel metabolites (Wang et al., 2016).

Genome mining complements metabolomics by identifying biosynthetic gene clusters associated with specialised metabolite production. These clusters contain genes encoding biosynthetic enzymes, tailoring enzymes, transporters and regulatory proteins. Tools such as antiSMASH can identify and analyse biosynthetic gene clusters associated with polyketides, non-ribosomal peptides, RiPPs and other specialised metabolite classes. The updated antiSMASH 7 platform expanded the number of supported cluster types and improved predictions relating to chemical structures and pathway regulation (Blin et al., 2023).

Combining metabolomic and genomic information is especially important because the presence of a biosynthetic gene cluster does not necessarily establish that its predicted metabolite is produced under the conditions investigated. Genome mining identifies biosynthetic potential, whereas metabolomics provides evidence of actual chemical production. Their integration can therefore help connect gene clusters with observed metabolites and

guide targeted isolation. Recent advances in sequencing, high-resolution mass spectrometry and multi-omics integration have strengthened this approach to microbial natural product discovery (Cano-Prieto et al., 2024; Wang et al., 2025).

5.9. Application of Computational Chemistry, Molecular Docking and QSAR

Computational chemistry provides additional approaches for investigating the molecular properties, structural characteristics and potential biological activities of microbial natural products. These methods are particularly useful when experimental isolation is difficult, compound quantities are limited or several related structures require prioritisation. Computational approaches can generate testable hypotheses about molecular interactions and support the selection of compounds for subsequent experimental evaluation.

Molecular docking predicts the possible orientation and interactions of a small molecule within the binding site of a biological target. It can help identify potential hydrogen bonds, hydrophobic contacts, electrostatic interactions and other non-covalent interactions that may contribute to molecular recognition. In microbial natural product research, docking has been applied to investigate possible interactions between natural products and enzymes, receptors and other biological targets. Nevertheless, docking scores are approximate ranking measures rather than direct measurements of binding affinity or biological potency. Predicted interactions require confirmation through biochemical or cellular experiments (Zhang, C., et al., 2025).

Molecular dynamics simulations provide a complementary approach by examining the time-dependent behaviour of molecular systems. They can be used to investigate the conformational flexibility of natural products, the stability of predicted protein–ligand complexes and the influence of solvent and molecular motion. Quantum chemical methods, including density functional theory (DFT), may provide information on electronic structure, charge distribution, molecular orbitals and potential reactive sites. These approaches may help explain certain chemical properties and support the interpretation of structure-related biological effects.

QSAR and machine-learning approaches use molecular descriptors and experimental activity data to construct mathematical models capable of predicting biological responses. These models can identify relationships between molecular features and activity patterns and may help prioritise compounds for experimental testing. More advanced approaches also attempt to connect biosynthetic gene information with predicted product structures and activity. Recent research has highlighted the potential of combining structure prediction, bioactivity prediction and genome-guided discovery in the identification of microbial natural products (Ancajas et al., 2024; Zhang, Y., et al., 2025).

However, computational models require careful validation. The quality of predictions depends on the reliability of the chemical structures, the consistency of biological assay data, the size and diversity of training datasets and the applicability of the model to the compounds being investigated. Consequently, computational methods should complement rather than replace analytical characterisation and experimental biological testing.

5.10. Challenges and Emerging Opportunities in Structure-Guided Natural Product Discovery

Despite advances in analytical chemistry, genomics and computational modelling, several challenges continue to limit structure-guided microbial natural product discovery. One important challenge is the structural complexity of many microbial metabolites, which may contain multiple stereogenic centres, unusual functional groups, macrocycles and complex molecular arrangements. Their complete characterisation may require considerable quantities of purified compounds and the combination of several analytical methods. In some cases, low metabolite yields, chemical instability and the presence of closely related analogues complicate isolation and structural confirmation.

Another challenge is linking predicted chemical structures to biological activities with sufficient experimental evidence. Genome mining may identify a promising biosynthetic gene cluster without establishing the structure or activity of its product. Similarly, molecular networking may identify clusters of related mass spectra without providing complete structural assignments. Computational docking and QSAR predictions can also produce misleading results when structures, target models or activity datasets are incomplete. These limitations emphasise the need for independent validation at each stage of discovery (Ancajas et al., 2024; Wang et al., 2025).

Emerging opportunities lie in the integration of multiple technologies. Combining genome mining, metabolomics, molecular networking, NMR spectroscopy and computational chemistry can improve the prioritisation of microbial strains and metabolites for investigation. Biosynthetic engineering and chemoenzymatic modification may generate new structural analogues, while machine learning can help identify patterns linking chemical features, biosynthetic genes and biological activity. In addition, approaches that incorporate microbial interactions and ecological conditions may reveal compounds that are not produced during conventional monoculture cultivation (Zhang, Y., et al., 2025).

Future research should therefore move towards integrated discovery strategies that connect biosynthetic potential, metabolite production, molecular structure, biological activity and mechanism of action. Such approaches would provide a stronger foundation for identifying microbial natural products with novel chemical scaffolds, improved selectivity and useful biological properties. Ultimately, the combination of experimental and computational methods offers a more systematic route towards understanding and optimising microbial natural products.

Figure 4. Integrated structure-guided discovery and optimisation of microbial natural products

The figure illustrates a multidisciplinary workflow connecting microbial sources and biosynthetic potential with chemical profiling, genomic analysis and structural elucidation. The resulting chemical structure–activity dataset supports experimental SAR analysis, computational evaluation and biological validation. These complementary approaches guide the optimisation of promising metabolites through semi-synthesis, chemoenzymatic modification and biosynthetic engineering. The feedback pathway indicates that results from optimisation can inform subsequent discovery and prioritisation.

CONCLUSION

Bez, C., Abiead, Y. E., & Caraballo-Rodríguez, A. M. (2026). From Molecules to Metabolomes, Understanding Symbiosis through Small Molecules. Journal of Natural Products, 89(4), 1103–1116. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5c01360

Chevrette, M. G., Thomas, C. S., Hurley, A., Rosario-Meléndez, N., Sankaran, K., Tu, Y., Hall, A., Magesh, S., & Handelsman, J. (2022). Microbiome composition modulates secondary metabolism in a multispecies bacterial community. Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(42). https://doi.org/10.1073/pnas.2212930119

Culp, E. J., & Goodman, A. L. (2023). Cross-feeding in the gut microbiome: Ecology and mechanisms. Cell Host & Microbe, 31(4), 485–499. https://doi.org/10.1016/j.chom.2023.03.016

Ruan, Z., Tan, J., Feng, Q., Yang, K., Li, D., Chao, Y., Wang, P., Ni, Z., Chen, J., & Qiu, R. (2025). Potentiators empower synthetic microbiomes as silent guardians against co-contamination. Nature Communications, 17(1), 1185. https://doi.org/10.1038/s41467-025-67953-5

Selegato, D. M., & Castro-Gamboa, I. (2023). Enhancing chemical and biological diversity by co-cultivation. Frontiers in Microbiology, 14, 1117559. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1117559

Shaffer, J. P., Nothias, L., Thompson, L., Sanders, J. G., Salido, R. A., Couvillion, S., Brejnrod, A., Lejzerowicz, F., Haiminen, N., Huang, S., Lutz, H. L., Zhu, Q., Martino, C., Morton, J. T., Karthikeyan, S., Nothias-Esposito, M., Dührkop, K., Böcker, S., Kim, H. W., … Zhang, S. (2022). Standardized multi-omics of Earth's microbiomes reveals microbial and metabolite diversity. Nature Microbiology, 7(12), 2128–2150. https://doi.org/10.1038/s41564-022-01266-x

Yu, J., Correia-Melo, C., Zorrilla, F., Herrera-Domínguez, L., Wu, M., Hartl, J., Campbell, K., Blasche, S., Kreidl, M., Egger, A.-S., Messner, C. B., Demichev, V. P., Freiwald, A., Mülleder, M., Howell, M. T., Berman, J. G., Patil, K. R., Alam, M. T., & Ralser, M. (2022). Microbial communities form rich extracellular metabolomes that foster metabolic interactions and promote drug tolerance. Nature Microbiology, 7(4), 542–555. https://doi.org/10.1038/s41564-022-01072-5

Buijs, Y., Zhang, S., Jørgensen, K. M., Isbrandt, T., Larsen, T. O., & Gram, L. (2021). Enhancement of antibiotic production by co-cultivation of two antibiotic producing marine Vibrionaceae strains. FEMS Microbiology Ecology, 97(4). https://doi.org/10.1093/femsec/fiab041

Chevrette, M. G., & Handelsman, J. (2021). Needles in haystacks: reevaluating old paradigms for the discovery of bacterial secondary metabolites. Natural Product Reports, 38(11), 2083–2099. https://doi.org/10.1039/d1np00044f

Chigozie, V. U., & Esimone, C. O. (2026). Bacterial secondary metabolites as resistance-modifying adjuvants: microbial origins, molecular mechanisms, and translational relevance. Frontiers in Microbiology, 17, 1779022. https://doi.org/10.3389/fmicb.2026.1779022

Covington, B. C., Xu, F. Y., & Seyedsayamdost, M. R. (2021). A Natural Product Chemist's Guide to Unlocking Silent Biosynthetic Gene Clusters. Annual Review of Biochemistry, 90(1), 763–788. https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-081420-102432

Freeman, E. C. (2026). Rare molecules as community architects. Trends in Ecology & Evolution, 41(9), 800–803. https://doi.org/10.1016/j.tree.2026.07.001

Junkins, E. N., McWhirter, J. B., McCall, L., & Stevenson, B. S. (2022). Environmental structure impacts microbial composition and secondary metabolism. ISME Communications, 2(1), 15. https://doi.org/10.1038/s43705-022-00097-5

Krespach, M. K. C., Stroe, M. C., Netzker, T., Rosin, M., Zehner, L. M., Komor, A. J., Beilmann, J., Krüger, T., Scherlach, K., Kniemeyer, O., Schroeckh, V., Hertweck, C., & Brakhage, A. A. (2023). Streptomyces polyketides mediate bacteria–fungi interactions across soil environments. Nature Microbiology, 8(7), 1348–1361. https://doi.org/10.1038/s41564-023-01382-2

Chase, A. B., Bogdanov, A., Demko, A. M., & Jensen, P. R. (2023). Biogeographic patterns of biosynthetic potential and specialized metabolites in marine sediments. The ISME Journal, 17(7), 976–983. https://doi.org/10.1038/s41396-023-01410-3

Han, J.-R., Li, S., Li, W., & Dong, L. (2024). Mining microbial and metabolic dark matter in extreme environments: a roadmap for harnessing the power of multi-omics data. Advanced Biotechnology, 2(3), 26. https://doi.org/10.1007/s44307-024-00034-8

Ngamcharungchit, C., Chaimusik, N., Panbangred, W., Euanorasetr, J., & Intra, B. (2023). Bioactive Metabolites from Terrestrial and Marine Actinomycetes. Molecules, 28(15), 5915. https://doi.org/10.3390/molecules28155915

Scherlach, K., & Hertweck, C. (2021). Mining and unearthing hidden biosynthetic potential. Nature Communications, 12(1), 3864. https://doi.org/10.1038/s41467-021-24133-5

Schniete, J. K., & Fernández-Martínez, L. T. (2024). Natural product discovery in soil actinomycetes: unlocking their potential within an ecological context. Current Opinion in Microbiology, 79, 102487. https://doi.org/10.1016/j.mib.2024.102487

Selegato, D. M., & Castro-Gamboa, I. (2023). Enhancing chemical and biological diversity by co-cultivation. Frontiers in Microbiology, 14, 1117559. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1117559

Thukral, M., Allen, A. E., & Petras, D. (2023). Progress and challenges in exploring aquatic microbial communities using non-targeted metabolomics. The ISME Journal, 17(12), 2147–2159. https://doi.org/10.1038/s41396-023-01532-8

Selegato, D. M., & Castro-Gamboa, I. (2023). Enhancing chemical and biological diversity by co-cultivation. Frontiers in Microbiology, 14, 1117559. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1117559

Zhang, Y., Gallant, É., Park, J., & Seyedsayamdost, M. R. (2022). The Small-Molecule Language of Dynamic Microbial Interactions. Annual Review of Microbiology, 76(1), 641–660. https://doi.org/10.1146/annurev-micro-042722-091052

PERSISTENT BIOLOGICAL MISCONCEPTIONS AMONG NIGERIAN SECONDARY SCHOOL STUDENTS: INSTRUCTIONAL CAUSES, CONCEPTUAL BARRIERS, AND EVIDENCE-BASED REMEDIATION

Adekiya oluwaseun Esther[1] and Rufai Ibrahim Danyaro[2]

Department of Biology, Federal College of Education, Odugbo[1]

Department of Biological Sciences, Federal University Wukari[2]

Corresponding author; adekiyaoluwaseun18@gmail.com

Abstract

Persistent biological misconceptions among Nigerian secondary school students pose a significant challenge to meaningful learning, scientific reasoning, and the effective application of biological knowledge. Despite formal instruction, students may retain scientifically inaccurate explanations of biological phenomena, particularly when teaching emphasises memorisation over conceptual understanding. This review examines the major categories of persistent biological misconceptions, their instructional and conceptual origins, and evidence-informed strategies for remediation within the Nigerian secondary school context. It considers misconceptions relating to cell biology, genetics, evolution, human physiology, ecology, photosynthesis, and reproduction, highlighting the roles of prior knowledge, teacher-centred pedagogy, language barriers, inadequate practical resources, examination-oriented learning, and limited opportunities for scientific inquiry. The review further discusses instructional approaches that can support conceptual reconstruction, including diagnostic assessment, conceptual-change teaching, Predict–Observe–Explain activities, guided practical investigations, visual models, digital simulations, contextualised instruction, and formative feedback. An integrated six-stage remediation framework is proposed to connect misconception identification and analysis with targeted intervention, conceptual reconstruction, application, and continuous evaluation. The review underscores the importance of sustained teacher professional development, context-sensitive learning resources, and assessment practices that evaluate students' reasoning rather than factual recall alone. It concludes that addressing persistent misconceptions requires coordinated, evidence-informed action by teachers, schools, teacher-education institutions, and education policymakers. Further empirical research across Nigeria's geopolitical zones is needed to establish the prevalence of specific misconceptions and evaluate the effectiveness and sustainability of remediation strategies in diverse school settings.

Keywords: Biological misconceptions; secondary school students; biology education; conceptual change; Nigeria.

1. Introduction

Biology is a fundamental science that enables students to understand living organisms, heredity, evolution, ecological relationships, and the biological processes that sustain life. In Nigerian secondary schools, effective biology education is essential for developing scientific literacy, critical thinking, and informed decision-making about health, agriculture, biodiversity, and environmental sustainability. However, meaningful learning is frequently undermined by persistent biological misconceptions, which occur when learners develop explanations that conflict with accepted scientific knowledge. These misconceptions may arise from everyday experiences, cultural beliefs, prior learning, or inadequate instructional practices. Rather than disappearing through conventional classroom teaching, they may become firmly established and interfere with students' ability to understand more complex biological concepts (Stern et al., 2022; Machová & Ehler, 2021).

Among the areas associated with conceptual difficulties are genetics, heredity, natural selection, and gene expression. Students may incorrectly assume that a single gene determines every inherited characteristic, misunderstand how genetic information influences phenotypic expression, or interpret inheritance as a completely deterministic process. Such misunderstandings can obstruct the development of coherent scientific explanations and limit students' ability to apply biological knowledge to unfamiliar situations (Zudaire et al., 2024; Focant et al., 2025). Evidence from Nigerian secondary-school research further indicates substantial difficulties in genetics education, with many learners demonstrating misconceptions or inadequate conceptual understanding (Ojo, 2023, 2024). These findings suggest that persistent misconceptions constitute an important educational challenge requiring systematic investigation.

The persistence of these misconceptions cannot be attributed solely to students' individual abilities. Instructional approaches that emphasize memorization, simplified explanations, and examination-oriented learning may prevent learners from examining their existing beliefs critically. Similarly, teaching materials that present biological concepts without sufficient illustrations, practical demonstrations, or connections to everyday experiences may reinforce fragmented understanding. Inadequate laboratory resources, limited access to digital learning technologies, and difficulties in explaining abstract biological processes may further constrain opportunities for meaningful conceptual development (Ojo, 2024). Consequently, students may reproduce textbook definitions successfully while remaining unable to explain the underlying biological mechanisms accurately.

Addressing these challenges requires a shift from conventional information transmission towards evidence-based instructional strategies that identify and challenge learners' existing conceptions. Conceptual-change approaches, diagnostic assessments, interactive visualizations, inquiry-based learning, collaborative discussions, and context-based examples can help students compare their prior explanations with scientifically supported evidence. Importantly, misconceptions should be diagnosed before remediation because learners may express similar incorrect answers for different reasons. Explicitly addressing misunderstandings about gene–trait relationships and inheritance patterns is particularly important for developing accurate and transferable biological knowledge (Machová & Ehler, 2021; Zudaire et al., 2024).

Against this background, this paper examines persistent biological misconceptions among Nigerian secondary-school students, focusing on their characteristic forms, instructional causes, underlying conceptual barriers, and evidence-based remediation strategies. By integrating insights from biology education research with the Nigerian secondary-school context, the discussion seeks to identify practical approaches for improving conceptual understanding, strengthening instructional effectiveness, and promoting meaningful biological learning.

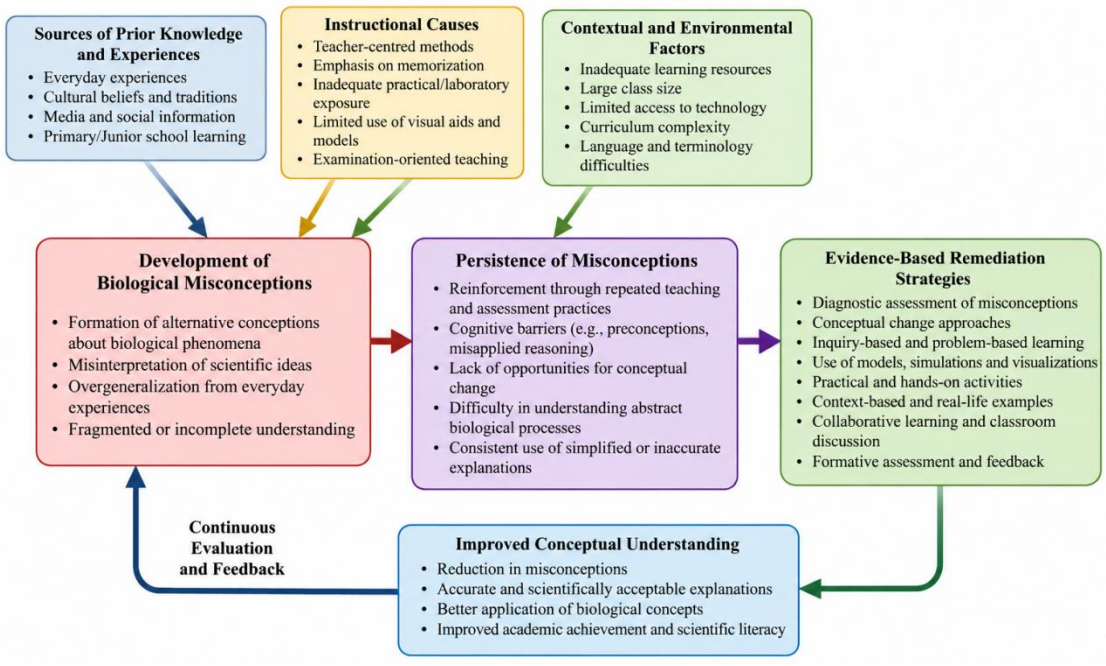


Figure 1: Conceptual Framework for the Development, Persistence, and Remediation of Biological Misconceptions among Nigerian Secondary School Students.

Figure 1 illustrates the conceptual framework for the development, persistence, and remediation of biological misconceptions among Nigerian secondary school students. It shows how prior knowledge, everyday experiences, instructional practices, and contextual factors contribute to the formation of misconceptions, which may persist through ineffective teaching methods, cognitive barriers, and inadequate opportunities for conceptual change. The framework highlights evidence-based remediation strategies, including diagnostic assessment, inquiry-based learning, practical activities, visual models, and formative feedback, as essential approaches to improving students' conceptual understanding, reducing misconceptions, and enhancing academic achievement and scientific literacy through continuous evaluation and feedback.

2. Method of the Review

a) 2.1. Review Design and Rationale

This study adopted a narrative literature review approach to examine persistent biological misconceptions among Nigerian secondary school students, with particular emphasis on their major categories, instructional causes, conceptual barriers, and evidence-informed remediation strategies. The approach was selected to enable a thematic synthesis of relevant literature in biology education, science learning, conceptual change, and instructional practice. Rather than focusing exclusively on the frequency of misconceptions, the review considered how students develop and retain scientifically inaccurate explanations and how teaching practices and learning environments may influence conceptual understanding. Particular attention was given to the relevance of existing research to Nigerian secondary school education.

b) 2.2. Literature Search Strategy and Information Sources

Relevant literature was identified through searches of academic databases and scholarly information sources relevant to biology education and science learning. Potential sources included Google Scholar, ERIC, Scopus, Web of Science, and relevant academic journal websites, subject to availability and access. The search focused

on peer-reviewed journal articles, review papers, and other scholarly publications addressing biological misconceptions, conceptual understanding, science teaching, and instructional remediation. Studies concerning secondary school students were prioritised, while selected studies involving primary school learners, university students, and pre-service teachers were considered where they provided useful theoretical or instructional insights relevant to the review objectives.

c) 2.3. Search Terms and Search Combinations

The literature search was guided by combinations of keywords and related terms, including "biological misconceptions," "biology education," "secondary school students," "alternative conceptions," "conceptual understanding," "conceptual change," "genetics misconceptions," "evolution misconceptions," "photosynthesis misconceptions," "science teaching strategies," "diagnostic assessment," and "inquiry-based learning." To establish the Nigerian context, these terms were combined, where appropriate, with "Nigeria," "Nigerian secondary schools," and "biology teachers." Boolean operators such as AND and OR were used where supported by the search platform to combine related concepts and refine results. Search terms were adjusted to accommodate differences in database indexing and terminology.

d) 2.4. Inclusion and Exclusion Criteria

Literature was considered relevant when it addressed one or more of the review's principal themes: the nature of biological misconceptions, factors associated with their development or persistence, barriers to conceptual understanding, or strategies for identifying and correcting misconceptions. Studies examining genetics, evolution, cell biology, human physiology, ecology, photosynthesis, reproduction, and other challenging biological topics were considered. Research relating to Nigerian secondary school education received particular attention. International studies were included when they provided relevant theoretical explanations, evidence about student learning, or instructional approaches potentially applicable to the Nigerian context.

Publications with a clear relationship to the review objectives were prioritised. Sources that did not address biological learning, misconceptions, science instruction, or relevant conceptual-change processes were excluded from the thematic synthesis. Where studies involved educational levels other than secondary school, their relevance was assessed in relation to the concepts or instructional principles discussed. The final selection was intended to support a balanced discussion of both the educational challenges and potential remediation strategies.

e) 2.5. Study Screening and Selection Process

The literature selection process involved assessing search results for relevance to the review objectives, followed by closer examination of potentially useful publications. Titles and abstracts were considered to determine whether the publications addressed biological misconceptions, conceptual barriers, instructional practices, or remediation. Publications judged relevant at this stage were examined in greater detail to establish their contribution to the review. Particular consideration was given to the educational context, biological topics investigated, nature of the reported misconceptions, and implications for teaching and learning.

The review did not seek to estimate the national prevalence of biological misconceptions. Instead, it aimed to synthesise relevant explanations and instructional implications. Accordingly, claims about the prevalence of specific misconceptions among Nigerian students were treated cautiously and linked to Nigerian empirical evidence where available.

f) 2.6. Data Extraction and Classification of Biological Misconceptions

Information from the selected literature was organised according to the review's objectives. Key information included the biological topic investigated, the misconception or conceptual difficulty described, possible contributing factors, the instructional context, the approaches used to investigate student understanding, and the

remediation strategies discussed or evaluated. The misconceptions were grouped thematically into major areas of biology, including cell biology, genetics and heredity, evolution, human anatomy and physiology, ecology, plant biology and photosynthesis, reproduction, biological classification, and microbiology.

Instructional and contextual factors were classified into related themes, including teacher-centred pedagogy, rote memorisation, teacher knowledge, scientific terminology, students' prior conceptions, limited practical resources, assessment practices, and socioeconomic or cultural influences. Remediation approaches were organised around conceptual-change instruction, diagnostic assessment, inquiry-based learning, Predict–Observe–Explain activities, practical investigations, visual models, digital learning resources, contextualised teaching, and formative feedback.

g) 2.7. Quality Appraisal and Interpretation of Evidence

The literature was interpreted with attention to the relevance of each publication to the review questions, the clarity of its research objectives, the appropriateness of its methods where these were reported, and the extent to which its findings supported the claims discussed. Empirical findings were distinguished from theoretical arguments, pedagogical recommendations, and conceptual interpretations. International evidence was used to illuminate possible learning mechanisms and instructional approaches, but it was not automatically treated as proof of their effectiveness in Nigerian secondary schools.

The review also recognised that differences in student populations, educational systems, biological topics, and assessment instruments may limit direct comparisons across studies. Consequently, findings were synthesised thematically rather than combined statistically. Where the available literature did not establish the prevalence of a misconception or the effectiveness of an intervention within Nigeria, the issue was identified as an area requiring further empirical investigation.

h) 2.8. Data Synthesis and Analytical Framework

A thematic synthesis was used to integrate the literature around three interconnected dimensions: the forms of biological misconceptions, the instructional and conceptual factors associated with their persistence, and the strategies proposed or investigated for remediation. The synthesis examined relationships between students' prior knowledge, the abstract nature of biological processes, instructional practices, learning resources, and assessment. It also considered how these factors may interact to reinforce misconceptions despite formal classroom instruction.

The findings informed the development of a conceptual framework linking the formation and persistence of misconceptions with evidence-informed remediation. The proposed framework integrates six stages: identification of misconceptions, analysis of their underlying causes, engagement with students' existing explanations, conceptual reconstruction, application of revised understanding, and evaluation with reinforcement.

3. Major Categories of Persistent Biological Misconceptions

Biological misconceptions are distributed across several areas of biology, particularly concepts that are abstract, involve processes that cannot be observed directly, or conflict with students' everyday experiences. These misconceptions may result from prior knowledge, incomplete explanations, inappropriate instructional representations, and difficulties connecting related scientific concepts. Research indicates that students frequently retain alternative explanations even after formal instruction, suggesting that memorising scientific definitions does not necessarily produce meaningful conceptual understanding (Stern et al., 2022; Machová & Ehler, 2021).

3.1. Misconceptions in Cell Biology and Cellular Processes

Cell biology presents conceptual challenges because many cellular structures and processes occur at microscopic or molecular levels that students cannot directly observe. Students may confuse cells with tissues, misunderstand

the functions of organelles, or regard cellular respiration as a process occurring exclusively in the lungs rather than within cells. Other difficulties involve understanding diffusion, osmosis, membrane transport, and the relationship between photosynthesis and cellular respiration. Students may also struggle to explain how chemical energy is transferred and utilised during metabolism. Research on biological energy concepts indicates that learners can develop fragmented explanations of energy storage and release, particularly when instructional representations obscure the underlying chemical processes (Kiviluoma, 2021; Uminski et al., 2025). These difficulties demonstrate the importance of integrating microscopy, diagrams, animations, and practical investigations into biology instruction.

3.2. Misconceptions in Genetics, Heredity, and Evolution

Genetics and evolution are particularly challenging because they require students to reason about invisible mechanisms, probabilistic inheritance, and changes occurring across generations. Common misconceptions include the belief that every characteristic is controlled by a single gene, that acquired characteristics are automatically inherited, and that mutations invariably produce harmful effects. Students may also interpret natural selection as a deliberate process through which organisms develop characteristics because they need them to survive. In reality, natural selection acts on heritable variation, while evolutionary changes occur across populations over generations. Research has identified persistent misunderstandings concerning gene–trait relationships, genetic determinism, and inheritance patterns (Zudaire et al., 2024; Focant et al., 2025). Nigerian evidence is particularly concerning: Ojo (2023, 2024) reported substantial difficulties in genetics among senior secondary-school students. These findings highlight the need for explicit conceptual instruction, genetic modelling, pedigree analysis, and carefully structured problem-solving activities.

3.3. Misconceptions in Human Anatomy and Physiology

Human anatomy and physiology involve interconnected systems whose functions depend on coordinated biological processes. Students may misunderstand the roles of the heart, lungs, kidneys, digestive organs, and nervous system. For example, some may believe that arteries always carry oxygenated blood, overlooking the pulmonary artery, or that digestion occurs only in the stomach. Others may confuse breathing with cellular respiration or fail to understand how the circulatory system transports nutrients, gases, and metabolic waste. Such misconceptions may develop when organs are taught independently rather than as components of integrated physiological systems. Anatomical diagrams, laboratory demonstrations, physical models, and case-based activities can help learners connect structural features with physiological functions.

3.4. Misconceptions in Ecology and Environmental Biology

Ecology requires students to understand relationships among organisms and their physical environments. Persistent misconceptions include the assumption that energy cycles continuously through ecosystems in the same way as matter, that decomposers are unimportant, and that predators necessarily reduce ecosystem stability. Students may also interpret food chains as simple linear relationships without recognising the complexity of food webs. Furthermore, environmental problems may be explained through oversimplified cause-and-effect relationships that ignore interactions among biological, chemical, and physical factors. These difficulties can be addressed through field observations, ecological sampling, food-web modelling, and investigations of local ecosystems. Connecting ecological concepts to Nigerian environments, agricultural practices, deforestation, and waste management may also strengthen understanding.

3.5. Misconceptions in Plant Biology and Photosynthesis

Plant biology is frequently misunderstood because students may overlook the metabolic activities of plants that are not directly visible. A common misconception is that plants obtain most of their food directly from soil rather than synthesising organic compounds through photosynthesis. Other students may believe that photosynthesis

occurs only during daylight and that plants do not respire. Such explanations reflect difficulties distinguishing the processes, inputs, and products of photosynthesis and cellular respiration. Students may also struggle to understand the contributions of carbon dioxide, water, light energy, and chlorophyll. Interactive simulations, experiments involving light intensity, and investigations of plant growth can help learners construct more accurate explanations of plant nutrition and energy transformation.

3.6. Misconceptions in Reproduction and Development

Reproduction and development involve complex processes that may be difficult to understand without appropriate visual and practical support. Students may misunderstand fertilisation, embryonic development, menstruation, puberty, and the roles of reproductive hormones. Some may confuse fertilisation with implantation or assume that reproductive development occurs independently of genetic and hormonal regulation. Misconceptions may also arise from cultural sensitivities, inadequate classroom discussion, and reliance on informal information sources. Scientifically accurate diagrams, age-appropriate discussions, models, and structured question-and-answer activities can support understanding while respecting students' developmental needs and cultural contexts.

3.7. Misconceptions in Classification and Biological Diversity

Biological classification requires learners to organise organisms according to shared characteristics and evolutionary relationships. Students may classify organisms primarily by appearance, habitat, or perceived usefulness rather than by scientifically relevant characteristics. They may also confuse classification groups, misunderstand the distinction between vertebrates and invertebrates, or assume that organisms belonging to the same group are identical in all respects. Difficulties interpreting taxonomic hierarchies and evolutionary relationships can further weaken understanding of biodiversity. Specimen examination, classification keys, comparison charts, and local examples of Nigerian flora and fauna can help students develop more systematic classification skills.

3.8. Patterns of Persistence across Biological Topics and Educational Levels

Across biological topics, misconceptions frequently persist when students memorise definitions without understanding the mechanisms underlying them. Difficulties may become more pronounced as learners progress from concrete observations to abstract explanations involving molecular interactions, genetic information, and ecosystem dynamics. Evidence from genetics education indicates that conventional instruction does not always eliminate alternative conceptions, particularly when teaching materials and assessment practices fail to address students' underlying reasoning (Stern et al., 2022; Machová & Ehler, 2021). Nigerian findings concerning genetics further demonstrate the importance of investigating these difficulties within the local educational context (Ojo, 2023, 2024). Nevertheless, misconceptions should not be assumed to occur uniformly across all schools, topics, or educational levels. Their prevalence and persistence require systematic assessment using diagnostic questions, interviews, concept inventories, and formative evaluation. Such evidence can guide targeted remediation, strengthen instructional effectiveness, and promote scientifically accurate understanding across the biology curriculum.

Table 1. Major biological misconceptions, scientifically accepted explanations, possible conceptual origins, and implications for learning

Biological topic	Common misconception	Scientific explanation	Possible conceptual origins	Implications for learning
Cell biology	All cells have the same structure and function.	Cells vary in shape, size, structure, and function according to their roles, although they share fundamental characteristics.	Memorisation of simplified cell diagrams and insufficient comparison of specialised cells.	Students may fail to relate cellular adaptations to tissue, organ, and organismal functions.
Photosynthesis	Plants obtain all their food directly from the soil.	Plants absorb water and mineral nutrients from the soil but synthesise organic substances through photosynthesis, using carbon dioxide, water, light energy, and photosynthetic pigments.	Everyday observations of plants growing in soil, misleading interpretations of fertiliser use, and insufficient experimental demonstrations.	Students may misunderstand plant nutrition, biomass formation, and the cycling of matter in ecosystems.
Photosynthesis	Plants obtain most of their food directly from sunlight.	Sunlight supplies energy for photosynthesis; it is not itself the material from which plant biomass is constructed. Carbon dioxide and water provide the principal raw materials for carbohydrate synthesis.	Confusion between energy sources and matter, alongside oversimplified textbook explanations.	Students may struggle to distinguish energy transfer from matter transformation and to explain plant growth scientifically.
Respiration	Respiration occurs only in animals, while plants carry out photosynthesis instead.	Plants and animals both carry out cellular respiration. Plants also photosynthesise when suitable light and other conditions are available.	Teaching photosynthesis and respiration as mutually exclusive processes and emphasising plant photosynthesis over plant metabolism.	Students may misunderstand energy release, plant metabolism, and the relationship between photosynthesis and respiration.
Respiration	Breathing and cellular respiration are the same process.	Breathing involves the movement of air into and out of the respiratory system, whereas cellular	Similar terminology, limited integration of physiology and biochemistry, and	Students may confuse organism-level gas exchange with cellular

		respiration consists of biochemical reactions that release usable energy from organic molecules.	memorisation of definitions.	energy metabolism.
Genetics	Acquired characteristics, such as enlarged muscles developed through exercise, are automatically inherited by offspring.	Inheritance depends on genetic information transmitted through reproductive cells. Changes acquired during an individual's life are not generally inherited unless they affect transmissible genetic or epigenetic information through specific mechanisms.	Everyday observations of family resemblance, confusion between inherited and acquired traits, and oversimplified accounts of heredity.	Students may develop inaccurate explanations of variation, inheritance, and evolutionary change.
Genetics	Dominant traits are necessarily more common, stronger, or better than recessive traits.	Dominance describes the phenotypic relationship between alleles in a heterozygote. It does not, by itself, determine an allele's frequency, biological advantage, or prevalence in a population.	Overinterpretation of the terms dominant and recessive and excessive reliance on simple genetic crosses.	Students may misinterpret pedigree patterns, allele frequencies, and the relationship between inheritance and natural selection.
Evolution	Individual organisms evolve because they need to adapt to environmental changes.	Evolution involves changes in heritable characteristics of populations across generations. Natural selection can increase the frequency of traits that improve reproductive success under particular conditions.	Purpose-driven explanations of biological change, everyday language about adaptation, and inadequate emphasis on population-level processes.	Students may confuse individual physiological responses with evolutionary change and misunderstand natural selection.
Human physiology	Blood in veins is always blue, while blood in arteries is always red.	Human blood is red because of haemoglobin. Oxygen-rich blood is generally bright red, whereas oxygen-poor blood is darker red. Veins may appear bluish through the skin because of how light interacts	Anatomical diagrams using colour conventions and the visual appearance of superficial veins.	Students may misunderstand blood composition, oxygen transport, and the distinction between diagrammatic representation and biological reality.

		with skin and underlying tissues.		
Circulation	Arteries always carry oxygenated blood, while veins always carry deoxygenated blood.	Arteries carry blood away from the heart, and veins carry blood towards it. Oxygen content varies with the circulation involved; for example, pulmonary arteries carry oxygen-poor blood and pulmonary veins carry oxygen-rich blood.	Overgeneralisation from systemic circulation diagrams and insufficient comparison of pulmonary and systemic circulation.	Students may have difficulty explaining pulmonary circulation, gas exchange, and the functional organisation of the cardiovascular system.
Excretion	Excretion and egestion refer to the same process.	Excretion removes metabolic waste products, such as urea and carbon dioxide, whereas egestion eliminates undigested or unabsorbed material from the digestive tract.	Similar everyday meanings of the terms and insufficient attention to biological definitions.	Students may confuse the digestive and excretory systems and misclassify physiological processes.
Ecology	Food chains show that energy is recycled indefinitely through ecosystems.	Energy flows through trophic levels and is progressively dissipated as heat, whereas many chemical nutrients are recycled through biogeochemical cycles.	Confusion between energy and matter and oversimplified food-chain diagrams.	Students may misunderstand ecosystem productivity, nutrient cycling, and the reasons energy transfer limits food-chain length.
Ecology	Decomposers are unimportant because they feed on dead organisms rather than living ones.	Decomposers break down dead organic matter and wastes, returning nutrients to forms that can be reused by other organisms.	Limited observation of decomposition, emphasis on visible organisms, and inadequate treatment of nutrient cycling.	Students may fail to explain soil fertility, nutrient availability, and ecosystem stability.

Plant biology	Roots absorb food from the soil rather than primarily absorbing water and mineral nutrients.	Roots absorb water and mineral ions and also anchor plants. Most organic food is synthesised in photosynthetic tissues, particularly leaves, although some plants have specialised nutritional strategies.	Confusion between soil nutrients and organic food and limited experimental investigation of plant growth.	Students may misunderstand plant nutrition, the functions of roots, and the role of photosynthesis.
Reproduction	Fertilisation and pollination are the same process in flowering plants.	Pollination is the transfer of pollen to a receptive stigma, while fertilisation involves the fusion of male and female gametes. Pollination generally precedes fertilisation in flowering plants.	Teaching the processes as a single sequence without distinguishing their mechanisms and outcomes.	Students may incorrectly describe sexual reproduction and fail to explain seed and fruit formation.
Classification	All organisms that look alike belong to the same species.	Species identification depends on several criteria, including reproductive relationships where applicable, genetic evidence, and evolutionary relationships. Similar appearance alone does not establish that organisms belong to the same species.	Reliance on superficial similarities and limited exposure to genetic and evolutionary evidence.	Students may misclassify organisms and misunderstand biological diversity and evolutionary relationships.
Microbiology	All microorganisms cause diseases.	Microorganisms include pathogenic, beneficial, and relatively harmless forms. Many contribute to decomposition, nutrient cycling, food production, and normal biological processes.	Association of microorganisms mainly with infection, limited practical exposure, and insufficient examples of beneficial microbes.	Students may develop an incomplete understanding of microbial ecology, biotechnology, health, and disease prevention.

4. Instructional Causes and Conceptual Barriers to Understanding Biology

Persistent biological misconceptions are not necessarily attributable to students' lack of effort or ability. Rather, they may develop through interactions between instructional practices, prior knowledge, language, learning resources, assessment demands, and the complexity of biological concepts. When teaching does not adequately engage students' existing explanations or provide opportunities to examine scientific evidence, incorrect ideas may persist despite repeated exposure to formal instruction. Understanding these barriers is therefore essential for designing effective biology teaching and remediation strategies.

4.1. Teacher-Centred Instruction and Transmission-Based Pedagogy

Teacher-centred instruction commonly emphasises explanations, note-taking, and the transmission of established facts from teachers to students. Although direct instruction can communicate essential information efficiently, excessive dependence on it may restrict opportunities for learners to question explanations, investigate biological phenomena, and evaluate their own understanding. Schaus et al. (2024) and Baytelman et al. (2023), as cited in the supplied supporting text, are used to support the argument that transmission-oriented teaching may contribute to superficial understanding and limit diagnostic classroom dialogue. In biology, students may consequently memorise descriptions of processes such as respiration, photosynthesis, and circulation without developing coherent explanations of how these processes operate. More interactive approaches that incorporate questioning, discussion, inquiry, and evidence-based reasoning can help teachers identify and address alternative conceptions.

4.2. Inadequate Teacher Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge

Teachers require both sound subject knowledge and the pedagogical content knowledge needed to explain difficult concepts in ways that learners can understand. Weaknesses in either area may lead to incomplete explanations, inappropriate analogies, or failure to recognise students' misconceptions. For example, explaining dominant and recessive alleles without clarifying the difference between dominance and population frequency may reinforce genetic misunderstandings. Similarly, teaching photosynthesis without distinguishing the sources of matter and energy may leave students with inaccurate ideas about plant nutrition. Teachers therefore need opportunities for subject-specific professional development, collaborative lesson planning, and the use of diagnostic questions to identify conceptual difficulties. However, the extent to which teacher knowledge contributes to misconceptions in particular Nigerian schools should be established through local empirical evidence rather than assumed.

4.3. Rote Learning, Examination Orientation, and Superficial Understanding

An emphasis on reproducing textbook definitions and preparing for examinations may encourage students to prioritise recall over explanation. Students may correctly define a biological term yet fail to apply it to unfamiliar situations or explain the mechanisms underlying a process. Kamath et al. (2026), as cited in the supplied text, is associated with the discussion of textbook dependence and examination-oriented rote learning. Such practices can create an apparent understanding that becomes evident only when students are asked to interpret data, predict outcomes, or explain biological relationships. Assessment should therefore include conceptual questions, diagrams, experimental interpretations, and real-life applications alongside factual recall. This approach can help distinguish genuine understanding from the memorisation of scientific vocabulary.

4.4. Language Barriers, Scientific Terminology, and Everyday Conceptions

Biology contains specialised terminology that may differ considerably from the meanings students associate with everyday language. Terms such as *adaptation*, *respiration*, *dominant*, and *excretion* have specific scientific meanings that students may confuse with their ordinary usage. Xia and Tai (2026), as cited in the supplied supporting text, is used to illustrate how scientific vocabulary may be learned as isolated terminology rather than

as part of a meaningful explanatory framework. In multilingual classrooms, differences between the language of instruction and students' familiar languages may introduce additional difficulties. Teachers can address these barriers by explicitly comparing everyday and scientific meanings, introducing terminology in context, encouraging students to explain concepts in their own words, and gradually developing accurate scientific expression. Familiar examples can provide a starting point, but teachers must also clarify where everyday interpretations differ from scientific explanations.

4.5. Abstract Biological Processes and Limitations of Mental Models

Many biological processes occur at scales or through mechanisms that cannot be observed directly. Students cannot ordinarily see molecules moving across cell membranes, genetic information being expressed, or energy being released through cellular respiration. Consequently, they must construct mental models from descriptions, diagrams, animations, and experimental evidence. When these representations are incomplete or poorly connected, learners may develop explanations that are intuitive but scientifically inaccurate. Nurbaya et al. (2026), Athuman (2026), and Warin et al. (2026), as cited in the supplied text, are associated with the difficulties of representing abstract biological mechanisms. Carefully designed models, animations, simulations, and progressively detailed diagrams can make invisible processes more accessible. Nevertheless, visual representations should be accompanied by explanation and discussion because students may interpret simplified models literally or misunderstand what the images represent.

4.6. Inadequate Laboratory Resources, Practical Activities, and Visual Representations

Practical work provides opportunities to connect biological concepts with observable evidence. However, limited laboratory equipment, insufficient specimens, overcrowded classrooms, and restricted access to visual resources may constrain these opportunities in some educational settings. When students encounter topics such as cell structure, diffusion, plant responses, and ecological interactions primarily through verbal explanations, they may find it difficult to connect theoretical descriptions with observable phenomena. Even where practical activities are available, their effectiveness depends on how they are organised. Morris (2025), as cited in the supplied text, highlights the distinction between collecting experimental data and engaging in deeper reasoning, modelling, and evidence-based argumentation. Practical lessons should therefore include predictions, observations, interpretation, and reflection. Where conventional laboratories are unavailable, teachers can use locally available materials, field observations, inexpensive models, and suitable offline digital simulations.

4.7. Students' Prior Knowledge, Intuitive Reasoning, and Alternative Conceptions

Students do not approach biology lessons as blank slates. They bring existing explanations developed through everyday experience, previous lessons, conversations, and observations of the natural world. These explanations may help them understand new information, but they can also conflict with scientific accounts. For instance, observing plants growing in soil may encourage the assumption that soil provides all the material plants need to grow. Eriksson et al. (2026), as cited in the supplied text, is used to support the discussion of how intuitive explanations may persist when biological processes are taught without meaningful contextual connections. Effective teaching should begin by eliciting students' existing ideas through diagnostic questions, drawings, concept maps, and predictions. Teachers can then compare those ideas with scientific evidence and guide learners towards more coherent explanations rather than merely telling them that their initial answers are incorrect.

4.8. Socioeconomic, Cultural, and Contextual Influences on Biological Learning

Biological learning takes place within social and material environments that influence students' experiences and access to educational resources. Differences in school facilities, access to textbooks, internet connectivity, language exposure, and opportunities for practical investigation may affect the range of experiences available to learners. Cultural explanations of health, reproduction, heredity, and the natural environment may also influence

how students interpret biological information. These influences should not automatically be regarded as obstacles: students' local knowledge and lived experiences can provide valuable starting points for scientific inquiry. For example, local farming practices can support discussions of plant nutrition and ecology, while familiar environmental conditions can illustrate adaptation and ecosystem relationships. Teachers should approach cultural beliefs respectfully while distinguishing explanations based on empirical biological evidence from claims that require further investigation. The specific effects of socioeconomic and cultural factors in Nigerian secondary schools require context-sensitive research.

4.9. Assessment Practices and the Reinforcement of Misconceptions

Assessment influences what students study and how they approach learning. When examinations mainly reward memorised definitions, labelled diagrams, and rehearsed answers, students may have little incentive to examine their underlying understanding. Conventional tests may also fail to reveal misconceptions when students select a correct answer without understanding why it is correct. Conversely, diagnostic and formative assessments can expose reasoning that would otherwise remain hidden. Questions requiring students to explain predictions, justify conclusions, interpret unfamiliar diagrams, and correct flawed statements can reveal conceptual gaps. Teachers can use this information to adjust instruction and revisit difficult ideas. Assessment should consequently evaluate not only what students remember but also how they reason with biological concepts and whether they can transfer their understanding to new contexts.

4.10. Interactions among Instructional, Cognitive, and Contextual Factors

The persistence of biological misconceptions is best understood as a multifactorial problem rather than the consequence of a single instructional weakness. Teacher-centred pedagogy may leave students' prior ideas unexamined, while rote-learning demands encourage memorisation instead of conceptual reasoning. Language barriers can make explanations difficult to interpret, and limited practical resources may reduce opportunities to test predictions against evidence. Assessment practices may then reward the reproduction of incomplete explanations, allowing misconceptions to remain undetected. The supplied text also cites Guilding et al. (2026) in its discussion of the need for active opportunities to construct, test, and refine conceptual models, while Oliver and Troemel (2022) are associated with sustained conceptual-change approaches. Together, these arguments support an integrated response combining diagnostic assessment, clear explanations, contextualised examples, practical inquiry, visual models, and repeated formative feedback.

For Nigerian secondary school biology education, these factors provide a useful framework for examining why misconceptions develop and persist. Nevertheless, the relative contribution of each factor is likely to vary across schools, topics, teachers, and student populations. Empirical investigations using classroom observations, student interviews, diagnostic tests, and teacher assessments are therefore necessary to establish which barriers are most influential in specific contexts and to evaluate the effectiveness of proposed remediation strategies.

5. Evidence-Based Remediation Strategies and Implications for Nigerian Biology Education

The persistence of biological misconceptions among secondary school students requires instructional approaches that move beyond content coverage and memorisation towards the development of scientifically coherent explanations. Remediation should begin by identifying students' existing conceptions, examining why these ideas appear reasonable to them, and designing learning experiences that help them evaluate and reconstruct their understanding. This is particularly important for topics such as genetics, evolution, cellular processes, and human physiology, where students may rely on everyday experiences or incomplete explanations to interpret complex biological phenomena. Conceptual change therefore requires more than the presentation of correct information; students must understand why their existing explanations are inadequate and how scientifically accepted

explanations provide more comprehensive accounts of biological processes (Archila et al., 2023; Netere et al., 2024; Gouvea, 2023).

For Nigerian secondary schools, effective remediation should combine established learning strategies with approaches that are feasible under local classroom conditions. These include diagnostic assessment, conceptual conflict, guided practical investigations, visual representations, formative feedback, context-based teaching, and sustained teacher professional development.

5.1. Conceptual Change Teaching and Elicitation of Prior Knowledge

Conceptual change teaching begins with the recognition that students do not enter biology classrooms as blank slates. They possess prior knowledge derived from everyday experiences, family discussions, cultural explanations, previous lessons, and observations of living organisms. Although some prior conceptions support scientific learning, others may conflict with accepted biological explanations.

Teachers should therefore elicit students' existing ideas before introducing challenging concepts. For example, before teaching natural selection, students could explain why some organisms survive environmental changes while others do not. Their responses may reveal whether they understand natural selection as a population-level process or incorrectly believe that individual organisms deliberately develop characteristics because they need them.

Following elicitation, teachers should compare students' explanations with evidence and scientifically accepted models. Students should then have opportunities to reconsider their initial reasoning and explain how their understanding has changed. As discussed in conceptual change literature, prior ideas are often interconnected; consequently, replacing a misconception requires helping learners reorganise their understanding rather than simply memorising a contradictory statement (Netere et al., 2024; Gouvea, 2023).

5.2. Diagnostic Assessment and Misconception-Focused Feedback

Diagnostic assessment helps teachers identify misconceptions before they become reinforced through repeated instruction. Unlike conventional tests that primarily assess recall, diagnostic activities investigate how students interpret biological processes and why they hold particular beliefs.

Useful approaches include open-ended questions, concept cartoons, short written explanations, labelled diagrams, multiple-choice questions with plausible distractors, and student interviews. For instance, students could be asked to explain where the mass of a growing plant originates or distinguish between breathing and cellular respiration. Their explanations can reveal whether they understand the roles of carbon dioxide, water, light, and cellular metabolism.

Feedback should address the reasoning behind an incorrect answer rather than merely indicating that it is wrong. A teacher might explain why a plant cannot obtain most of its dry biomass directly from the soil and then ask students to use the processes of photosynthesis and mineral absorption to construct a more accurate explanation. Repeated diagnosis and feedback are especially important because identifying a misconception does not automatically produce conceptual change (Archila et al., 2023).

5.3. Predict–Observe–Explain and Conceptual Conflict Approaches

The Predict–Observe–Explain (POE) strategy encourages students to predict the outcome of an activity, observe what happens, and explain any similarities or differences between their predictions and the evidence. This sequence can expose misconceptions while encouraging students to evaluate the reasoning behind their initial answers.

For example, when investigating photosynthesis, students may predict how a plant kept in darkness will differ from one exposed to suitable light conditions. After examining the evidence, they can discuss the implications for photosynthesis and starch formation. Similarly, demonstrations involving diffusion, osmosis, seed germination, or transpiration can provide opportunities to compare intuitive explanations with observed outcomes.

Conceptual conflict occurs when students encounter evidence that challenges their existing explanations. However, conflict alone is insufficient. Teachers must help students develop an alternative explanation that is understandable, scientifically defensible, and applicable to other situations. For example, when addressing misconceptions about evolution, students should not merely discover that their initial explanation is inadequate; they should also learn how heritable variation and differential reproductive success contribute to changes in populations over generations (Boateng & Kumi-Manu, 2026; Lima & Long, 2023).

5.4. Inquiry-Based Learning and Guided Practical Investigations

Inquiry-based learning enables students to investigate biological questions through observation, prediction, data collection, interpretation, and evidence-based explanation. It can help learners develop a more active understanding of biological processes instead of depending exclusively on textbook descriptions.

In Nigerian secondary schools, teachers can organise guided investigations using accessible materials. Examples include examining onion epidermal cells with a microscope where available, investigating osmosis using plant tissues, observing seed germination under different conditions, comparing transpiration rates, and investigating the conditions required for photosynthesis. Field observations of local plants, insects, soil organisms, and aquatic environments can also support learning in ecology and biodiversity.

Inquiry should be appropriately guided. Teachers need to establish clear questions, explain safety requirements, provide manageable procedures, and help students interpret their observations. Where laboratory equipment is unavailable, carefully structured demonstrations, teacher-led investigations, drawings from direct observation, and locally available materials can provide alternatives. Such activities should nevertheless preserve the essential features of scientific investigation rather than becoming demonstrations in which students passively copy predetermined conclusions.

5.5. Concept Mapping, Analogies, Models, and Multiple Representations

Biological misconceptions sometimes persist because students understand individual terms without recognising the relationships among them. Concept mapping can address this problem by requiring learners to connect related ideas and explain the relationships between them.

For example, a concept map on inheritance could connect DNA, genes, chromosomes, alleles, proteins, inherited characteristics, and variation. Students who incorrectly treat genes and chromosomes as interchangeable concepts may reveal their confusion through the relationships represented in their maps.

Analogies and physical models can also make abstract processes more accessible. A cell may be compared with a coordinated system in which different structures perform specialised functions, while a model of DNA can help students visualise complementary base pairing. However, analogies should be accompanied by explanations of their limitations. A cell is not literally a factory, and genes do not independently determine every characteristic without environmental and developmental influences.

Combining verbal explanations, diagrams, physical models, animations, and written descriptions can help students connect different representations of the same biological phenomenon. Teachers should explicitly explain how these representations correspond to the underlying scientific process.

5.6. Digital Learning Resources, Simulations, and Multimedia Instruction

Digital resources can help students explore biological processes that are too small, too slow, too rapid, or too complex to observe directly in a conventional classroom. Animations and simulations can illustrate cell division, DNA replication, inheritance patterns, natural selection, circulation, and the movement of substances across membranes.

For schools with limited laboratory facilities, offline videos, downloaded animations, projected presentations, and interactive resources stored on teachers' devices may supplement practical instruction. Where internet access, electricity, or student devices are unreliable, teachers can prepare materials in advance and use them without continuous connectivity.

Digital tools should be selected according to the misconception being addressed. An animation of mitosis, for example, should be accompanied by questions about chromosome behaviour and the relationship between the parent cell and daughter cells. Students should explain what the animation represents rather than merely watch it. Digital instruction should complement, not automatically replace, practical observations, discussion, and feedback. Its effectiveness depends on the quality of the representation, the teacher's guidance, and students' engagement with the scientific explanation.

5.7. Contextualised and Culturally Responsive Biology Teaching

Contextualised teaching connects scientific concepts with familiar experiences and environments. Nigerian students can investigate biological questions using local crops, household food preservation, livestock, disease prevention, agricultural practices, and nearby ecosystems. Such examples can make abstract concepts more relevant while providing opportunities to examine the scientific basis of everyday explanations.

For example, discussions of heredity can draw on observable variation among crops, domestic animals, and human populations without reinforcing genetic determinism. Ecology lessons can use local farming practices, waste disposal, flooding, erosion, or habitat changes to explain interactions between organisms and their environments. Plant physiology can be connected to crop growth, water availability, and agricultural productivity.

Culturally responsive teaching should treat students' existing knowledge respectfully while distinguishing cultural explanations from experimentally supported scientific accounts. Teachers should invite questions, encourage students to explain their reasoning, and use evidence to evaluate competing explanations. The objective is not to dismiss local knowledge but to help students determine when an explanation is scientifically supported and how biological principles can be applied to familiar situations.

5.8. Teacher Professional Development and Pedagogical Content Knowledge

Teachers play a central role in identifying and correcting misconceptions. Effective remediation therefore requires more than subject knowledge; teachers need pedagogical content knowledge, including an understanding of common student difficulties, suitable explanatory models, diagnostic questions, and strategies for responding to incorrect reasoning.

Professional development should address difficult biological topics such as evolution, genetics, photosynthesis, cellular respiration, and human physiology. Workshops can involve teachers analysing sample student responses, identifying conceptual errors, designing misconception-focused lessons, developing low-cost practical activities, and evaluating teaching resources.

Collaborative lesson planning and peer observation can support the continued development of these skills. Teachers may also maintain records of recurring misconceptions, the interventions used, and students' responses to those interventions. Such records can guide subsequent teaching and provide a basis for school-level improvement.

Professional development should be continuous rather than restricted to occasional workshops. School leaders and education authorities can support this process by providing access to teaching materials, opportunities for collaboration, and time for teachers to review assessment evidence and improve their instructional approaches.

5.9. Formative Assessment and Long-Term Retention of Scientific Concepts

Correcting a misconception during one lesson does not guarantee that the student will retain the scientific explanation. Previously held ideas may reappear when students encounter unfamiliar examples, answer examination questions, or study related concepts.

Formative assessment should therefore be integrated throughout instruction. Teachers can use exit tickets, short quizzes, concept maps, oral questioning, peer explanations, and brief written responses to monitor students' developing understanding. Questions should require learners to explain processes, interpret evidence, predict outcomes, and apply concepts in new contexts.

For example, after teaching natural selection, students might explain how an insect population could change over several generations when environmental conditions alter. This tests whether they can apply the underlying mechanism rather than simply reproduce a definition.

Revisiting difficult concepts at intervals and using questions in different contexts can help teachers identify misconceptions that persist or re-emerge. Assessments should evaluate both the correctness of students' conclusions and the reasoning supporting them. Where misconceptions remain, teachers should adjust their explanations and provide additional learning opportunities.

5.10. An Integrated Remediation Framework for Nigerian Secondary Schools

No single instructional strategy is likely to address every biological misconception. A more practical approach is to integrate several strategies into a structured remediation cycle.

The proposed framework comprises six interconnected stages:**Identification:** Use diagnostic questions, drawings, discussions, and written explanations to establish students' existing conceptions.

Analysis: Identify the underlying reasoning, language difficulties, and conceptual relationships contributing to the misconception.

Engagement: Present a relevant question, observation, demonstration, or problem that encourages students to examine their initial explanation.

Conceptual reconstruction: Guide students towards a scientifically accepted explanation using discussion, practical investigation, models, diagrams, or simulations.

Application: Ask students to use the revised explanation to interpret a new example or solve an unfamiliar biological problem.

Evaluation and reinforcement: Assess conceptual understanding, revisit the concept when necessary, and use the findings to plan subsequent instruction.

The framework is cyclical rather than strictly linear. If assessment reveals that a misconception persists, the teacher returns to the relevant stage and modifies the instructional approach. For example, a student who continues to confuse breathing with cellular respiration may need a clearer comparison of gas exchange, oxygen transport, and cellular energy-releasing reactions.

This integrated framework is a proposed synthesis of the instructional principles discussed in the literature, not a framework whose effectiveness in Nigerian schools has already been empirically established. Its implementation and outcomes should therefore be evaluated through classroom-based research.

5.11. Implementation Challenges, Feasibility, and Policy Implications

Implementing evidence-informed remediation in Nigerian secondary schools may be constrained by large classes, limited laboratory equipment, insufficient teaching materials, time pressures, examination-oriented instruction, uneven access to digital technology, and variation in teacher preparation. These constraints mean that interventions must be adaptable to different school environments.

At classroom level, teachers can begin with low-cost strategies, including diagnostic questions, student explanations, concept maps, local biological examples, guided demonstrations, and formative assessment. Schools with greater resources can supplement these approaches with laboratory investigations, digital simulations, and more extensive practical work. Resource limitations should not, however, be treated as evidence that conceptual teaching is impossible.

At school and policy levels, curriculum implementation should allow sufficient time for explanation, investigation, and feedback rather than rewarding factual coverage alone. Teacher education and in-service training should include misconception diagnosis and conceptual change pedagogy. Education authorities should also support access to appropriate practical resources and encourage the evaluation of instructional interventions using student learning outcomes.

Further research is needed to establish which misconceptions are most prevalent among Nigerian students, how these misconceptions vary across regions and school types, and which remediation strategies are most effective under different classroom conditions. Studies should use clearly defined assessment instruments, appropriate comparison groups where feasible, and follow-up assessments to determine whether conceptual improvements are sustained. Such evidence would help ensure that recommendations are adapted to Nigerian educational realities rather than transferred uncritically from other settings.

Effective remediation requires coordinated action by teachers, schools, teacher-education institutions, curriculum developers, and education policymakers. The central objective should be to develop students' capacity to explain biological phenomena scientifically, evaluate evidence, and apply their understanding beyond the immediate classroom.

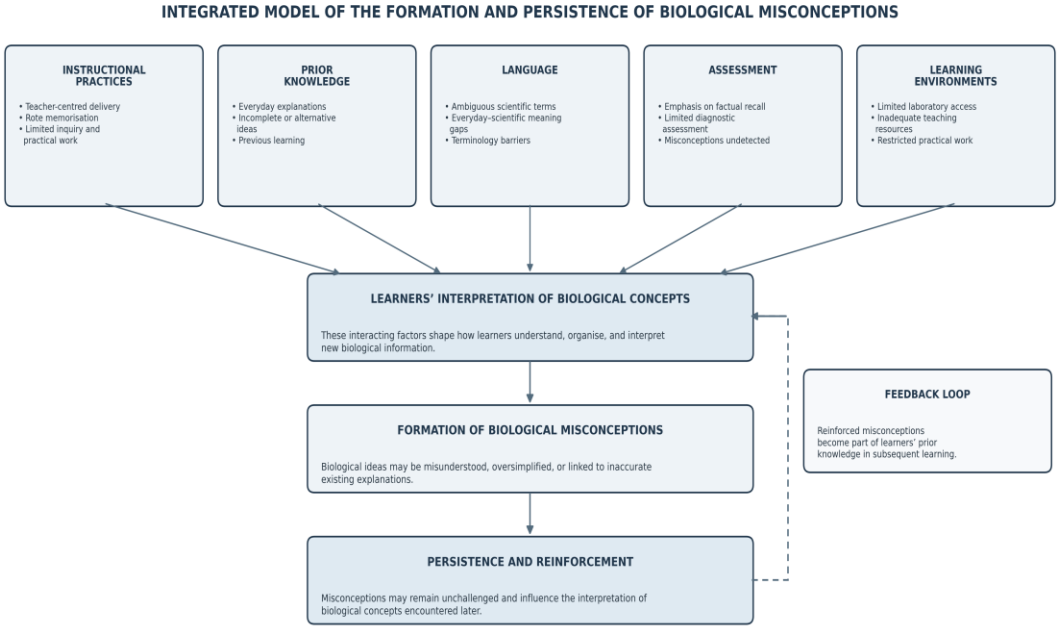


Figure 2: Integrated Conceptual Model of the Formation and Persistence of Biological Misconceptions among Nigerian Secondary School Students

Figure 2 illustrates how five interconnected factors instructional practices, learners' prior knowledge, language, assessment practices, and learning environments contribute to the formation and persistence of biological misconceptions among secondary school students. Teacher-centred instruction, rote memorisation, limited practical activities, inadequate learning resources, and insufficient diagnostic assessment may interact with learners' existing ideas and difficulties in understanding scientific terminology to influence how new biological concepts are interpreted. These interactions can result in the development of inaccurate or incomplete scientific explanations. When such misconceptions are not identified and corrected through appropriate instructional interventions, they may persist and influence students' understanding of subsequent biological concepts. The model further demonstrates a feedback process in which previously acquired misconceptions become part of learners' prior knowledge, potentially reinforcing misunderstanding during future learning experiences. Overall, the figure emphasises that biological misconceptions are not necessarily caused by a single factor but may emerge and persist through the combined influence of instructional, cognitive, linguistic, assessment-related, and environmental conditions.

6. Conclusion

Persistent biological misconceptions remain a significant challenge to meaningful biology learning among Nigerian secondary school students. This review examined common misconceptions across cell biology, genetics, evolution, human physiology, ecology, photosynthesis, and reproduction, alongside the instructional and conceptual barriers contributing to their persistence.

The review highlights that misconceptions may arise from interactions among students' prior knowledge, teacher-centred instruction, rote memorisation, language difficulties, inadequate practical activities, limited learning resources, and assessment practices that prioritise factual recall over conceptual understanding. Addressing these challenges requires a shift towards student-centred teaching that encourages scientific reasoning, investigation, and evidence-based explanations.

Evidence-informed remediation strategies include conceptual-change instruction, diagnostic assessment, guided inquiry, Predict–Observe–Explain activities, practical investigations, visual models, digital simulations, contextualised teaching, and formative feedback. Their successful implementation depends on teachers' pedagogical content knowledge, appropriate instructional materials, and sustained assessment of students' conceptual development. In Nigerian schools, these approaches should be adapted to local conditions through affordable resources and familiar biological examples.

The proposed six-stage remediation framework integrates misconception identification, analysis, engagement, conceptual reconstruction, application, and evaluation. However, its effectiveness in Nigerian secondary schools requires empirical validation. Further research should establish the prevalence of specific misconceptions across geopolitical zones and school types and evaluate the long-term effectiveness of remediation strategies.

Ultimately, reducing persistent biological misconceptions requires coordinated efforts among teachers, schools, teacher-education institutions, curriculum developers, and policymakers. By prioritising conceptual understanding over memorisation, biology education can strengthen students' scientific literacy, critical thinking, and ability to apply biological knowledge to everyday challenges.

References

Archila, P. A., Restrepo, S., Mejía, A. T. de, & Molina, J. (2023). STEM and non-STEM misconceptions about evolution: Findings from 5 years of data. *Science & Education, 33*(5), 1211–1229. https://doi.org/10.1007/s11191-023-00428-5

Athuman, J. J. (2026). Effectiveness of the 5E learning cycle in teaching respiration in secondary school biology: A quasi-experimental study on enhancing conceptual understanding and student engagement. *Science Education Quarterly, 3*(1), 1–14. https://doi.org/10.55056/seq.1045

Baytelman, A., Loizou, T., & Hadjiconstantinou, S. (2023). Relationships between epistemological beliefs and conceptual understanding of evolution by natural selection. *Center for Educational Policy Studies Journal, 13*(1), 63–93. https://doi.org/10.26529/cepsj.1484

Boateng, S., & Kumi-Manu, R. N. (2026). Assessing pre-service science teachers' academic knowledge and misconceptions about evolution and genetics concepts. *European Journal of STEM Education, 11*(1), 8. https://doi.org/10.20897/ejsteme/17966

Brock, R., Taber, K. S., & Watts, M. (2023). Assembly required: A microgenetic multiple case study of four students' assemblages when learning about force. *International Journal of Science Education, 46*(10), 1027–1047. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2269616

Ebuña, J. S., Punay, R. A., Cruz, N. R. C. D., & Ang, R. S. (2026). Evolution acceptance framing and misconception resistance. *International Journal of Science and Research Archive, 19*(2), 231–245. https://doi.org/10.30574/ijsra.2026.19.2.0923

Eriksson, A., Gericke, N. M., & Olsson, D. (2026). The photosynthesis literacy framework: Updating educational perspectives on photosynthesis education. *Research in Science Education, 56*(5), 1287–1311. https://doi.org/10.1007/s11165-025-10314-5

Focant, I., Rezsöhazy, R., & Kesel, M. D. (2025). Secondary school students' misconceptions in genetics: Obstacles to learning and to address complexity. *Journal of Biological Education, 60*(4), 787–805. https://doi.org/10.1080/00219266.2025.2574579

Franovic, C. G.-C., Williams, N. R., Noyes, K., Klymkowsky, M. W., & Cooper, M. M. (2023). How do instructors explain the mechanism by which ATP drives unfavorable processes? *CBE—Life Sciences Education, 22*(4). https://doi.org/10.1187/cbe.23-05-0071

Gouvea, J. (2023). Processing misconceptions: Dynamic systems perspectives on thinking and learning. *Frontiers in Education, 8*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1215361

Green, A. I., Parent, K. N., Underwood, S. M., & Matz, R. L. (2021). Connecting ideas across courses. *The American Biology Teacher, 83*(5), 303–310. https://doi.org/10.1525/abt.2021.83.5.303

Guilding, C., Kelly-Laubscher, R. F., Cunningham, M., Dilles, T., Kennedy, D., Brinkman, D. J., Eid, A. H., Quesnelle, K. M., Engels, F., Maxwell, S., Christopoulos, A., & White, P. J. (2026). Reimagining pharmacology education. *Pharmacological Reviews, 78*(3), 100126. https://doi.org/10.1016/j.pharmr.2026.100126

Kamath, A., White, P., Rodd, P., & Tytler, R. (2026). Teaching bioethics in senior secondary using guided inquiry: Supporting teachers to address contextual challenges with actionable possibilities. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-026-10350-9

Kiviluoma, T. (2021). *Identifying misconceptions and conceptual change of undergraduate biology students during their first academic year*. Työväentutkimus Vuosikirja.

Lima, J. de, & Long, T. M. (2023). Students explain evolution by natural selection differently for humans versus nonhuman animals. *CBE—Life Sciences Education, 22*(4). https://doi.org/10.1187/cbe.21-06-0145

Machová, M., & Ehler, E. (2021). Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions. *Journal of Biological Education, 57*(3), 633–646. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136

Menéndez, D., Donovan, A. M., Mathiaparanam, O. N., Seitz, V., Sabbagh, N. F., Klapper, R. E., Kalish, C. W., Rosengren, K. S., & Alibali, M. W. (2024). Deterministic or probabilistic: U.S. children's beliefs about genetic inheritance. *Child Development, 95*(3). https://doi.org/10.1111/cdev.14053

Morris, D. L. (2025). Rethinking science education practices: Shifting from investigation-centric to comprehensive inquiry-based instruction. *Education Sciences, 15*(1), 73. https://doi.org/10.3390/educsci15010073

Nagel, M., & Lindsey, B. A. (2021). Implementation of reasoning chain construction tasks to support student explanations in general chemistry. *Journal of Chemical Education, 99*(2), 839–850. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00729

Netere, A. K., Babey, A., Kelly-Laubscher, R., Angelo, T. A., & White, P. J. (2024). Mapping design stages and methodologies for developing STEM concept inventories: A scoping review. *Frontiers in Education, 9*. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1442833

Nurbaya, N., Listiani, H., Satar, S., & Lutfiah, S. (2026). Understanding learner variability in biology education: Learning needs and barriers among university students in Papua. *Attractive Innovative Education Journal*. https://doi.org/10.51278/aj.v8i3.2836

Ojo, A. T. (2024). Examination of secondary school students' conceptual understanding, perceptions, and misconceptions about genetics concepts. *Pedagogical Research, 9*(1), em0185. https://doi.org/10.29333/pr/14095

Oliver, M., & Troemel, V. (2022). Self-explaining photosynthesis to achieve conceptual change: An analysis of explanation content. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 21*(7), 410–448. https://doi.org/10.26803/ijlter.21.7.22

Schaus, M. H., Townsend, V. R., Boyd, S., Gonsalves-Jackson, D., Johnson, E., Bartol, S., & Postava-Davignon, M. A. (2024). Transformation of an introductory biology course sequence to improve student success and scaffold learning. *Journal of STEM Education Innovations and Research, 25*(3), 81–88. https://doi.org/10.63504/jstem.v25i3.2694

Soeharto, S., & Csapó, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. *Heliyon, 7*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08352

Sripathi, K., & Hoskinson, A. (2024). Developing student expertise in evolution: Cognitive construals complement key concepts in student representations. *CBE—Life Sciences Education, 23*(1). https://doi.org/10.1187/cbe.23-06-0109

Stern, F., Kampourakis, K., & Müller, A. (2022). "Genes for a role," "genes as essences": Secondary students' explicit and implicit intuitions about genetic essentialism and teleology. *Journal of Research in Science Teaching, 60*(2), 237–267. https://doi.org/10.1002/tea.21796

Uminski, C., Sujith, S., Nallani, A., Armpriest, B. C., Wright, L. K., Newman, D. L., & Yang, M. (2025). Showing the bonds: A subtle but important difference in figure design that may alleviate student confusion about ATP hydrolysis. *microPublication Biology*. https://doi.org/10.17912/micropub.biology.001540

Warin, P., Nahok, B., & Chanlabut, U. (2026). Board-game-integrated active learning and Grade 8 students' science achievement in the respiratory system. *Higher Education Studies, 16*(4), 322. https://doi.org/10.5539/hes.v16n4p322

Xia, X., & Tai, R. H. (2026). Exploring the association of student perceptions of science instruction and emotional engagement: The variance between grade level. *Instructional Science, 54*(2). https://doi.org/10.1007/s11251-026-09800-8

Yang, M., Armpriest, B. C., Wright, L. K., & Newman, D. L. (2025). Visual representations of energy and chemical bonding in biology and chemistry textbooks: A case study of ATP hydrolysis. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 53*(3), 274–285. https://doi.org/10.1002/bmb.21894

Zudaire, I., Ayuso, G. E., Fraile, M. N., & Uriz, I. (2024). Who do I look like more, Mom or Dad? An exploratory survey about primary students' ideas about heredity. *Research in Science Education, 54*(6), 1025–1051. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10174-5

DEVELOPMENT OF A GEOREFERENCED DATABASE FOR MEDICINAL PLANTS AND HERBAL REMEDIES IN KOGI CENTRAL SENATORIAL DISTRICT, KOGI STATE, NIGERIA

Ezekiel Adeiza Rock

Department of Computer Security,

School of Applied Science,

Kogi State Polytechnic, Lokoja, Kogi State, Nigeria

Email: Rock.ezekiel@kogistatepolytechnic.edu.ng

Abstract

Medicinal plants constitute an important component of traditional healthcare and indigenous knowledge systems in Nigeria. In Kogi Central Senatorial District, particularly among communities with strong *Ebira* cultural traditions, knowledge of medicinal plants has historically been transmitted through oral instruction, apprenticeship and practical experience. However, much of this knowledge remains dispersed among traditional medicine practitioners, herb sellers, farmers, elders and households, making it vulnerable to loss, misidentification, restricted accessibility and gradual erosion. Existing ethnobotanical studies in Kogi State have documented substantial medicinal-plant diversity, including 124 botanical species reported from four Kogi Central Local Government Areas, while other studies have identified 16 species in Adavi and Ajaokuta and 87 species associated with gastrointestinal treatment in *Ebiraland*. This article proposes the development of a *Georeferenced Medicinal Plants and Herbal Remedies Database (GMPHRD)* for Kogi Central Senatorial District. The proposed database will integrate botanical identification, indigenous names, plant parts utilized, preparation methods, therapeutic indications as reported by knowledge holders, geographical coordinates, habitat, abundance, conservation status, photographs, voucher information and knowledge-holder metadata. Geographic Information System (GIS) technology will be employed to map the spatial distribution of medicinal plants and associated traditional remedies across *Adavi, Ajaokuta, Okehi, Okene and Ogori/Magongo,* the five Local Government Areas officially associated with Kogi Central. The database is intended to support ethnobotanical research, biodiversity conservation, cultural preservation, pharmaceutical research, educational activities and evidence-informed health planning. Particular attention will be given to informed consent, intellectual-property protection, benefit-sharing and the prevention of unauthorized commercial exploitation of indigenous knowledge.

Keywords: Medicinal plants; ethnobotany; herbal remedies; georeferencing; GIS; indigenous knowledge; Kogi Central; Nigeria.

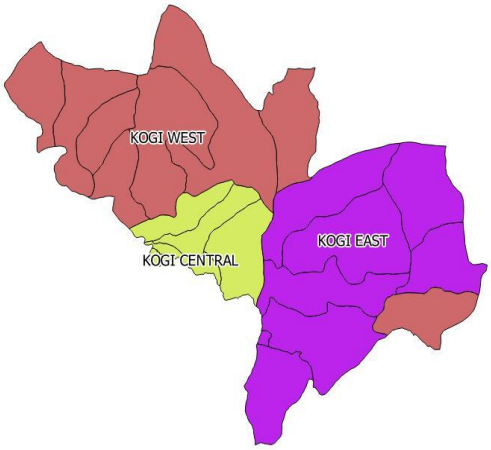
Introduction

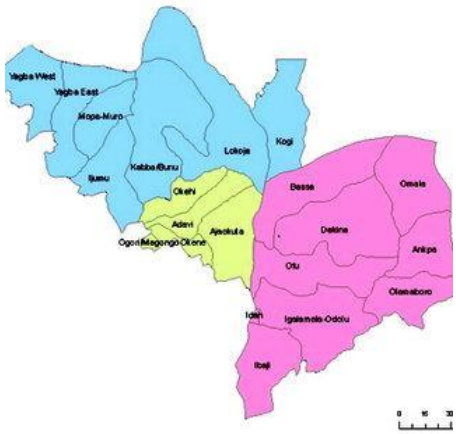
Medicinal plants have constituted a fundamental component of human healthcare across different historical periods and cultural societies. Before the emergence and institutionalization of modern biomedical systems, indigenous communities developed extensive knowledge of their natural environments, particularly in identifying plants with therapeutic properties, determining the appropriate parts for medicinal use, preparing remedies, and administering them for specific health conditions. Traditional medicine should therefore not be understood merely as the use of plants for the treatment of illnesses; rather, it represents a complex body of ecological, cultural, therapeutic, and experiential knowledge accumulated and transmitted across generations.

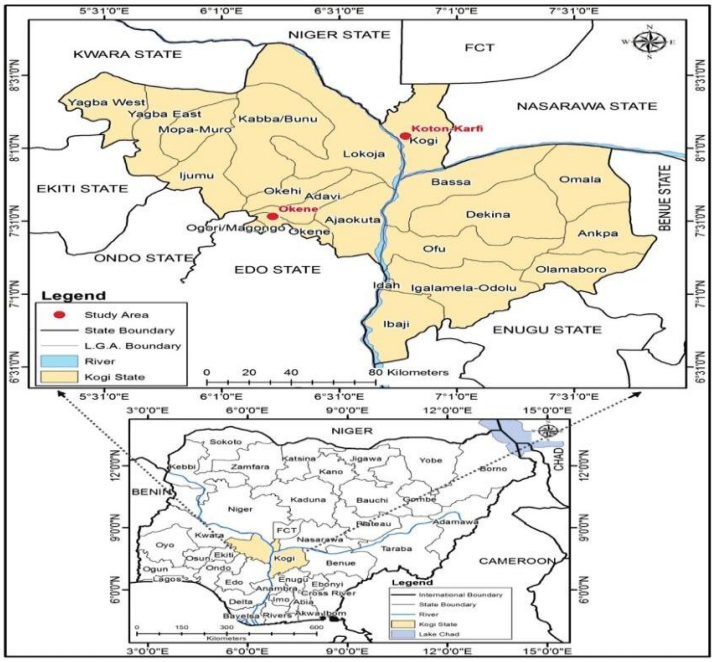
The World Health Organization (2025) defines traditional medicine broadly to include health-related practices, knowledge, skills, and philosophies that originate within diverse cultural and historical contexts. Contemporary attention to traditional medicine increasingly emphasizes scientific research, evidence-based evaluation, sustainability, biodiversity conservation, equity, and the protection of indigenous knowledge. Within this context, systematic documentation and preservation of medicinal plants have become increasingly important, particularly in communities where traditional knowledge continues to constitute an integral part of everyday healthcare and cultural identity.

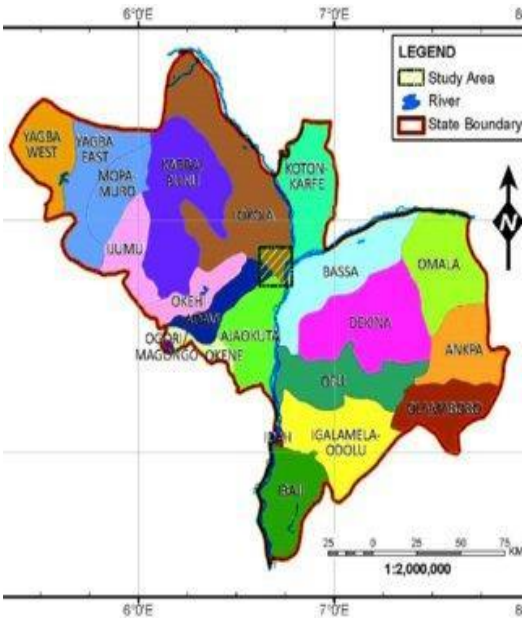
Kogi State presents an important setting for such documentation. The state is divided into three senatorial districts Kogi West, Kogi Central and Kogi East and has 21 Local Government Areas. Kogi Central comprises *Adavi, Ajaokuta, Okehi, Okene and Ogori/Magongo*. The district is particularly significant ethnobotanically because of its relationship with Ebira communities and their longstanding knowledge of plants, forests, farms, hills, streams and other ecological environments.

Population Distribution









Previous investigations provide evidence that the medicinal-plant knowledge of Kogi Central is considerable. A study covering *Adavi* and *Ajaokuta* documented 16 medicinal plants used for a range of ailments, including diabetes, hypertension, dysentery, diarrhoea, menstrual disorders, skin diseases and hemorrhage. Another study among *Ebira* communities in *Adavi, Ajaokuta, Okehi* and *Okene* reported *124 botanical species* used as medicinal herbs. A separate ethnobotanical study of gastrointestinal infections in Ebiraland documented *87 medicinal plant species belonging to 41 families*.

These studies are valuable, but they largely provide conventional inventories rather than a dynamic spatial database. Knowing that a plant occurs within Kogi Central is different from knowing *where it occurs, its habitat, its relative abundance, who possesses knowledge about it, which part is used, how it is prepared, whether the species is cultivated or wild, whether different communities use it differently, and whether its population is declining.* This gap provides the rationale for developing a georeferenced database.

Conceptualizing the Georeferenced Medicinal-Plant Database

A georeferenced database is a structured digital information system in which individual records are linked to geographical coordinates. In the proposed project, each medicinal plant record would therefore possess both **ethnobotanical information** and a **spatial identity**.

Instead of maintaining information in notebooks such as: "Plant X is found around *Okene* and is used for fever." the proposed database would produce a much richer record:

Database Field	Example
Record ID	KCM-001
Scientific name	*Vernonia amygdalina*
Family	Asteraceae
Local/common name	Bitter leaf
Indigenous name	To be verified locally
LGA	*Okene*
Community	Field-verified
Latitude	GPS reading
Longitude	GPS reading
Elevation	GPS reading
Habitat	Farm/forest/home garden
Plant part	Leaf
Preparation	To be documented
Reported use	To be documented
Knowledge holder	Coded/anonymized
Voucher number	Herbarium code
Photograph	Field photograph
Conservation status	Field assessment
Date recorded	26/06/2026
Verification	Botanist/herbarium

The fundamental innovation is therefore the transformation of dispersed ethnobotanical knowledge into a *spatially organized, searchable and updateable knowledge system.*

Pictorial Evidence of Medicinal-Plant Knowledge

Visual documentation is particularly important in ethnobotany because common names can refer to different species in different communities. Photographs can consequently assist botanical identification, field verification and future comparison.













The photograph above illustrates the importance of direct interaction between researchers and local knowledge holders during plant identification. Such interaction should form part of the proposed Kogi Central project, rather than relying exclusively on secondary literature. Similarly, *Vernonia amygdalina* (bitter leaf) deserves attention because it is already documented as an important medicinal and food plant in Nigeria, and a 2025 study specifically examined its therapeutic potential in Kogi Central.







Figure 1: Illustrative photographic evidence of *Vernonia amygdalina* (bitter leaf).
Note: A photograph incorporated into the final research report should preferably be an original field photograph taken during the Kogi Central survey, with location, date and specimen code attached.

Other medicinal plants previously documented in Kogi include *Ocimum canum*, *Heliotropium indicum*, *Senna alata*, *Abrus precatorius*, *Ageratum conyzoides*, *Phyllanthus amarus*, *Eclipta alba*, *Dennetia tripetala* and *Newbouldia laevis*.















These images should be regarded as **illustrative botanical evidence**, not as evidence that every pictured species occurs at a particular location in Kogi Central. The proposed field study should generate its own geotagged photographs.

The Study Area: Kogi Central Senatorial District

Kogi Central occupies an important geographical position within Kogi State. Government documentation identifies *Okene, Okehi, Adavi, Ajaokuta and Ogori/Magongo* as the five Local Government Areas constituting Kogi Central. (Isah, A. O. et. al,. 2018). *Earlier* ethnobotanical literature describes the core Ebira-speaking area as comprising *Okene, Okehi, Adavi* and *Ajaokuta*, with *Okene* serving as an important traditional and cultural centre. The landscape has been described as characterized by hills, rocky formations and undulating plains (Halimat, A., et. al., (2020).

The inclusion of *Ogori/Magongo* in the contemporary administrative definition of Kogi Central is important for a district-wide database because medicinal-plant knowledge should not be restricted to a single ethnic or ecological community. The database should capture differences in plant use across communities, languages, ecological settings and cultural groups.

Table 1: Proposed geographical coverage

LGA	Major database interest
Adavi	Wild medicinal flora, household remedies, herbal practitioners
Ajaokuta	Riverine/woodland environments, household and practitioner knowledge
Okehi	Hills, farms, wild plants and traditional remedies
Okene	Urban/peri-urban herbal markets, practitioners and home gardens
Ogori/Magongo	Community medicinal knowledge and ecological diversity

Problem Statement

Despite the abundance of deep well organized medicinal-plant knowledge in Kogi Central, the information remains fragmented. Knowledge is distributed among traditional healers, herbalists, farmers, elderly persons,

women, herb sellers and families. In many instances, such knowledge is transmitted orally from one generation to another. This creates several problems which are listed below.

First, *knowledge can disappear* when experienced practitioners die without adequately transmitting their knowledge.

Second, *plant identification can become problematic* because local names vary between communities and languages. A database based solely on vernacular names may therefore generate considerable taxonomic ambiguity.

Third, there is limited integration between *ethnobotanical information and spatial information*. Existing studies identify medicinal plants but generally do not provide a comprehensive, publicly queryable GIS platform showing their geographical distribution.

Fourth, the absence of standardized records makes it difficult to determine whether the same plant is used differently in *Adavi, Ajaokuta, Okehi, Okene and Ogori/Magongo.*

Fifth, the absence of systematic spatial monitoring can make it difficult to recognize *overharvesting, habitat destruction and declining plant populations*.

Finally, valuable indigenous knowledge may become vulnerable to unauthorized commercial appropriation if it is placed online without appropriate safeguards.

This study is therefore intended to address not merely a data-management problem but a broader challenge involving *health knowledge, biodiversity, cultural heritage, scientific research and community rights.*

Aim of the Study

The main aim is to develop a georeferenced digital database for the systematic documentation, spatial mapping, preservation and analysis of medicinal plants and herbal remedies used by communities in Kogi Central Senatorial District, Kogi State, Nigeria**.** The objectives od the study are to:

i. identify and document medicinal plants occurring in Kogi Central;
ii. record their scientific, common and indigenous names;
iii. document the plant parts traditionally used;
iv. document reported preparation and administration methods;
v. identify the ailments for which remedies are traditionally reported to be used;
vi. determine the geographical coordinates of documented plants and relevant collection sites;

While the study will the address the following:

i. to establish a GIS-based spatial distribution map;
ii. to develop a searchable relational database;
iii. to document variations in medicinal-plant knowledge among the five LGAs;
iv. to identify plants that may require conservation attention;
v. to preserve photographic and herbarium records of identified plants; and
vi. to develop an ethically governed information framework for protecting indigenous knowledge.

Research Questions

The study will address the following questions:

i. What medicinal plant species are known and utilized in Kogi Central?

ii. Where are the documented medicinal plants geographically distributed?

iii. Which plant families are most represented?

iv. Which plant parts are most frequently utilized?

v. What preparation methods are employed?

vi. What categories of ailments are associated with the documented remedies?

vii. How does medicinal-plant knowledge vary among the five LGAs?

viii. Which plants are predominantly wild and which are cultivated?

ix. What environmental factors influence the spatial distribution of medicinal plants?

x. How can GIS and database technology improve the preservation and accessibility of ethnobotanical knowledge?

Methodology

Research Design

The project should employ a *mixed-method ethnobotanical and geospatial research design.* The ethnobotanical component will generate information from people who possess relevant knowledge, while the botanical component will identify and verify plant specimens. The geospatial component will record the location of specimens and associated ecological characteristics.

The database should therefore integrate three forms of evidence:

Ethnographic evidence + Botanical evidence + Geospatial evidence

This can be represented as:

Community Knowledge → Field Identification → GPS Coordinates → Database → GIS Mapping → Analysis → Conservation/Research Application

Sampling Strategy

A multistage sampling approach is recommended.

Stage One: Selection of LGAs

All five LGAs should be represented:

- *Adavi*
- *Ajaokuta*
- *Okehi*
- *Okene*
- *Ogori/Magongo*

Stage Two: Selection of Communities

Several communities should be selected from each LGA based on ecological diversity, availability of traditional medicine practitioners and willingness to participate.

Stage Three: Selection of Knowledge Holders

Participants may include:

- traditional medicine practitioners;
- herbalists;
- herb sellers;
- farmers;
- elderly community members;
- women knowledgeable about household remedies;
- hunters;
- plant collectors;
- community leaders; and
- younger apprentices where appropriate.

Existing Kogi research demonstrates the usefulness of combining interviews with direct field observation and botanical specimen collection.

Ethnobotanical Data Collection

A structured ethnobotanical questionnaire should be complemented by semi-structured interviews and field walks. For each plant, researchers should record:

A. Botanical information

- scientific name;
- family;
- genus;
- species;
- voucher number;
- growth form.

B. Indigenous knowledge

- local name;
- language;
- traditional classification;
- perceived properties;
- traditional indications.

C. Medicinal application

- ailment category;
- plant part used;

- preparation method;
- route of administration;
- combination with other plants;
- frequency of use as reported by participants.

D. Ecological information

- habitat;
- soil/environmental conditions;
- cultivated or wild;
- abundance;
- threats;
- associated vegetation.

E. Spatial information

- latitude;
- longitude;
- elevation;
- LGA;
- community;
- collection site.

F. Visual evidence

- whole plant photograph;
- leaf;
- flower;
- fruit;
- bark/stem where appropriate;
- plant part used;
- habitat photograph.

Botanical Verification

One of the greatest weaknesses of traditional plant databases is the possibility of misidentification. Consequently, each plant should undergo taxonomic verification by a qualified botanist or herbarium specialist. Voucher specimens should be collected in accordance with relevant botanical and ethical requirements. The database should distinguish between: *Reported traditional identification* and *Scientifically verified botanical identification.*

This distinction is essential because a traditional name alone should not be treated as sufficient evidence of species identity.

Georeferencing and GIS Development

GPS-enabled smartphones or handheld GPS devices can be used to collect coordinates during fieldwork. Each verified specimen would receive a unique spatial identifier.

For example:

KCM-OKN-001

could represent:

- KCM = Kogi Central Medicinal
- OKN = Okene
- 001 = first recorded specimen

The coordinates can then be imported into GIS software such as:

- QGIS;
- ArcGIS;
- Google Earth Pro; or
- another appropriate spatial platform.

Proposed GIS layers

Layer 1: Kogi Central administrative boundaries
Layer 2: LGA boundaries
Layer 3: communities
Layer 4: roads
Layer 5: rivers/streams
Layer 6: vegetation/land-cover
Layer 7: medicinal-plant locations
Layer 8: medicinal-plant habitats
Layer 9: conservation-sensitive species
Layer 10: traditional medicine centres/markets, subject to ethical approval.

Proposed Database Architecture

The database should preferably use a relational structure.

Table A: Plant Taxonomy

Field	Description
Plant_ID	Unique identifier
Scientific_Name	Verified scientific name
Family	Botanical family
Genus	Genus
Species	Species
Voucher_No	Herbarium reference

Table B: Indigenous Knowledge

Field	Description
Knowledge_ID	Unique identifier
Plant_ID	Link to plant
Local_Name	Indigenous name
Language	Language of name
Traditional_Use	Reported use
Preparation	Preparation method
Administration	Route of administration

Table C: Spatial Information

Field	Description
Location_ID	Unique location
Plant_ID	Link to plant
LGA	Administrative area
Community	Locality
Latitude	GPS coordinate
Longitude	GPS coordinate
Elevation	Height above sea level
Habitat	Ecological setting

Table D: Photographic Evidence

Field	Description
Photo_ID	Photograph number
Plant_ID	Plant identifier
Photo_Type	Whole plant/leaf/flower/etc.
Date	Date taken
Photographer	Researcher
Location	Site

Spatial Analysis

The GIS component should go beyond merely placing dots on a map. The project can analyze:

Plant diversity by LGA

This will reveal whether particular LGAs contain greater recorded medicinal-plant diversity.

Distribution by habitat

Plants can be classified according to:

- forest;

- farm;
- grassland;
- riverbank;
- household garden;
- roadside;
- fallow land.

Distribution of plant parts utilized

The study could visualize whether leaf-based remedies dominate particular communities. Previous research in Kogi provides an important basis for this analysis. For example, research in Yagba East reported leaves as the most frequently used plant part, followed by fruits and stem bark (Olatunji, B. P et. al,. 2014).

Disease-treatment clusters

The database can generate thematic maps showing plants traditionally associated with categories such as:

- gastrointestinal disorders;
- fever;
- skin conditions;
- respiratory problems;
- reproductive health;
- inflammation;
- wounds;
- hypertension;
- diabetes.

Such maps should be presented as **records of traditional use**, not as clinical evidence of efficacy.

Proposed Database Interface

The final platform could have a simple interface containing:

HOME

↓

SEARCH MEDICINAL PLANT

↓

SELECT LGA

↓

SELECT COMMUNITY

↓

SELECT PLANT

↓

VIEW MAP

↓

VIEW BOTANICAL INFORMATION

↓

VIEW TRADITIONAL USE

↓

VIEW PHOTOGRAPH

↓

VIEW CONSERVATION INFORMATION

This would transform the project from a conventional research report into a potentially valuable *digital ethnobotanical resource*.

Pictorial and Spatial Evidence to Be Generated During the Study

The final research project should contain original figures such as:

Figure 1 *Map of Nigeria showing the location of Kogi State.*

Figure 2 *Map of Kogi State showing Kogi Central Senatorial District.*

Figure 3 *Map showing Adavi, Ajaokuta, Okehi, Okene and Ogori/Magongo LGAs.*

Figure 4 *GPS-enabled field data collection.*

Figure 5 *Traditional medicine practitioner identifying a medicinal plant.*

Figure 6 *Photographic documentation of identified medicinal plants.*

Figure 7 *Herbarium specimen preparation and labelling.*

Figure 8 *GIS distribution map of medicinal plants.*

Figure 9 *Database interface showing plant records.*

Figure 10 *Thematic map showing medicinal plants according to therapeutic-use categories.*

Figure 11 ***Map showing areas requiring medicinal-plant conservation.***

Conservation Dimension

A georeferenced database should not simply answer the question, *"Where is the plant?"* It should also help answer, *"What is happening to the plant?"*

Medicinal plants may be threatened by:

- deforestation;
- agricultural expansion;
- urbanization;
- bush burning;
- indiscriminate harvesting;
- extraction of roots and bark;
- climate variability;
- habitat fragmentation; and
- commercialization.

Spatial data can help identify locations where medicinal plants are concentrated and therefore where conservation interventions may be necessary. The WHO's contemporary work on traditional medicine explicitly connects medicinal plants, indigenous knowledge, biodiversity conservation, sustainability and equitable benefit-sharing (*World Health Organization* 2025)

Indigenous Knowledge and Ethical Considerations

This is one of the most important dimensions of the proposed project. Indigenous medicinal knowledge should not be treated as freely available information simply because it is communicated during an interview. The project should therefore obtain *prior informed consent* from participants and communities before recording sensitive knowledge.

Some information may need to be classified as:

Public information

Information that communities agree may be publicly displayed.

Restricted information

Information accessible only to authorized researchers.

Confidential information

Information that should remain protected and excluded from public dissemination. This is particularly important where knowledge concerns specialized remedies, sacred plants, culturally restricted practices or economically valuable medicinal formulations. The WHO emphasizes respectful engagement with Indigenous Peoples, biodiversity, traditional knowledge, intellectual property and equitable benefit-sharing (World Health Organization. 2025) Therefore, the database should *not publish precise coordinates of highly vulnerable or*

culturally sensitive plants without appropriate community consent. In some cases, coordinates may need to be generalized to the LGA or a wider spatial grid.

Scientific and Pharmaceutical Significance

The database should not claim that traditional use automatically establishes clinical efficacy. Rather, it should create a structured platform for *future scientific investigation*. For example, a plant repeatedly reported by independent knowledge holders for a particular condition may be selected for:

i. botanical verification;
ii. phytochemical screening;
iii. toxicity assessment;
iv. laboratory investigation;
v. pharmacological studies; and, where justified,
vi. properly designed clinical research.

This approach is supported by earlier Kogi research, which repeatedly recommends further pharmacological evaluation of documented medicinal plants. (Isah, A. O., et. al,. 2018). The database can therefore function as a bridge between:

Indigenous knowledge → Ethnobotany → Botany → Pharmacognosy → Pharmacology → Evidence-based research

Expected Outputs

The project should produce:

i. a verified inventory of medicinal plants;
ii. a georeferenced digital database;
iii. a GIS map of medicinal-plant distribution;
iv. a photographic catalogue;
v. herbarium voucher records;
vi. an indigenous-name dictionary;
vii. a database of traditional preparation methods;
viii. an inventory of plant parts used;
ix. a classification of reported therapeutic applications;
x. a conservation-priority map;
xi. a searchable web or desktop interface;
xii. datasets for future scientific research; and
xiii. a framework for preserving indigenous medicinal knowledge.

Expected Contribution to Knowledge

The principal contribution of the study is its movement from *static ethnobotanical documentation to spatially enabled knowledge management*. Earlier research has already demonstrated considerable medicinal-plant diversity in Kogi Central. The study of Ebira medicinal herbs, for instance, recorded 124 botanical species across Adavi, Ajaokuta, Okehi and Okene. (Alfa, A. A., et. al., 2021). The proposed project does not merely seek to repeat those inventories. Instead, it seeks to establish a platform through which information can be continuously updated, spatially analyzed and connected to photographs, voucher specimens and ecological information. Its contribution can therefore be expressed as:

Inventory + Indigenous Knowledge + Botanical Verification + GPS + GIS + Database + Conservation = Integrated Ethnomedicinal Information System.

Discussion

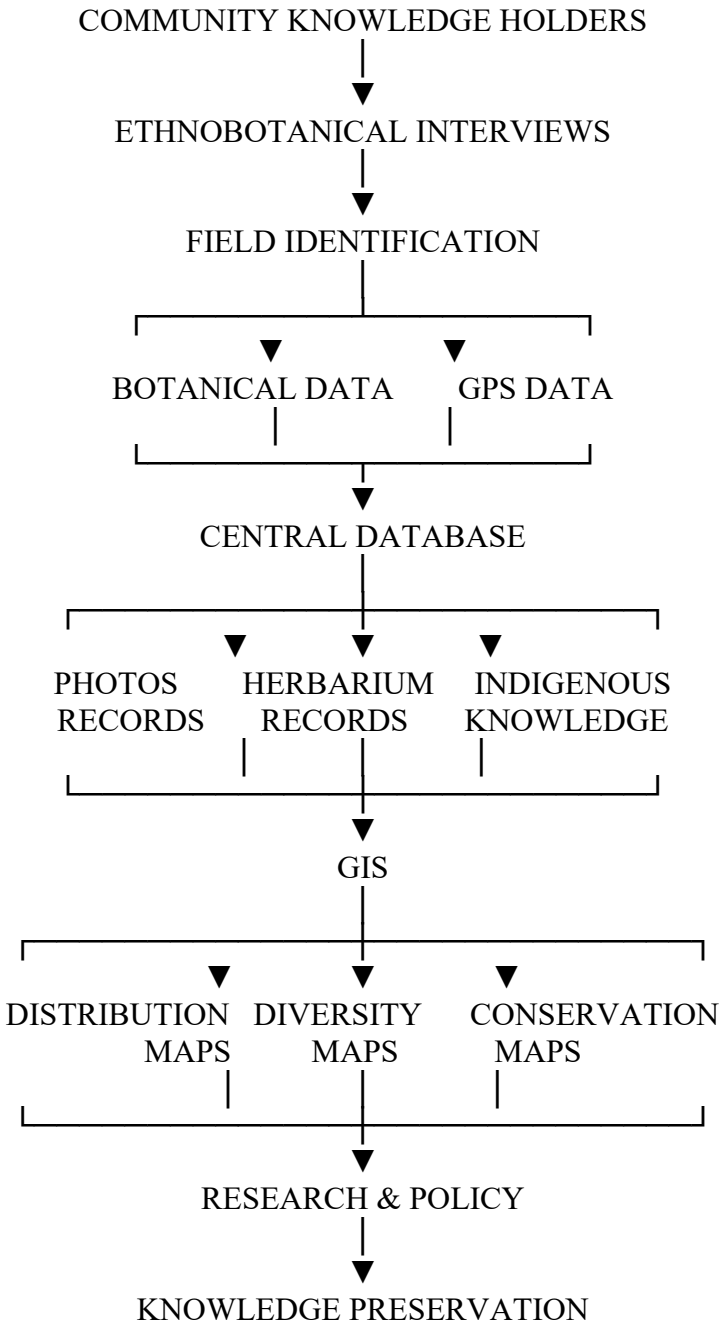
The development of a georeferenced database is particularly relevant because medicinal-plant knowledge is inherently spatial. Plants grow in particular ecological environments, while knowledge about them is concentrated among particular communities and cultural groups. Removing the geographical dimension from such knowledge can therefore diminish the explanatory value of an ethnobotanical record. For example, a medicinal plant occurring naturally in a forest environment may be unavailable in an urban settlement except through herbal markets. Conversely, a plant cultivated around households may be widely available despite having a limited natural distribution. GIS allows these distinctions to become visible.

The proposed system would also make it possible to compare traditional knowledge between LGAs. A plant may have one indigenous name in Okene and another in Ajaokuta. The same plant may be used for different purposes, or different plants may be used for the same ailment. Such similarities and differences constitute valuable cultural and ethnobotanical information.

Research elsewhere in Kogi illustrates this diversity. Studies in Lokoja identified 45 medicinal species belonging to 22 families, while the Yagba East study documented 53 species belonging to 36 families. (Isah, A. O., et. al., (2018). These findings suggest that medicinal-plant knowledge varies geographically and that district-wide documentation should avoid assuming that one community's knowledge represents the entire state. The database would consequently provide a mechanism for preserving plurality rather than homogenizing indigenous knowledge.

Proposed Model of the System

Figure 12: Conceptual framework



Limitations

The project may encounter several limitations.

First, some traditional practitioners may be unwilling to disclose knowledge considered secret or commercially valuable.

Second, plant identification may be complicated by similarities between species and variations in local nomenclature.

Third, seasonal variation may affect the visibility of flowering and fruiting plants.

Fourth, some plants may occur in environmentally inaccessible areas.

Fifth, GPS accuracy may vary depending on vegetation cover, equipment and environmental conditions.

Sixth, traditional therapeutic claims cannot automatically be interpreted as scientifically validated medical treatments.

Finally, the database will require continuous updating because plant distributions, habitats and community knowledge change over time.

Recommendations

The study recommends that:

i. Kogi State establish a coordinated digital medicinal-plant documentation programme.
ii. Universities in Kogi State collaborate with traditional medicine practitioners and community organizations.
iii. A central ethnobotanical repository should be developed for Kogi State.
iv. Medicinal plants should be taxonomically verified before inclusion as confirmed species.
v. Indigenous knowledge holders should participate actively in database governance.
vi. Sensitive information should receive appropriate access restrictions.
vii. Conservation authorities should use GIS outputs to identify threatened medicinal-plant habitats.
viii. Pharmacognosy and pharmaceutical researchers should use the database to identify candidates for further research.
ix. Young people should be encouraged to participate in indigenous-knowledge documentation.
x. Any commercial use of community knowledge should incorporate appropriate consent and benefit-sharing mechanisms.

Conclusion

The development of a georeferenced database for medicinal plants and herbal remedies in Kogi Central Senatorial District represents an important step towards the systematic documentation, preservation, management and utilization of indigenous medicinal knowledge. Kogi Central possesses a rich diversity of medicinal plants and a considerable body of traditional knowledge developed through generations of interaction between local communities and their natural environment. However, the largely oral and fragmented nature of this knowledge, coupled with environmental degradation, urbanization, changing lifestyles and the gradual loss of experienced knowledge holders, creates an urgent need for systematic documentation and preservation.

The integration of ethnobotanical information with Geographic Information System (GIS) technology provides an effective approach to addressing these challenges. By assigning geographical coordinates to identified medicinal plants and linking them with botanical names, indigenous names, plant parts utilized, preparation methods, reported therapeutic applications, habitat characteristics, photographs and conservation information, the proposed database provides a more comprehensive representation of medicinal-plant resources than conventional inventories. It also makes it possible to visualize patterns of plant distribution, compare medicinal-plant knowledge across Adavi, Ajaokuta, Okehi, Okene and Ogori/Magongo, and identify areas requiring further botanical investigation or conservation intervention.

Beyond its technological value, the database has significant cultural and scientific implications. It can serve as a digital repository for preserving indigenous knowledge and as a foundation for future ethnobotanical, pharmacological, pharmaceutical and ecological research. The information generated may assist researchers in identifying plants that warrant further scientific investigation while enabling conservation agencies and policymakers to better understand the distribution and vulnerability of medicinal plant resources. It can also support educational initiatives by providing students and younger generations with structured access to aspects of their botanical and cultural heritage.

Nevertheless, the development and application of such a database must be guided by strong ethical principles. Indigenous knowledge should not be treated as unrestricted public property. Prior informed consent, confidentiality, intellectual-property protection and equitable benefit-sharing should be incorporated into the management of the database. Sensitive knowledge and the precise locations of rare or culturally restricted plants should be protected where necessary. Furthermore, traditional claims regarding the medicinal effectiveness of plants should be distinguished from scientifically established clinical evidence.

Finally, the proposed georeferenced database provides a framework through which indigenous knowledge, botanical science, spatial technology and biodiversity conservation can be brought together. It transforms dispersed medicinal-plant information into a structured and potentially sustainable knowledge resource while preserving the geographical and cultural contexts in which that knowledge exists. If properly implemented, maintained and governed in partnership with local communities, the database can become a valuable digital ethnobotanical resource for Kogi Central and a model for similar initiatives elsewhere in Nigeria. Its broader significance lies in demonstrating that modern geospatial technology can be employed not to replace indigenous knowledge systems, but to document, protect, understand and responsibly connect them with contemporary scientific research.

References

Alfa, A. A., Tijani, K. B., Unoyiza, U. S., & Aliyu, A. A. (2021). Documentation of ethno-medicinal herbs commonly used as medicinal herbology among Ebira tribes in Kogi State, Nigeria. *Asian Journal of Research in Botany, 4*(1), 61–77. (journalajrib.com)

Atawodi, S. E. O., Olowoniyi, O. D., Obari, M. A., & Ogaba, I. (2014). Ethnomedical survey of Adavi and Ajaokuta Local Government Areas of Ebiraland, Kogi State, Nigeria. *Annual Research & Review in Biology, 4*(24), 4344–4360. (journalarrb.com)

Halimat, A., Yusuf, M. S., Yusuf, D. O. A., Sidi, A. B., Usman, A. N., & Unekwu, H. R. (2020). Ethnobotanical survey of medicinal plants used in the treatment of gastrointestinal tract infections in Ebiraland, Kogi State, Nigeria. *Journal of Medicinal Plants Studies, 8*(1), 38–44. (plantsjournal.com)

Isah, A. O., Adang, K. L., Suberu, H. A., & Suleiman, M. N. (2018). Ethnobotanical survey of some medicinal plants in Lokoja, Kogi State, Nigeria. *Confluence Journal of Pure and Applied Sciences, 1*(2), 113–124. (Confluence Journal)

Olatunji, B. P., Ajibola, D. O., Adebayo, E. O., Nyong, E. E., & Moody, J. O. (2014). Ethnomedicinal survey of botanicals used by herbal practitioners in Yagba East Local Government of Kogi State, Nigeria. *European Journal of Medicinal Plants, 4*(12), 1479–1488. (European Journal of Medicinal Plants)

World Health Organization. (2025). *Traditional medicine*. (World Health Organization)

World Health Organization Global Traditional Medicine Centre. *Biodiversity and Indigenous Knowledges*. (World Health Organization)

INDUSTRIAL ECOSYSTEM STRENGTHENING

Evelyn Halilah Faiqoh1, Nabilla Ayu Fitriyani2, Zahwa Aulia Khalimi Putri3, Laela Fazida4, Nala Dian Rosita5

12345Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: evelyn.halilah.faiqoh24174@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The strengthening of the industrial ecosystem is a critical factor for the integrated development of the batik and modest fashion sectors, moving away from isolated operations. This chapter examines how a comprehensive halal value chain approach spanning upstream, midstream, and downstream stages enhances collaboration among stakeholders, including raw material suppliers, micro, small, and medium enterprises (MSMEs), universities, cooperatives, creative communities, and government agencies. By integrating digital transformation, standardized quality control, shared logistics infrastructure, and strategic financing, the ecosystem fosters resource-sharing, transparency, and traceability. Universities and creative communities serve as catalysts for innovation, design, and sustainability, while cooperatives and associations improve bargaining power and collective efficiency. Furthermore, the integration of Central Java's diverse industrial centers into a unified network builds collective capacity and market resilience. Ultimately, a collaborative and well-coordinated ecosystem ensures long-term competitiveness, balancing economic growth, cultural preservation, and continuous improvement in the halal fashion industry.

Keywords: *Batik and modest fashion, halal value chain, industrial ecosystem, digital transformation, stakeholder collaboration.*

GLOBAL MARKET EXPANSION STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE HALAL CREATIVE ECONOMY

M Reza Fahrezi[1], Lia Fatra Nur Laili Kamalin[2], Diana Kristi[3], Muhammad Romiz Assiddiqi[4], Ummu Kholil Prawesti[5]

Universitas Islam Negeri K. H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

The halal creative economy has significant potential to contribute to sustainable economic growth, strengthen cultural identity, and enhance the competitiveness of Muslim-majority countries in the global market. However, expanding halal creative products and services internationally requires effective strategies to address market competition, diverse consumer preferences, regulatory differences, and international halal certification standards. This study aims to examine strategic approaches to expanding the global market for the halal creative economy, focusing on digital transformation, product innovation, international collaboration, and market adaptation. A qualitative descriptive approach based on a literature review is employed to identify key opportunities and challenges in international market expansion. The findings indicate that digital platforms and e-commerce play an essential role in connecting halal creative businesses with international consumers, reducing market entry barriers, and increasing product visibility. Furthermore, innovation in product design, branding, and packaging can strengthen the value proposition of halal creative products. Compliance with international halal standards and the development of strategic partnerships with global distributors, governments, and industry stakeholders are also crucial for building consumer trust and facilitating market access. In addition, adapting products to local cultures, consumer behavior, and market characteristics can improve the acceptance of halal creative products in diverse international markets. Nevertheless, limited access to financing, inadequate technological capabilities, and fragmented certification systems remain significant challenges. Therefore, an integrated global expansion strategy that combines digitalization, innovation, certification harmonization, and international cooperation is necessary to enhance the competitiveness of the halal creative economy. These strategies are expected to support sustainable business growth, expand export opportunities, and strengthen the position of halal creative industries in the global economy.

Keywords: Halal Creative Economy, Global Market Expansion, Digital Transformation, International Competitiveness, Halal Certification.

COMMUNITY INCLUSION AND EMPOWERMENT

Indi Mazaya[1], Tsania Karima Khusna[2], Dela Puspita Sari[3], Khabibah Maria Ulfa[4], Melvi Neviza[5]

[1, 2, 3, 4, 5] Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia

Workplace, field of work, e-mail address, ORCID number

Email: indi.mazaya24026@mhs.uingusdur.ac.id, tsania.karima.khusna24027@mhs.uingusdur.ac.id, dela.puspita.sari24136@mhs.uingusdur.ac.id, khabibah.maria.ulfa24003@mhs.uingusdur.ac.id, melvi.neviza24044@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Inclusion and community empowerment are essential aspects of sustainable tourism development that should not focus solely on increasing visitor numbers and economic activity, but also ensure that local communities receive more equitable benefits. This section discusses the importance of positioning local communities as active subjects of tourism development with their own capacities, knowledge, and local resources that can be strengthened through tourism activities. Community empowerment is directed toward improving people's ability to participate in decision-making, manage resources, develop businesses, and maintain the cultural identity of destinations. Meanwhile, inclusion emphasizes equal opportunities for diverse community groups, including women, youth, persons with disabilities, micro, small, and medium enterprises, artists, and other local groups. In Central Java, empowerment can be developed through tourism villages, tourism communities, culinary centers, cultural groups, youth communities, and creative businesses based on local potential. Successful empowerment requires capacity building, business assistance, access to capital and markets, digital utilization, and meaningful community participation from planning to evaluation. The development of halal tourism can also expand economic opportunities through halal culinary products, handicrafts, cultural experiences, accommodation, and tourism services provided by local communities. Therefore, inclusion and community empowerment should be positioned as core elements of destination development so that tourism benefits can be distributed more equitably, strengthen economic independence and social capital, and improve community welfare. This approach can support the development of halal and creative tourism in Central Java that is not only economically productive, but also socially just, inclusive, participatory, and sustainable.

Keywords: community inclusion, community empowerment, sustainable tourism, halal tourism, Central Java.

CHALLENGES AND STRATEGIES FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF MSMES IN CENTRAL JAVA, INDONESIA

Raya Ajeng Pertiwi, M Farrel Azka Wimaramzy, Mutia Puspita Andiny, Ardan Yudha Wiratama, Sultan Daffa Amrulloh

Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Digital transformation provides significant opportunities for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) to expand market access, improve operational efficiency, enhance customer service, and strengthen business competitiveness. However, its implementation presents several challenges, including limited digital literacy, inadequate infrastructure, financial constraints, cybersecurity risks, intensifying market competition, and difficulties in integrating digital technologies into business operations. This article aims to examine the main challenges faced by MSMEs in implementing digital transformation and identify strategies to support its sustainable adoption, particularly in Central Java, Indonesia. The discussion highlights that digital transformation involves more than simply adopting social media or online marketplaces. It also requires improvements in managerial capabilities, digital skills, customer relationship management, and data-driven decision-making. Several strategies can be implemented to address these challenges, including gradual technology adoption, practical training and mentoring, effective digital marketing, transparent product information, cybersecurity awareness, and regular evaluation of digital business performance. Collaboration among government institutions, universities, financial institutions, business communities, and technology providers is also essential to create a supportive digital ecosystem. For MSMEs in Central Java, digital transformation offers opportunities to promote local products, including creative products, traditional crafts, culinary products, and halal-certified goods, to broader markets while maintaining their regional identity. The discussion emphasizes that successful digital transformation depends not only on technological availability but also on the readiness of human resources, appropriate business strategies, and the ability to adapt to changing consumer preferences. Therefore, digital transformation should be implemented progressively and according to the needs and capacities of individual businesses to ensure long-term sustainability and competitiveness in the digital economy.

Keywords: Digital Transformation; Micro, Small, and Medium Enterprises; Digital Literacy; Business Competitiveness; Central Java

LOCAL COMMUNITY EMPOWERMENT IN SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT

Khabibah Maria Ulfa[1], Melvi Neviza[2], Indi Mazaya[3], Tsania Karima Khusna[4], Dela Puspita Sari[5]

[1,2,3,4,5] Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia

Workplace, field of work, e-mail address, ORCID number

Email: khabibah.maria.ulfa24003@mhs.uingusdur.ac.id melvi.neviza24044@mhs.uingusdur.ac.id indi.mazaya24026@mhs.uingusdur.ac.id tsania.karima.khusna24027@mhs.uingusdur.ac.id dela.puspita.sari24136@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Local community empowerment is an important aspect of sustainable tourism development because local communities are not only beneficiaries but also active participants in managing and developing local tourism potential. Empowerment can be carried out through improving skills, knowledge, access to capital and markets, digital technology utilization, and community involvement in tourism planning and management. These efforts can create business opportunities, employment, increase community income, and encourage economic independence. In addition, community empowerment contributes to the preservation of local culture and environmental sustainability. Active community participation can help maintain local traditions, cultural identity, and natural resources. Therefore, cooperation among local communities, governments, businesses, and other stakeholders is needed to develop tourism that provides economic benefits while preserving culture and the environment in a sustainable manner.

Keywords: community empowerment, sustainable tourism, local economy, culture, community participation community.

FOOD SAFETY AND PRODUCT QUALITY IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES)

Dela Puspita Sari [1], Khabibah Maria Ulfa[2], Melvi Neviza[3], Indi Mazaya[4], Tsania Karima Khusna[5]

[1,2,3,4,5] Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia

Email: dela.puspita.sari24136@mhs.uingusdur.ac.id;

khabibah.maria.ulfa24003@mhs.uingusdur.ac.id;

melvi.neviza24044@mhs.uingusdur.ac.id;

indi.mazaya24026@mhs.uingusdur.ac.id;

tsania.karima.khusna24027@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Food safety and product quality are essential factors in ensuring consumer protection, building customer trust, and improving the competitiveness of Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) in the food processing industry. This study aims to examine the importance of food safety and product quality management in SMEs, particularly through the implementation of Good Manufacturing Practices (GMP), Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), Standard Operating Procedures (SOPs), and halal assurance systems. This study employs a literature review method by examining relevant research on food safety, product quality, and halal practices in food-processing SMEs. The findings indicate that food safety and product quality are influenced by several key factors, including production environment, equipment, employee hygiene, and the consistency of production procedures. GMP provides a basic framework for maintaining hygienic production conditions, while HACCP helps identify and control potential hazards at critical stages of food processing. Furthermore, halal assurance is an important consideration for Indonesian food businesses, particularly in ensuring that products comply with Islamic principles while maintaining safety and quality standards. However, SMEs continue to face challenges, including limited employee training, low levels of halal certification, inadequate internal audits, and insufficient raw material traceability. Therefore, collaboration among government institutions, educational institutions, religious organizations, and business owners is necessary to strengthen food safety and quality management. Effective implementation of these practices can help SMEs produce safe, high-quality, and competitive food products while increasing consumer confidence and supporting sustainable business development.

Keywords: Food Safety, Product Quality, Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs), Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), Halal Assurance

INTERNATIONAL MARKETING: FROM DOMESTIC MARKETS TO GLOBAL MARKETS

Nabilla Ayu Fitriyani[1], Evelyn Halilah Faiqoh[2], Laela Fazida[3], Zahwa Aulia Khalimi Putri[4], Nala Dian Rosita[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: nabilla.ayu.fitriyani24168@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Globalization and digitalization have created new opportunities for Indonesian fashion products to enter international markets, particularly batik and Muslim fashion from Central Java. However, international marketing requires more than translating promotional materials or establishing digital platforms in foreign languages. It involves understanding target consumers, cultural differences, market preferences, regulations, distribution systems, pricing, payment methods, logistics, and competitive conditions. This chapter examines strategies for developing international marketing from domestic markets toward global markets, with particular emphasis on export development, digitalization, product adaptation, branding, and market readiness. Exporting can serve as an important entry strategy when supported by product development, market research, brand building, digital marketing, and systematic identification of potential international buyers. Digital platforms, including websites, social media, and international marketplaces, can reduce barriers to market entry and enable small and medium-sized enterprises (SMEs) to test international demand more efficiently. At the same time, businesses need to balance standardization and adaptation by maintaining cultural identity while adjusting selected product and communication elements to meet local market preferences. For batik products, cultural storytelling can communicate the uniqueness of motifs, craftsmanship, production processes, and heritage value to international consumers. Muslim fashion also requires attention to halal principles, ethical production, sustainability, and relevant market standards. Successful internationalization further depends on organizational readiness, including production capacity, consistent quality, packaging, legal documentation, finance, logistics, and customer service. Therefore, international marketing should be viewed as a long-term process of transforming local cultural identity into globally relevant value while preserving its authenticity.

Keywords: International Marketing; Global Market; Batik; Muslim Fashion; Export Strategy; Digital Marketing; Cultural Heritage; SMEs; Product Adaptation; Branding.

HALAL FASHION PRODUCT INNOVATION

Laela Fazida1, Nabilla Ayu Fitriyani2, Zahwa Aulia Khalimi Putri3, Evelyn Halilah Faiqoh4, Nala Dian Rosita5

12345Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: laela.fazida24160@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Innovation has become a decisive factor in the growth of the halal fashion industry, particularly amid intensifying competition in domestic and international markets. This chapter synthesizes three studies to examine how innovation in halal fashion extends beyond aesthetic design to encompass the application of halal principles across production stages, the adoption of digital technology, and marketing strategies responsive to consumers' religious needs. The first study, a quantitative investigation of 130 respondents in Salatiga, finds that price perception and product innovation each exert a positive and significant effect on purchasing decisions for Rabbani hijab, with religiosity moderating these relationships. More religious consumers tend to accept higher prices, especially when products offer innovations that match their needs. The second study, a qualitative case study in Batang Regency, Central Java, shows that innovation in Muslim fashion involves implementing halal principles from material selection and manufacturing to product delivery. Creativity in combining religious values with global trends opens opportunities for Indonesian products in international markets, while also generating employment and strengthening the local economy. The third study, involving 117 Generation Y and Z respondents, demonstrates that only consumer experience significantly influences purchase intention in Augmented Reality (AR) applications, indicating that AR's value lies in enhancing direct consumer experience rather than merely providing product information. Together, these findings reveal four complementary dimensions of innovation: religious-economic values, holistic halal-based processes, digital technology, and local economic empowerment. These dimensions indicate that Indonesia's halal fashion industry is moving toward deeper, more comprehensive innovation. Nevertheless, Indonesia, despite having the world's largest Muslim population, must accelerate innovation in products, processes, and marketing technology to compete with Turkey, the United Arab Emirates, and Malaysia. Central Java emerges as an important center of innovation, and digital technologies such as AR offer micro, small, and medium enterprises affordable opportunities to compete without compromising halal commitments.

Keywords: halal fashion, product innovation, religiosity, augmented reality, Central Java

MEMORY EXTERNALIZATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE SOCIAL RECONFIGURATION OF THE EXTENDED MIND

PhD Petronela Daniela FERARU

National College Iași and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania, Sociology, daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

Memory externalization increasingly involves systems that retrieve, transform, and generate representations of the past. This article examines the social conditions under which such assistance extends cognitive resources while redistributing mnemonic authority. It combines a sociological conceptual framework with descriptive secondary analysis of published statistics on cognitive effort, visual memory distortion, information verification, search behavior, and AI use. Experimental memory responses, task-level judgments, coded participant accounts, and weighted population estimates are analyzed separately. The figures are independently redrawn from traceable published values; no original survey, pooled dataset, or new causal effect is claimed. The analysis distinguishes retention, retrieval, and interpretation, and develops mnemonic autonomy as the socially supported capacity to inspect, contextualize, correct, and contest consequential representations. Statistical contrasts show why reduced effort, convenient access, and perceived benefit cannot be treated as interchangeable measures of reliable remembering. Their sociological significance concerns the organization of evidence, the distribution of verification work, unequal participation, and the continuity of records across providers. The article argues that cognitive integration does not settle legitimate authority over personal histories. Accountable externalization requires usable provenance, meaningful possibilities of correction, and institutional support for people whose accounts are represented. The framework offers bounded interpretations and research propositions rather than a universal diagnosis of cognitive decline.

Keywords: Memory externalization, extended mind, distributed cognition, mnemonic autonomy, algorithmic mediation

INTRODUCTION

An archival search retrieves retained traces through an existing arrangement of selection and description. Generative systems can additionally compose accounts that were never previously recorded. This difference matters when a request concerns a person's own past: a response may combine an authentic message, an inferred intention, and a plausible transition. The analysis concerns systems supplied with records or used as informational supports; it does not assume that every chatbot possesses a personal archive. The sociological question is how a representation acquires mnemonic authority and who can challenge its construction.

The central argument of this article is that generative memory assistance redistributes mnemonic authority across people, records, interfaces, and organizations. Externalization is not inherently a loss of agency. It can preserve otherwise inaccessible experiences, support communication, and reduce burdens associated with searching extensive collections. However, the conditions under which assistance remains answerable to the rememberer cannot be inferred from accessibility alone. A system may be available every day while its selection rules, business continuity, and possibilities of correction remain outside the user's effective control. Cognitive integration and institutional dependence can thus coexist.

This distinction develops the question posed by Clark and Chalmers (1998): under what circumstances should an external resource count as part of a cognitive process? Their argument challenges the assumption that the boundary of the skull settles the boundary of cognition. The present analysis accepts the importance of that challenge without treating every convenient application as a component of mind. It asks an additional sociological question: who maintains the relationship through which a resource becomes dependable, and who can terminate or redefine it? A functional description of use needs an organizational account of its conditions.

The article introduces mnemonic autonomy as the practical and socially supported capacity to inspect, correct, contextualize, refuse, and carry forward technologically mediated representations of one's history. Autonomy here is relational. Nobody remembers without language, social recognition, or material supports. The relevant distinction is between dependencies that remain negotiable and dependencies through which another actor can define the terms of access without an effective remedy. This definition also avoids equating independence with unaided recall, an equation that would marginalize people who rely on assistive technologies or shared archives.

Three questions organize the inquiry. How does generative mediation redistribute remembering and verification? Which institutional arrangements keep assistance answerable to affected people? How do social differences shape participation in these arrangements? The article combines a conceptual framework with descriptive secondary analysis of published statistics. Its eight figures represent observed distributions, experimental means, or coefficients from identified sources. They are not results from a new survey. The evidence connects the argument to measurable practices while preserving the distinction between perceived convenience, cognitive performance, and legitimate authority.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

1.1. Remembering as a Social Practice

Halbwachs (1992) provides a starting point for understanding personal recollection through social frameworks. Remembering becomes communicable through available categories, relationships, and occasions of recognition. The sociological implication is not that personal experience disappears into a collective account. It is that an experience acquires intelligibility within relationships that enable some descriptions while making others difficult to articulate. Applied to generative assistance, this perspective redirects attention from the isolated user to the audiences, institutions, and conventions through which a generated account might be accepted.

The useful distinction is between an evidential trace, an act of recollection, and an accountable interpretation. A photograph may establish that a scene was recorded but not why it mattered. A recollection may give access to significance without providing a precise timestamp. An interpretation connects materials into an explanation that can be challenged. Treating these as interchangeable creates a category error. Technological design becomes consequential when it conceals which of the three is being presented, especially where first-person wording makes an interpretation appear to be a recovered experience.

Van Dijck (2007) situates personal memory within changing media practices rather than opposing authentic internal memory to artificial external storage. This orientation is valuable because it prevents a nostalgic baseline in which recollection was once unmediated. The present argument concerns a particular modification of mediation: conversational systems can reorganize traces into responsive accounts. Their distinctiveness lies less in the fact that they influence remembering than in the interaction between on-demand composition, apparent personalization, and organizational control over the apparatus that produces the account.

1.2. Cognitive Extension and its Institutional Conditions

Hutchins (1995) demonstrates the value of studying cognition across coordinated people and artifacts. From this perspective, a task is not adequately understood by attributing all relevant processing to one individual's mental representations. For the present inquiry, the unit of analysis is a mnemonic arrangement: a situated configuration of persons, records, procedures, and technical services through which a claim about the past is produced and assessed. The arrangement can include a notebook or local archive; it need not involve artificial intelligence.

This unit prevents a misleading opposition between internal capacity and external assistance. A diary organized by its writer, a collaboratively maintained archive, and a platform-generated biography are all external resources, but their governance differs. The relevant comparison examines who can add material, inspect provenance, change categories, or preserve continuity. It also asks which other participants bear the consequences of errors. A resource that assists one person's recollection may expose somebody else's private history. The boundaries of the cognitive task and the boundaries of legitimate authority are therefore not identical.

Risko and Gilbert (2016) describe cognitive offloading as the use of external action to reduce a task's internal processing demands. Their review does not warrant a universal claim that offloading weakens memory. It helps distinguish the burden of performing an operation from the consequences of reorganizing that operation. The framework developed here adds another distinction: a reduction in immediate cognitive demand may increase the work needed to inspect sources, maintain access, or contest an interpretation. Convenience at the interface can transfer costs to a different moment or actor.

Sparrow et al. (2011) found, within their experimental tasks, that expectations of future access could change what participants remembered, including the location of information. Storm and Stone (2015) identified circumstances in which saving information benefited subsequent learning. Together these studies caution against interpreting every reduction in internal retention as deterioration. Neither study directly establishes how generative autobiographical assistants affect identity. Their relevance is narrower: external supports reorganize remembering in task-dependent ways, making simple narratives of either inevitable decline or automatic improvement analytically insufficient.

1.3. Infrastructure as a Relation of Power

An assistant may appear to be a singular tool while depending on a chain of storage providers, indexing procedures, model services, account systems, and organizational policies. Star and Ruhleder (1996) treat infrastructure as relational to organized practices, making access and maintenance central rather than peripheral. A mnemonic resource's apparent stability can accordingly depend on work the user never sees. An account that

remains readable is not necessarily a collection that remains interpretable, transferable, or open to correction after the service changes.

Bowker and Star (1999) show why classification has consequences for what becomes visible and actionable. Extending that concern to personal archives, this article distinguishes the existence of a record from its eligibility for retrieval. A message can remain stored while an index excludes its language, format, or relationship to other material. If a later synthesis draws only on eligible items, systematic omissions may acquire the appearance of an ordinary life narrative. The proposed mechanism operates before the final wording of a generated response is evaluated.

Bucher (2018) locates algorithmic power in situated relations rather than attributing a single autonomous force to algorithms. This helps explain why a technically identical feature can have different social consequences across settings. An optional summary inside a locally governed archive differs from a mandatory summary used by an employer. The difference is not exhausted by model accuracy. It includes the authority of the recipient, the consequences of refusal, the presence of alternative records, and the procedural status of a correction.

Nissenbaum's (2004) contextual integrity supplies a further distinction between information being accessible and its circulation being appropriate. A personal trace shared for one relationship does not acquire unlimited legitimate uses simply because an assistant can process it. For mnemonic autonomy, provenance must therefore include the circumstances of collection and permissible interpretation, not only a link to a file. This is an analytical extension of contextual integrity to generative remembering, rather than a claim that the original article studied such systems.

2. METHOD AND ANALYTICAL STRATEGY

The study combines sociological theory building with descriptive secondary analysis of published aggregate statistics. Four primary publications were purposively selected because they address complementary parts of externalization: perceived cognitive effort and verification, experimentally measured visual memory distortion, observed search behavior, and reported use and consequences of AI summaries. Table 1 records their populations and statistical units. Selection was problem-driven rather than exhaustive; this is neither a systematic review nor a meta-analysis. No new participants were recruited, and the original individual records were not accessed.

Extraction recorded each variable, response category, published value, denominator, fieldwork period, and source location. Figures reproduce published percentages or explicitly calculate percentages from reported counts. For Lee et al. (2025), effort categories are divided by the valid task base for each activity; coded participant mentions use 319 as denominator. Repeated tasks remain clustered conceptually within workers, and no independent-observation test is calculated. Published model coefficients are identified as such. Experimental means and standard deviations are retained without converting standard deviations into confidence intervals.

The statistical sources are analyzed separately because their populations and outcomes are not interchangeable. Pataranutaporn et al. (2025) measure target memory responses under controlled visual exposure. Chapekis and Lieb (2025) observe search behavior rather than randomizing summaries. Gottfried et al. (2026) report weighted U.S. survey estimates, including age comparisons; these cannot represent Romania or a global population. Lee et al. (2025) study selected weekly users and self-reported effort. The synthesis uses these differences to test the boundaries of the sociological argument, not to construct a common effect size.

Accuracy, legitimacy, and effective control remain separate analytical dimensions. Lower perceived effort is not necessarily weaker memory; fewer source clicks do not prove uncritical acceptance. Likewise, a coefficient linking confidence to cognitive effort cannot establish the direction of causality. Rounding is preserved, omitted response categories remain omitted, and unavailable subgroup sizes are not reconstructed. Theoretical mechanisms are therefore evaluated against bounded statistical observations while retaining counterexamples. A

person may rely extensively on assistance and still examine evidence, whereas an infrequent user may lack meaningful opportunities to contest an account.

The source base includes classic theoretical works and contemporary research relevant to generative reliability. Farquhar et al. (2024), for instance, examine a method for detecting a particular class of unreliable model outputs. That technical contribution does not establish that an autobiographical narrative is true. The present article uses it to mark the limits of a design solution: detecting uncertainty in model answers and adjudicating contested accounts of personal history are related but different problems. Source inspection, social interpretation, and procedural remedy remain necessary objects of analysis.

Only public reports and papers were analyzed. The corrected version of the visual-memory study was checked against the extracted descriptive values. Illustrative comparisons in the discussion concern possible mechanisms and arrangements; they are not reported observations added to the statistical evidence. No new ethics approval, respondent consent, regression model, significance test, or claim of representativeness is asserted. The contribution is an original sociological interpretation of traceable secondary statistics, with scope limited to the measures and populations actually observed.

3. RETENTION RETRIEVAL AND INTERPRETATION

3.1. A Three-Operation Account of Externalization

Retention delegates the maintenance of a trace across time. Retrieval delegates the selection of relevant traces in response to a request. Interpretation delegates some work of organizing those traces into an account. These operations need not occur in a fixed sequence: retrieval can change what is subsequently retained, while an interpretation can become a new object of storage. Nevertheless, separating them identifies where a mnemonic claim changes status. A synthesis is not merely a larger container for the records from which it was composed.

Retention raises questions of durability, ownership, format, and permission. Retrieval raises questions of indexing, discoverability, prioritization, and omission. Interpretation raises questions of inference, narrative voice, uncertainty, and the attribution of meaning. The same assistant may operate across all three without exposing their boundaries. A response such as a concise chronology may contain verified dates alongside inferred motives. A defensible design would allow those elements to be examined separately rather than requiring the user to accept or reject the chronology as a single unit.

Table 1. Statistical sources and units of observation

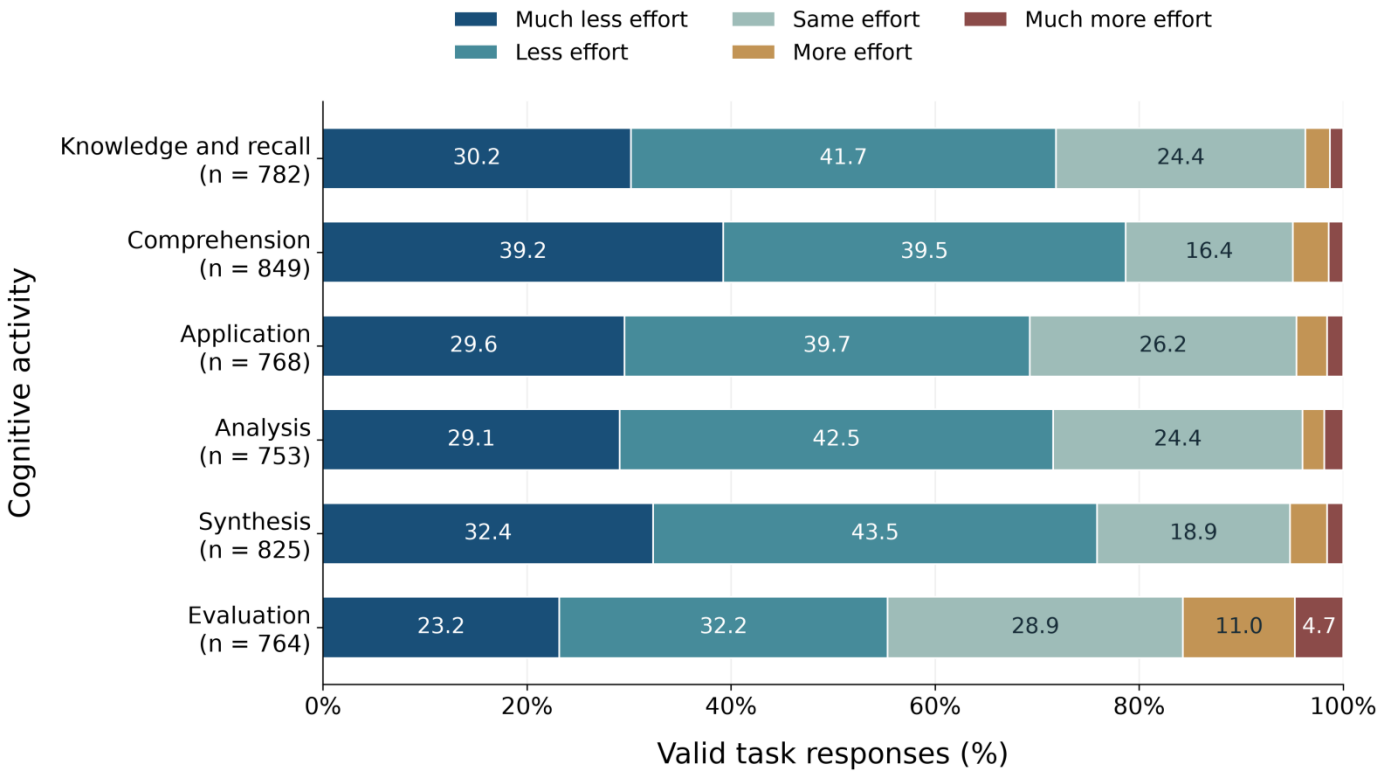
Source	Study base	Unit represented	Analytical limit
Lee et al. (2025)	319 workers; 936 retained task examples.	Task responses, participant mentions, published model coefficients.	Selected weekly users; repeated tasks and self-reported effort.
Pataranutaporn et al. (2025)	200 participants recruited into four exposure conditions.	Mean percentage of target memory responses.	Controlled visual exposure; no estimate of life-history distortion.
Chapekis and Lieb (2025)	900 adults; 68,879 unique Google queries.	Search visits and query characteristics.	Observed associations; search results reconstructed later.
Gottfried et al. (2026)	5,119 U.S. adults; weighted survey estimates.	Adults overall or within age groups.	National survey; perceptions do not measure cognitive performance.

Source: Author's source audit of the four publications listed.

Note. The sources are not pooled. A participant, task, query, and memory response are distinct statistical units.

Table 1 prevents the statistical shortcut of treating every observation as a person. A worker can contribute several task examples, one searcher can generate many queries, and one participant can supply several memory responses. These units support different claims about cognitive externalization. Keeping their denominators visible also clarifies where social organization enters measurement: a platform shapes search visits, an occupation structures task demands, and an experimental exposure constrains the records available for recollection. The source inventory consequently serves as a boundary on inference rather than a combined sample description.

Figure 1. Changes in perceived cognitive effort across six activities



Source: Author's statistical redrawing from Lee et al. (2025), Table 4.

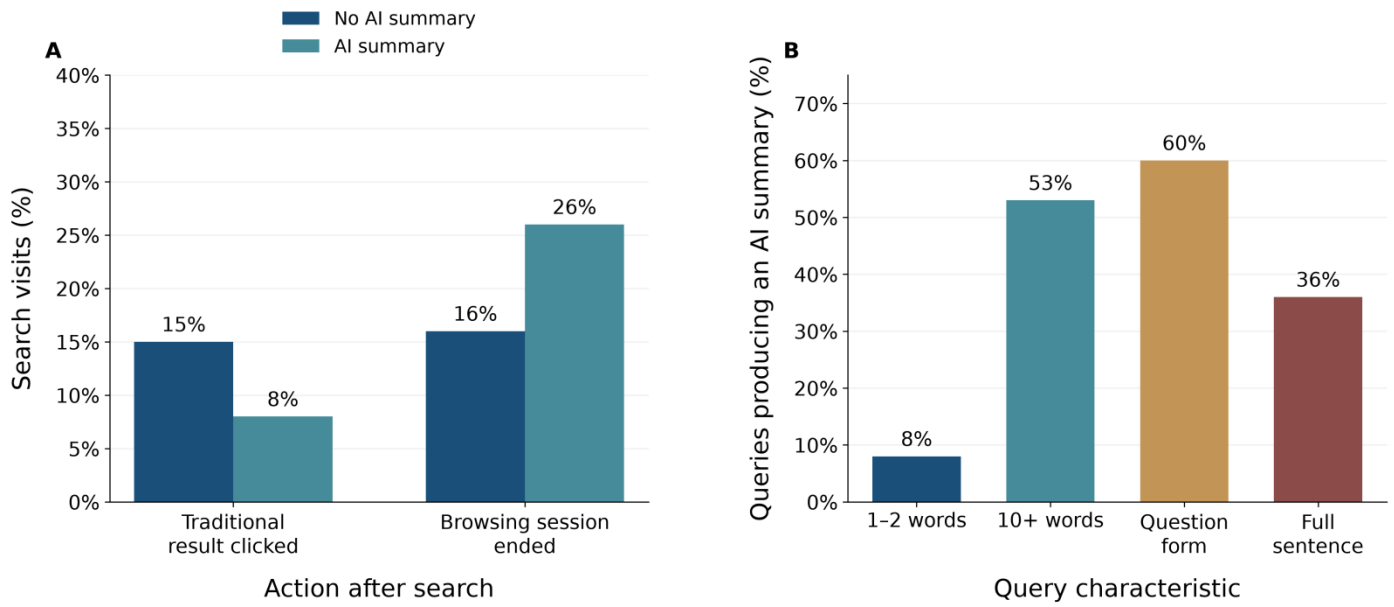
Note. Percentages recalculated from published counts within each activity; valid task bases are 782, 849, 768, 753, 825, and 764. Tasks are nested within 319 workers. The scale measures perceived effort, not tested memory capacity.

Figure 1 shows that reported reductions in effort extend across several cognitive operations, while the response pattern varies by activity. For example, reduced knowledge effort totals 71.9% of its valid task responses, compared with 55.4% for evaluation. This distinction matters sociologically because externalization can reduce the labor of retrieval while leaving consequential judgment with the worker. The distribution therefore supports differentiating operations instead of equating frequent assistance with a single condition of dependence. These are perceptions of task effort, not objective measurements of memory decline. Whether the freed capacity is invested in scrutiny depends on workload, professional responsibility, and access to reliable alternatives.

3.2. From a Trace to a Claim

An evidential chain makes a generated account assessable. At minimum, the chain distinguishes the original trace, its index entry, the selected fragment, the generated inference, and the recipient's use of the resulting claim. Each transformation introduces a different question. Was the record complete? Was it indexed under an appropriate category? Why was this fragment selected? Which words are supported directly? What consequence followed from treating the account as credible? Merely linking the final sentence to a large archive does not answer these questions.

Figure 2. Search behavior and exposure to generated summaries



Source: Author's statistical redrawing from Chapekis and Lieb (2025).

Note. Left panel: published visit percentages with and without AI summaries. Right panel: percentage of queries producing an AI summary by query characteristic; characteristics overlap. Observational browsing from 900 U.S. adults and 68,879 unique searches, March 2025; results reconstructed April 7–17. These are associations, not randomized effects.

Figure 2 connects the evidential chain to observable search practices. Traditional-result clicking is lower on visits with AI summaries, while ending the session is more common. The second panel shows that exposure also differs by query form. These findings make selection a sociological variable: the interface encountered is partly related to how a question is expressed, rather than being a uniform treatment applied to all information seekers. Reduced navigation can indicate that a need was satisfied, but it can also limit opportunities to encounter context outside the synthesis. The observational design cannot distinguish these explanations by itself. For mnemonic authority, the relevant research question is whether users retain practical access to the records behind an account.

Generated first-person language can shorten the perceived distance between a trace and an account of experience. That effect is analytically distinct from ordinary personalization. A system can reproduce a person's vocabulary while introducing an interpretation that the person never endorsed. The framework calls this attribution drift: the gradual treatment of a service-produced account as if it expressed the rememberer's own settled judgment. Attribution drift is a proposed mechanism. Establishing it empirically would require observing how users and recipients identify authorship across time, rather than counting first-person pronouns alone.

3.3. The Asymmetric Cost of Correction

A mistaken narrative can be generated quickly, while a defensible correction may require locating records, contacting other people, explaining context, and persuading recipients to reopen a decision. This is not a universal empirical claim about every assistant. It is a mechanism whose operation depends on how the service distributes proof obligations. When the generated statement receives default authority, the affected person may bear a greater burden than the organization that introduced the inference. Correctability must consequently be evaluated by practical burden as well as formal availability.

Table 2. Dimensions of mnemonic autonomy

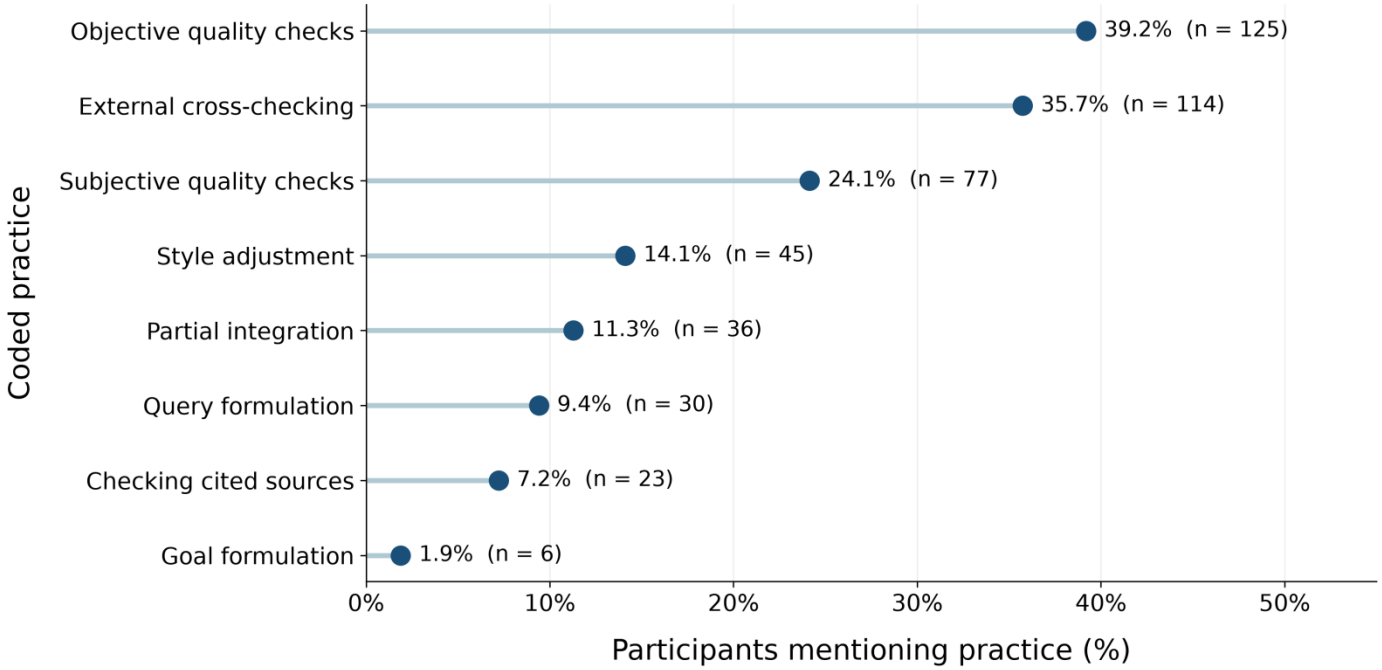
Dimension	**Practical capacity**	**Failure to investigate**	**Possible safeguard**
Inspectability	Locate the trace and identify the inference supporting a claim.	A source link exists but cannot establish the asserted meaning.	Distinguish evidence, inference, and unresolved disagreement.
Contextual control	Question whether material belongs in the proposed use.	Private material acquires an unintended institutional audience.	Specify purpose and examine changes of context.
Correctability	Obtain a consequential revision or attached objection.	Feedback is recorded while the contested claim remains authoritative.	Route disputes to an accountable recipient.
Continuity	Preserve a usable arrangement across time and transfer.	Files survive but their relationships and permissions disappear.	Export sources, links, annotations, and dispute history.
Supported agency	Obtain assistance without surrendering interpretive participation.	The burden of challenge exceeds available resources.	Provide representation and accessible review.

Source: Author's analytical extension of Nissenbaum (2004) and Star and Ruhleder (1996).

Note. The dimensions are proposed criteria, not a validated scale or a statement of legal entitlements.

Table 2 separates several forms of effective intervention. Inspecting a source, refusing a processing operation, correcting a claim, exporting material, and obtaining a remedy solve different problems. Their combination is important because formal choice at one point can coexist with constraint elsewhere. An export option, for example, may preserve documents while leaving annotations and dispute histories behind. The proposed rights are analytical evaluation criteria rather than claims about existing legal entitlements. Their implementation would need to be specified for the jurisdiction, institution, and type of personal material involved.

Figure 3. Reported practices for scrutinizing and integrating generated output



Source: Author's statistical redrawing from Lee et al. (2025), Section 4.1.

Note. Author calculations: each published participant count divided by 319 × 100. Codes can overlap. These are spontaneous coded mentions in qualitative responses, not prevalence estimates from a direct checklist question; unmentioned behavior cannot be classified as absent.

Figure 3 differentiates the work through which generated accounts become acceptable. External cross-checking appears in 35.7% of participants' coded accounts, whereas checking cited sources appears in 7.2%. These percentages concern mentions, so the gap cannot establish that the remaining workers never verify references. Its analytical value is to distinguish verification routes: comparing an answer with professional knowledge or another source differs from auditing the citations supplied by the system. Institutional training that simply instructs people to verify may therefore leave the actual operation underspecified. Accountability requires identifying which evidence can settle the claim and who has the time, expertise, and authority to examine it.

4. IDENTITY INEQUALITY AND INSTITUTIONAL DEPENDENCE

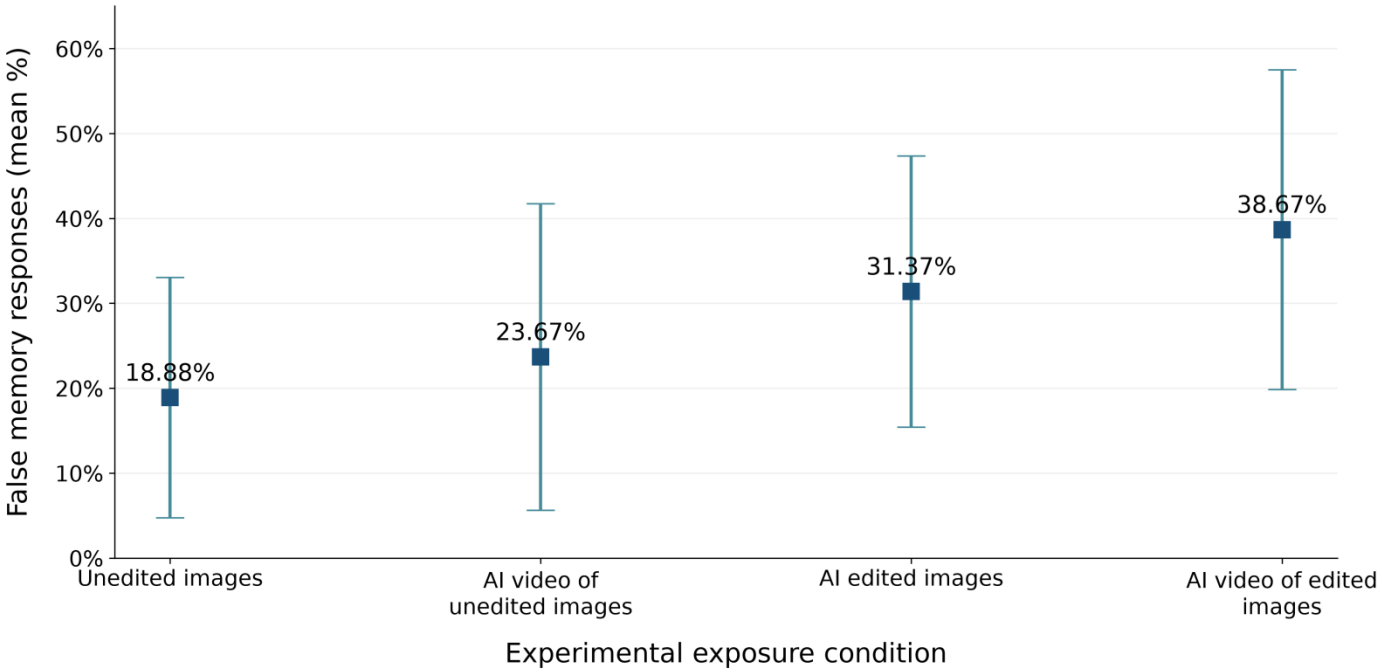
4.1. Autobiographical Authority and Social Recognition

Mnemonic autonomy does not give any individual unlimited ownership of every account concerning them. Personal histories overlap, and another person's testimony may legitimately contradict a preferred self-description. The framework therefore distinguishes authority to participate in interpretation from authority to dictate its outcome. A person needs the ability to identify an unsupported inference, add context, and contest consequential representations. They do not thereby acquire a right to erase every inconvenient record or silence another participant's independent account.

Cheney-Lippold (2017) examines algorithmic identity as an institutional production rather than a transparent reflection of who somebody is. In the present setting, a generated personal narrative can become one input into such production. Its significance changes when it moves from a private aid to an account used by an organization. A description intended to help somebody orient themselves can become a classification used to evaluate

reliability, loyalty, or consistency. This article proposes that the transition between these contexts deserves analysis as an event, not as an inconsequential sharing action.

Figure 4. False recollection following exposure to AI altered visual records



Source: Author's statistical redrawing from Pataranutaporn et al. (2025), corrected version, Section 4.1.1.

Note. Published condition means and standard deviations, based on the 12 target memory questions; recruitment N = 200. Error bars show ±1 SD, not confidence intervals. Percentages concern memory responses, not the percentage of participants with a wholly false account. No new significance test is performed.

Figure 4 provides direct experimental evidence that the form of an external visual record can affect subsequent recollection. Mean false-memory responses rise from 18.88% in the unedited-image condition to 38.67% for AI videos of edited images. The error bars retain the substantial within-condition dispersion rather than implying identical responses among participants. Sociologically, the result challenges an assumption that a technically preserved image remains an unchanging witness to experience. Its institutional significance depends on whether edited versions circulate without their transformation history. The experiment concerns selected visual details under controlled exposure; it does not demonstrate population-wide autobiographical distortion or the disappearance of independent judgment. Its relevance is to the conditions under which media can acquire evidential authority.

4.2. Unequal Capacity to Keep a Past

Access inequality concerns who can obtain a useful resource. Continuity inequality concerns who can sustain that resource over time. Interpretive inequality concerns who can challenge the meanings assigned to material. These distinctions identify different forms of advantage without assuming that all advantages accumulate identically. A person may possess extensive digital records but lack time to inspect them. Another may have limited material yet access to a trusted community archive. A third may understand an error clearly while lacking a recipient willing to reconsider it.

Table 3. Resources and unequal control of personal histories

Resource	Advantage it may support	Potential constraint	Institutional response
Material continuity	Stable storage, accessible formats, and independent backups.	An interruption makes important records practically inaccessible.	Preserve readable exports and supported alternatives.
Interpretive competence	Recognizing an unsupported inference or an omitted context.	A fluent account is accepted because its uncertainty is invisible.	Make evidential distinctions intelligible and teachable.
Time and assistance	Investigating a dispute and reconstructing an evidential chain.	Correction competes with employment, care, or health demands.	Reduce administrative burdens and provide support.
Social recognition	Having an objection considered credible by recipients.	A justified challenge is dismissed because the person lacks status.	Separate evidential assessment from social prestige.
Collective representation	Obtaining help where a service or recipient holds greater power.	An individual must contest several organizations alone.	Identify accountable intermediaries and collective remedies.

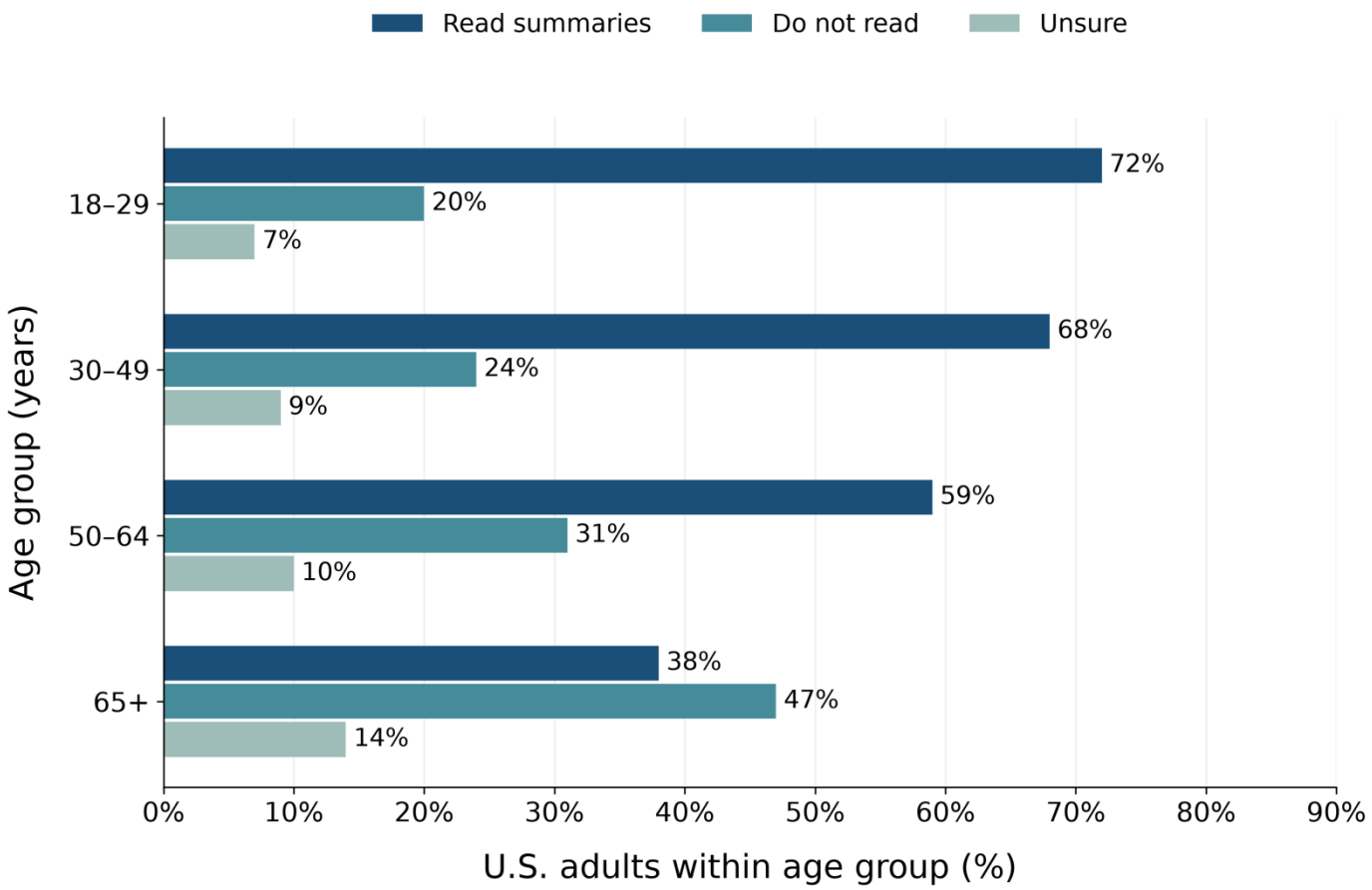
Source: Author's synthesis, informed by Bowker and Star (1999), Cheney-Lippold (2017), and Couldry and Mejias (2019).

Note. These are possible mechanisms of inequality; no frequencies, group rankings, or causal magnitudes are claimed.

The contrasts in Table 3 shift attention from a simple connected versus disconnected divide to the resources needed at successive moments of a dispute. An intervention that supplies accounts and devices may improve initial access without changing a person's position when a record is lost or misinterpreted. Conversely, institutional advocacy can improve contestability even without premium technology. These are propositions about mechanisms, not estimates of the size of a class gap. Future research should measure resources separately before testing whether they combine into durable cumulative advantage.

Couldry and Mejias (2019) examine the appropriation of human life through data relations. Their analysis provides a reason to inspect the terms under which intimate traces become assets for organizations. The present framework narrows that concern to mnemonic arrangements: whose activities sustain a personal archive, who can derive additional uses from it, and whether continued access requires accepting a widening set of purposes. A relevant sociological variable is the cost of refusing a new purpose after a person has come to depend on the existing resource.

Figure 5. Age differences in reported reading of AI search summaries



Source: Author's statistical redrawing from Gottfried et al. (2026), age analysis.

Note. Published weighted percentages from the February 17–23, 2026 survey (total N = 5,119). Series are read, do not read, and unsure. Age-specific unweighted bases are not supplied here. Rounded rows can total 99 or 101; they are not normalized.

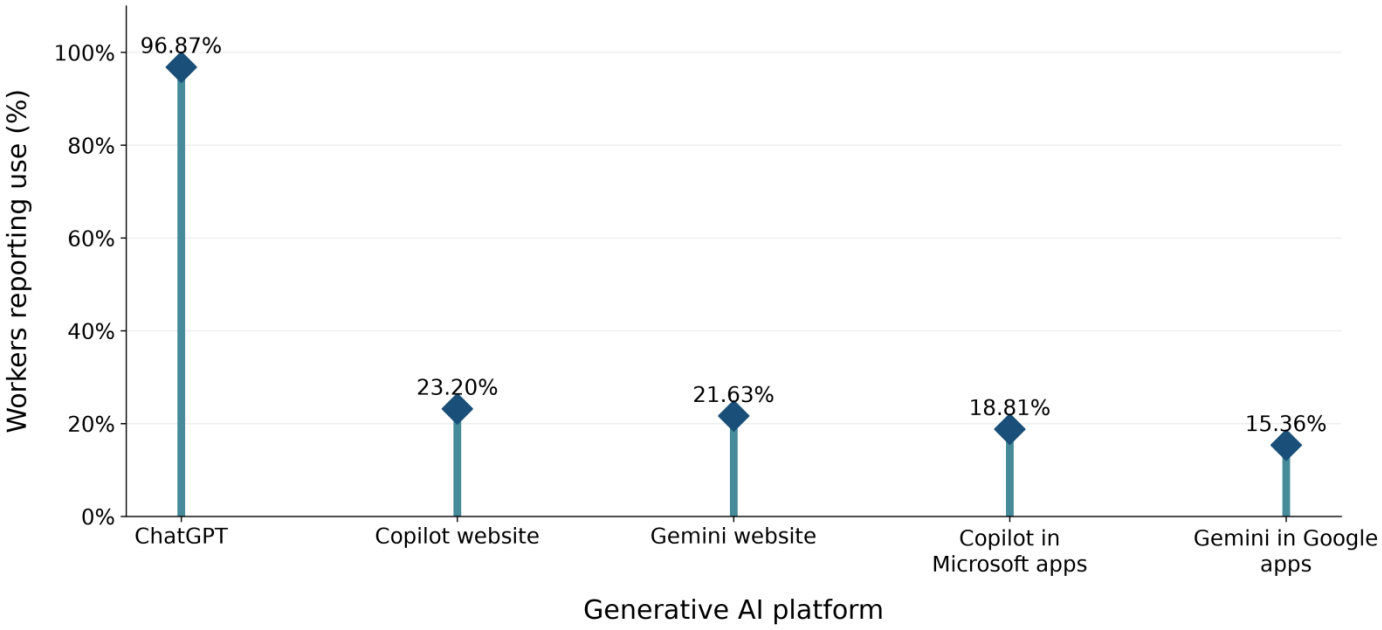
Figure 5 locates participation in AI-mediated retrieval within an age gradient. Reported reading of search summaries ranges from 72% among adults aged 18–29 to 38% among those aged 65 and over. This contrast identifies unequal exposure to an interface, not an intrinsic cognitive deficiency in either group. Different exposure can produce different opportunities to acquire routines for checking generated accounts, while non-use can reflect preference, accessibility, or alternative resources. The uncertainty category is retained because inability to identify an AI summary is itself relevant to meaningful choice. Cross-sectional age differences cannot distinguish cohort effects from changes associated with aging, and the U.S. estimates should not be transferred to Romanian populations.

4.3. Exit Portability and the Burden of Migration

Portability must be evaluated at the level of a usable mnemonic arrangement. A folder of original files can be valuable while failing to preserve links, annotations, language context, permissions, or the history of corrections. A migration can therefore preserve objects and still damage the relationships that made them intelligible. The distinction does not imply that every export is inadequate. It specifies the questions through which adequacy

should be assessed, including whether an independent recipient can reconstruct which claims were supported and which remained disputed.

Figure 6. Platforms used by workers and the concentration of cognitive infrastructure



Source: Author's statistical redrawing from Lee et al. (2025), Table 3.

Note. Top five platforms in the published sample of 319 workers using generative AI at work at least weekly. Multiple selections were allowed. These are sample use percentages, not market shares or population estimates; they must not be added to 100.

Figure 6 shows that the technical supports used by sampled workers are concentrated around a small set of platforms. ChatGPT is reported by 96.87%, but the multiple-response design also records use across other environments. Concentration matters to interpretive continuity because changing one provider can affect many otherwise distinct workflows. The figure does not establish monopoly, market share, or the quality of export facilities. It instead identifies a practical reason to examine whether sources, annotations, and corrections remain usable when a service changes. Infrastructure research should therefore connect platform reliance to the portability of relationships among records, rather than assuming that the existence of downloadable files guarantees an effective exit.

5. AN ACCOUNTABLE MNEMONIC ARRANGEMENT

5.1. Provenance Without the Illusion of Certainty

Provenance is necessary because users need to know what a claim draws upon. It is insufficient because a record's existence does not establish that a particular interpretation is warranted. An assistant can cite an authentic message while overextending its significance. It can also retrieve several mutually inconsistent records without having a legitimate basis for reconciling them. An accountable arrangement should therefore allow evidence to remain plural. The interface need not force disagreement into a single authoritative storyline merely because its usual output is a concise answer.

This requirement changes the function of uncertainty. A generic warning that a system can make mistakes places interpretation back on the user without identifying what requires examination. A useful distinction separates

missing evidence, conflicting evidence, and model-generated inference. Each calls for a different response. Missing evidence may require a search beyond the archive. Conflicting evidence may require acknowledging disagreement. Unsupported inference may require removing or explicitly labeling a proposition. These alternatives should remain available even when a person requests a short or emotionally reassuring account.

5.2. Correction as an Institutional Process

A correction should have an object, a responsible recipient, and an observable effect. Its object might be a source record, an attribution, a selection rule, or a downstream interpretation. The responsible recipient is not necessarily the model developer. A local archive manager may control a source, while an employer controls the use made of a summary. The observable effect might be a revised statement, an attached disagreement, a suspended decision, or a notification to earlier recipients. Without these distinctions, a feedback mechanism can appear responsive while leaving the consequential representation unchanged.

Table 4. Task confidence and reported critical engagement

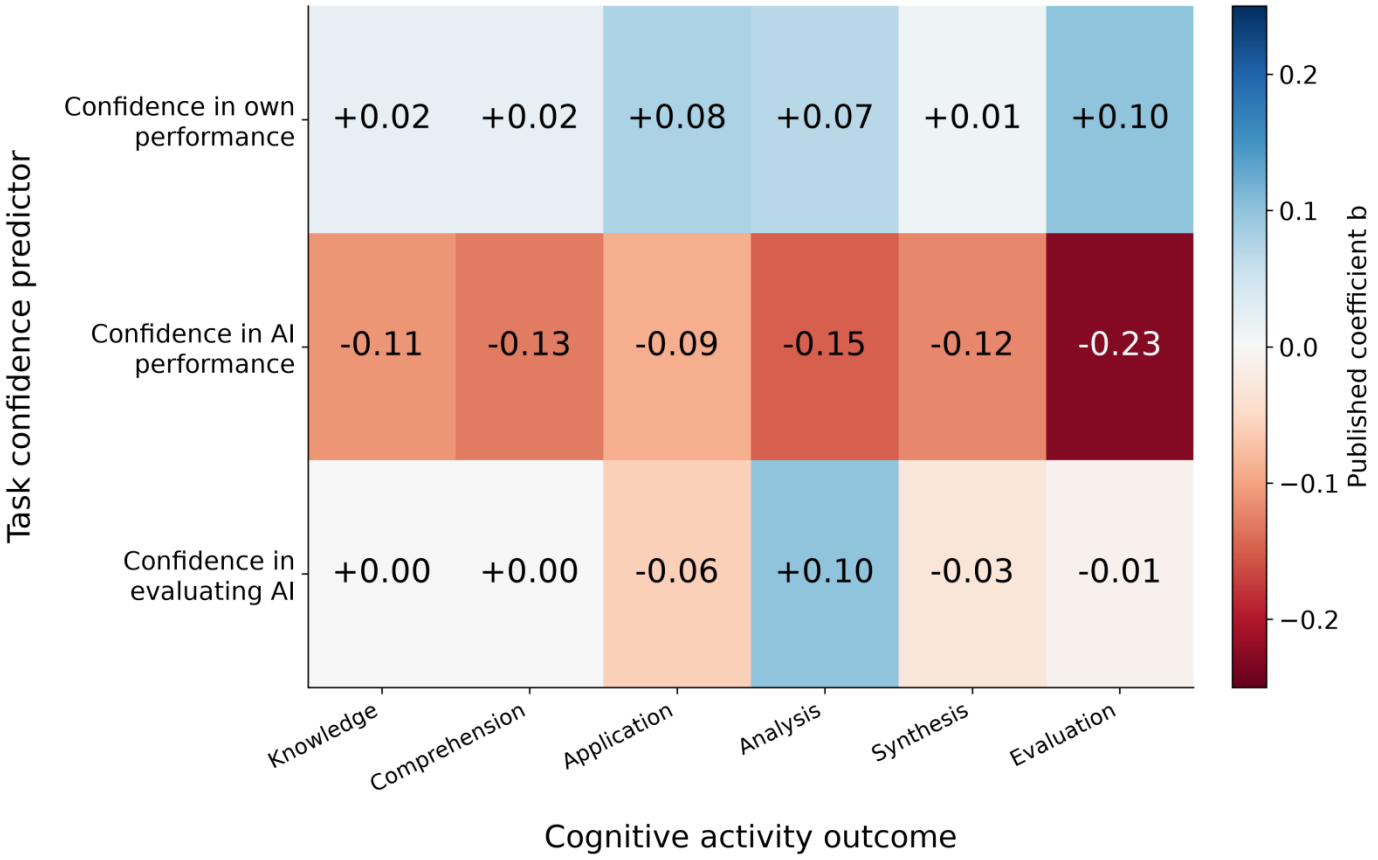
Predictor	**Published coefficient b**	**Published adjusted p**	**Interpretation of scale**
Confidence in own task performance	0.26	0.026	One point higher confidence; change in log odds.
Confidence in AI task performance	−0.69	< .001	One point higher confidence; change in log odds.
Confidence in evaluating AI output	0.31	0.046	One point higher confidence; change in log odds.
General tendency to reflect	0.52	< .001	One SD higher reflection; change in log odds.

Source: Lee et al. (2025), Table 4; author selection and reformatted presentation.

Note. Original mixed-effects logistic model, N = 930 task observations. Coefficients are associations, not percentage changes or causal effects. The source models participant clustering; no model is refitted here.

Table 4 adds a published associational result to the account of correction. Confidence in AI performance is negatively associated with reported critical engagement, whereas the selected self-confidence and reflection coefficients are positive. The coefficients describe log odds under the source model and must not be read as percentage changes. Nor does the pattern show that confidence itself causes deference. Professional expertise, task difficulty, and institutional expectations can shape both confidence and scrutiny. The sociological implication is to examine how authority is allocated in a working arrangement: who is expected to notice an error, what expertise that expectation presupposes, and whether a challenge can alter the representation used by others.

Figure 7. Task confidence and reported effort in cognitive activities



Source: Author's statistical redrawing from Lee et al. (2025), Table 4.

Note. Published unstandardized mixed-model coefficients, not percentages or new estimates. Each coefficient is the outcome-scale change per one-point increase in the confidence predictor, conditional on the source model. Outcome-specific N ranges from 753 to 849. Color shows sign and magnitude, not statistical significance; see the source for adjusted p values.

Figure 7 extends the confidence comparison across six reported cognitive activities. The coefficient for confidence in AI is negative in every displayed outcome, while the other predictors show a more differentiated pattern. Color identifies coefficient direction and magnitude, not statistical significance. This matters because a general narrative of trust can conceal differences between recalling information, organizing it, and evaluating its suitability. The models do not measure contested autobiographical authority directly; they provide an empirical reason to investigate how people distribute cognitive work under different expectations of reliability. An accountable arrangement should make verification feasible without assuming that either distrust or confidence automatically produces good judgment.

5.3. Collective Stewardship and Public Capacity

Individual controls cannot resolve every problem because the materials of a life are often shared. A family collection, a community archive, or a record of collective action involves overlapping interests. One person's request for deletion may conflict with another's need to preserve testimony. One person's desire for a generated narrative may expose somebody who never agreed to that form of processing. The framework proposes collective

stewardship where individual controls alone cannot allocate legitimate authority. Stewardship requires a defined constituency, a record of permissions, and a way to challenge the steward's own decisions.

5.4. A Distinction Between Dependence and Domination

Dependence describes reliance on a resource or relationship. Drawing on Pettit's (1997) account of non-domination, the concern here is exposure to another actor's discretionary interference without effective contestation. This distinction prevents the article from treating all cognitive reliance as loss of freedom. An extensively used memory aid can preserve autonomy when continuity and correction remain answerable to its users. Conversely, an occasionally used generated account can become restrictive when a powerful institution makes accepting it a condition of participation. The application to mnemonic infrastructures is a sociological extension, not a claim that the political theory originally concerned generative systems.

This distinction has an empirical consequence. Frequency of use alone is an inadequate proxy for diminished autonomy. Researchers should examine what would happen if a person declined a particular inference, challenged a classification, or sought to leave the service. The relevant counterfactual concerns practical alternatives. A button labeled reject is less significant when refusal has no consequence for the account used by a recipient. Similarly, nominal competition between providers may not supply an alternative when each requires the loss of annotation histories or continued acceptance of incompatible processing conditions.

6. PROPOSITIONS AND A RESEARCH AGENDA

The first proposition is that delegated interpretation is more likely to shift mnemonic authority when generated accounts circulate without an accessible distinction between retained evidence and inference. The proposition predicts an association between provenance arrangements and attribution practices under specified conditions, not an inevitable outcome of generative technology. It could be investigated by comparing how participants identify the author and evidential status of accounts produced through different interfaces, while recording differences in task stakes, prior familiarity, and opportunities for independent checking.

The second proposition is that formal access produces weaker autonomy where effective correction imposes disproportionate time, technical, or reputational costs. A study could follow actual disputes from identification to resolution, documenting the labor required of the affected person and the organizations involved. The outcome would not be the number of feedback messages but the consequential status of the disputed account. A rejected proposition might show that informal social resources compensate for demanding procedures. Such a finding would refine the framework rather than demonstrate that procedures are irrelevant.

The third proposition is that portability supports autonomy when it preserves interpretable relationships among sources, annotations, permissions, and contestation histories. This can be tested through structured migration exercises using consented or synthetic archives. Researchers would compare whether independent reviewers can reconstruct the basis of selected claims after transfer. The exercise should distinguish missing content from missing context and avoid using the number of exported files as an adequate outcome. Technical success and interpretive success are related but separately observable dimensions of continuity.

The fourth proposition concerns inequalities. Resource differences may become consequential at different points: acquiring an archive, sustaining it, recognizing an error, and persuading a recipient to revise a judgment. A longitudinal design could examine whether those differences reinforce one another, while remaining open to compensating relationships. A community organization might supply representation that an individual lacks. A technically skilled participant might nevertheless have little authority in a dispute. The framework predicts contingent combinations rather than a single hierarchy applicable to every setting.

Table 5. Propositions and observable research questions

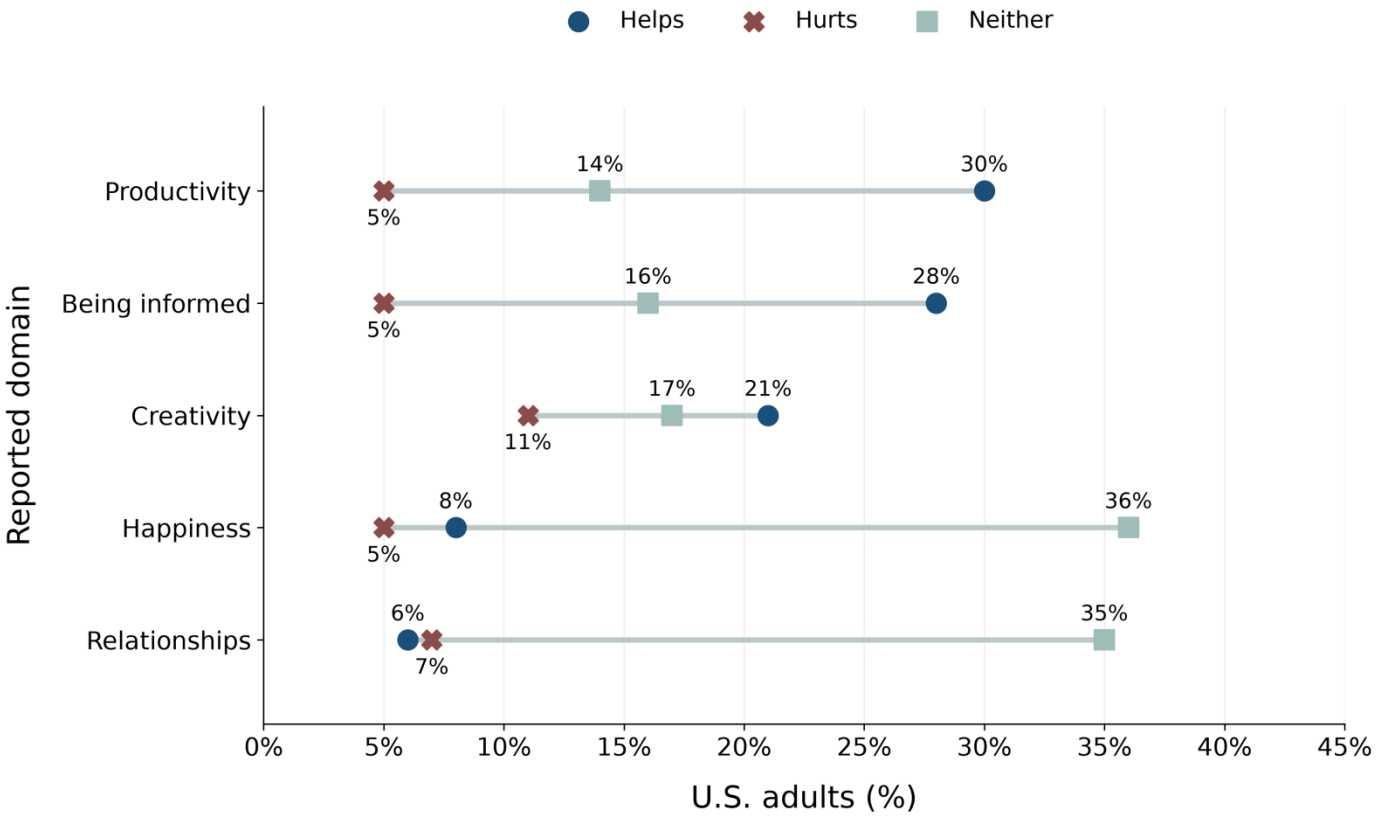
Proposition	Potential observation	Comparative contrast	Threat to interpretation
Attribution drift	Who participants identify as the author of an account.	Visible versus obscured distinctions between trace and inference.	First-person wording alone does not establish attributed authority.
Correction burden	Time, resources, and consequences associated with a dispute.	Formal feedback versus effective revision.	Fast closure may mean remedy or dismissal.
Interpretive continuity	Whether claim provenance survives a change of provider.	Exported files versus preserved relationships.	File counts cannot establish a usable archive.
Differentiated capacity	Resources available at successive moments of challenge.	Similar interfaces in differently supported settings.	Observed group differences do not identify a mechanism alone.
Context transition	How an account moves from private aid to institutional evidence.	Consented initial use versus consequential recirculation.	Initial acceptance cannot establish agreement to every later purpose.

Source: Author's research propositions developed in this article.

Note. Indicators require contextual development and empirical validation. They are not findings from a completed study.

Table 5 translates the conceptual contribution into researchable questions without presenting an instrument as already validated. Each indicator requires contextual development, and some can conflict. Rapid dispute closure, for example, may indicate effective remedy or premature dismissal. The table consequently pairs potential observations with threats to interpretation. This is important for sociology because easily counted interface events can conceal the distribution of authority they are intended to measure. Evaluation should include the perspective of affected participants and downstream recipients, not only administrative records supplied by the service.

Figure 8. Perceived consequences of chatbot use across cognitive and social domains



Source: Author's statistical redrawing from Gottfried et al. (2026).

Note. Published weighted percentages of all U.S. adults, N = 5,119, February 2026. Non-users and missing responses are omitted from the displayed categories, so rows do not total 100. These are perceived impacts; they do not measure recall, creative performance, or causal change.

Figure 8 distinguishes perceived consequences across cognitive and social domains. More adults report help than harm for being informed, whereas the balance for relationships is less favorable. Non-users remain outside the displayed response categories, so the graph cannot be read as a complete distribution among chatbot users. Sociologically, the contrast cautions against defining benefit through productivity alone. An arrangement can make information more accessible without strengthening the relationships through which its meaning is recognized or contested. These perceptions do not establish memory performance. They help specify separate outcomes for subsequent research: access to information, confidence in an account, participation in interpretation, and the social consequences of relying on it.

6.1. Comparative Cases and Negative Evidence

An informative comparison would hold the broad mnemonic task constant while varying a theoretically important condition. For example, two arrangements might both summarize a set of records but differ in whether disagreement can remain attached to the output. Another comparison might hold source access constant while varying whether a correction reaches previous recipients. These designs would provide more leverage than comparisons between a vaguely defined traditional past and an equally undifferentiated digital present. The aim is to identify mechanisms that produce different outcomes within technologically mediated remembering.

Negative cases are especially valuable. An opaque service may not acquire authority where users routinely compare outputs with independent evidence and treat generated narratives as provisional. A transparent system may still constrain participants where a powerful recipient treats its classifications as final. Such cases would challenge any straightforward equation between explainability and autonomy. They also show why the framework requires attention to institutions: a technical feature becomes socially consequential through the practices and relationships within which somebody uses it.

6.2. Temporal Boundaries and Consequential Use

Mnemonic autonomy can change even when the stored material does not. A collection initially used for private orientation may later be mobilized in a dispute, institutional application, or public account. The stakes then change. Research should record this transition instead of assuming that a person's initial acceptance of a service establishes consent to every subsequent use. An important question concerns the preservation of earlier contextual limits when information moves across settings with different audiences and different powers of judgment.

The framework further distinguishes the moment a representation is generated from the period during which it remains influential. An incorrect account may continue to shape decisions after a corrected version exists. Conversely, a controversial interpretation may lose significance without being formally revised. To investigate authority, researchers need evidence about uptake, persistence, and consequential reliance. A model output is one event within a social history of use. It is not, by itself, an adequate unit for measuring either harm or benefit.

7. DISCUSSION

The article's main contribution is to connect cognitive integration with the governance of personal histories without reducing one to the other. The extended mind debate raises a question about the organization of cognition. Sociology adds questions about maintenance, classification, unequal resources, and legitimate authority. Bringing these questions together does not prove that an external service is part of a mind, nor that the concept of cognitive extension is mistaken. It shows that a resource's functional role cannot settle the institutional conditions under which relying on it remains acceptable.

A further contribution is the separation of mnemonic benefit from mnemonic sovereignty. Benefit can arise through easier access, reduced searching, or support for narration. Sovereignty, understood here as unilateral command over a past, is neither attainable nor normatively desirable in every respect because personal histories involve others. Mnemonic autonomy names a more limited and defensible aspiration: supported participation in the production and correction of accounts that affect one's life. It includes the ability to preserve disagreement and to resist the attribution of meanings one has not endorsed.

This formulation also clarifies why a more accurate model would not dissolve the sociological problem. Accuracy can improve the reliability of particular claims while leaving unresolved the purposes of processing, the interpretation of ambiguous material, and the distribution of remedies. The article does not minimize technical reliability. It situates reliability within an account of legitimate use. A system capable of producing a factually supported summary may still exceed the authority appropriate to its relationship with the people whose traces it processes.

There is, nevertheless, a danger of making autonomy so demanding that no practical arrangement could satisfy it. The framework avoids that conclusion by distinguishing graduated safeguards from an impossible requirement of complete transparency. Ordinary low-stakes uses need not involve continuous institutional review. Consequential uses require stronger evidence and a feasible path of contestation. The proposed criteria are intended to make those thresholds discussable and empirically examinable, rather than to prescribe a single exhaustive procedure for every act of technologically assisted remembering.

7.1. Limitations and Analytical Boundaries

The evidence is limited by purposive selection and heterogeneous measures. No new individual-level analysis links platform use, age, effort, and memory distortion within the same population. The sources cannot establish how frequently the proposed institutional mechanisms occur or whether the framework predicts outcomes in autobiographical assistance. Its distinctions require further testing with participants and recipients of consequential accounts. The figures supply empirical constraints and researchable contrasts; they do not validate a universal scale of mnemonic autonomy.

The analysis focuses on personal histories but cannot encompass every cultural form of remembering. The meaning of authorship, privacy, and correction varies across contexts. A framework developed through these literatures should not assume that individual control is the only legitimate organizing principle. Collective testimony, professional obligations, and public records can impose responsibilities that cannot be resolved by individual preference. The framework therefore identifies questions of authority while leaving their substantive settlement open to contextual analysis and legitimate deliberation.

CONCLUSION

Memory externalization in generative environments should be understood as a redistribution of mnemonic work and authority. The significant distinction is not simply between an internal mind and an external machine. It is between arrangements through which people can inspect and contest representations of their histories and arrangements through which convenient assistance becomes an unanswerable source of interpretation. Retention, retrieval, and interpretation require different safeguards because a preserved trace, a selected fragment, and a generated account do not carry the same evidential status.

Mnemonic autonomy provides a vocabulary for evaluating those arrangements without demanding unaided recall. Its practical conditions include usable provenance, contextual limits, effective correction, interpretable portability, and support for people who lack the resources to contest consequential accounts alone. These conditions remain proposals for assessment and empirical investigation. The article's conclusion is therefore conditional: generative assistance can extend the resources available for remembering, but its emancipatory value depends on whether the people whose lives it represents retain a meaningful role in determining how those representations are produced, used, and revised.

REFERENCES

Bowker, G. C., & Star, S. L. (1999). *Sorting things out: Classification and its consequences*. MIT Press.

Bucher, T. (2018). *If...then: Algorithmic power and politics*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780190493028.001.0001

Chapekis, A., & Lieb, A. (2025, July 22). *Google users are less likely to click on links when an AI summary appears in the results*. Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/short-reads/2025/07/22/google-users-are-less-likely-to-click-on-links-when-an-ai-summary-appears-in-the-results/

Cheney-Lippold, J. (2017). *We are data: Algorithms and the making of our digital selves*. New York University Press.

Clark, A., & Chalmers, D. J. (1998). The extended mind. *Analysis, 58*(1), 7–19. https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7

Couldry, N., & Mejias, U. A. (2019). *The costs of connection: How data is colonizing human life and appropriating it for capitalism*. Stanford University Press. https://doi.org/10.1515/9781503609754

Farquhar, S., Kossen, J., Kuhn, L., & Gal, Y. (2024). Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature, 630*, 625–630. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07421-0

Gottfried, J., Bishop, W., Anderson, M., Faverio, M., Park, E., & McClain, C. (2026, June 17). *Americans and AI 2026: Chatbots, smart devices and views on impact*. Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/internet/2026/06/17/americans-and-ai-2026-chatbots-smart-devices-and-views-on-impact/

Halbwachs, M. (1992). *On collective memory* (L. A. Coser, Ed. & Trans.). University of Chicago Press.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT Press.

Lee, H.-P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R., & Wilson, N. (2025). The impact of generative AI on critical thinking: Self-reported reductions in cognitive effort and confidence effects from a survey of knowledge workers. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Article 1121, pp. 1–22). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3706598.3713778

Nissenbaum, H. (2004). Privacy as contextual integrity. *Washington Law Review, 79*(1), 119–158. https://digitalcommons.law.uw.edu/wlr/vol79/iss1/10/

Pataranutaporn, P., Archiwaranguprok, C., Chan, S. W. T., Loftus, E., & Maes, P. (2025). Synthetic human memories: AI-edited images and videos can implant false memories and distort recollection. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–20). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3706598.3713697

Pettit, P. (1997). *Republicanism: A theory of freedom and government*. Oxford University Press.

Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(9), 676–688. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002

Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science, 333*(6043), 776–778. https://doi.org/10.1126/science.1207745

Star, S. L., & Ruhleder, K. (1996). Steps toward an ecology of infrastructure: Design and access for large information spaces. *Information Systems Research, 7*(1), 111–134. https://doi.org/10.1287/isre.7.1.111

Storm, B. C., & Stone, S. M. (2015). Saving-enhanced memory: The benefits of saving on the learning and remembering of new information. *Psychological Science, 26*(2), 182–188. https://doi.org/10.1177/0956797614559285

van Dijck, J. (2007). *Mediated memories in the digital age*. Stanford University Press. https://doi.org/10.1515/9780804779517

THE EMANCIPATION OF LEARNING IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BETWEEN EPISTEMIC AUTONOMY AND ALGORITHMIC DEPENDENCE

PhD Petronela Daniela FERARU

National College Iași and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania, Sociology, daniela_feraru_p@yahoo.com, ORCID: 0009-0009-8954-6336

Abstract

Generative artificial intelligence can improve the production of educational work without necessarily establishing the development of independent judgment. This article examines that distinction through a sociological framework of epistemic autonomy and descriptive secondary analysis of published statistics. Nine figures are redrawn from an international survey's student findings, covering use frequency, tool selection, reliance, disclosure, perceived outcomes, and institutional support. A separate table contrasts assisted performance and subsequent unaided learning in a published randomized experiment. Survey perceptions and experimental outcomes are kept distinct; no new student sample, original regression, or pooled causal effect is claimed. The analysis connects critical pedagogy, educational reproduction, epistemic injustice, and self-regulation while preserving tensions between their theoretical commitments. It distinguishes enabling delegation, which supports an intellectual operation the learner performs, from substitutive delegation, which bypasses an operation that an institution expects to recognize. The statistical distributions reveal heterogeneous experiences and a need to examine the relationship between adoption, support, and legitimate assessment. Perceived efficiency is treated as an educationally relevant outcome whose meaning depends on what learners subsequently do with the resources released. The article argues for intelligible objectives, supported verification, proportionate evidence of reasoning, and opportunities to challenge assessment judgments. Emancipation is conceptualized as participation in knowledge production and evaluation, not as technological abstinence or an automatic consequence of access.

Keywords: Emancipatory learning, generative Artificial Intelligence, epistemic autonomy; critical pedagogy; educational inequalities

INTRODUCTION

The ability to produce a successful answer and the ability to understand why that answer is defensible are different educational achievements. Generative artificial intelligence makes this distinction especially visible because a learner can obtain a polished response before encountering the problem-solving work that would ordinarily make the response intelligible. The resulting educational question cannot be settled by counting correct answers or minutes saved. It concerns the conditions under which assistance expands a learner's capacity to participate in the production, evaluation, and revision of knowledge.

This article argues that epistemic autonomy is a socially supported capacity rather than the absence of assistance. A learner can become more autonomous through dialogue, examples, feedback, translation, and appropriately designed computational support. Dependence becomes educationally problematic when assistance systematically replaces the operations through which the learner would acquire judgment, while institutions continue to recognize the resulting performance as evidence of that judgment. The central issue is therefore the relationship among assistance, intellectual work, and institutional recognition, not whether technology appears somewhere in the learning process.

The analysis develops a distinction between enabling delegation and substitutive delegation. Enabling delegation releases resources for an educational operation the learner still performs, such as comparing explanations or defending an inference. Substitutive delegation bypasses an operation that the learner is expected to acquire and obscures the bypass in the product submitted for recognition. The same tool can support either arrangement. Their difference depends on task design, instructional relationships, access to verification, and the consequences attached to the completed work.

Three questions guide the inquiry. How does generative assistance redistribute intellectual work? Which social resources allow learners to turn accessible answers into understanding? How should institutions recognize supported performance without overstating what it demonstrates? The article combines sociological interpretation with descriptive secondary analysis of published statistics. Nine statistical figures examine use, reliance, perceived outcomes, and institutional support. A separate table contrasts assisted performance with subsequent unaided learning in a published experiment. These sources address different populations and are not pooled into an original student dataset.

The argument also separates emancipation from unrestricted choice. A learner may freely choose an efficient shortcut that does not develop the capability a course is intended to cultivate. Conversely, an instructional constraint can enable later autonomy if its purpose is intelligible and its burden is fairly distributed. The appropriate evaluation asks whether learners gain meaningful authority over questions, evidence, and reasons. That evaluation must include the institution's own practices: a curriculum that rewards only polished outputs can create dependence even while its policy encourages critical thinking.

1. THEORETICAL FRAMEWORK

1.1. Emancipation Beyond Access to Answers

Freire (1970/2000) treats education as a relationship in which learners can become participants in interpreting and transforming their world, rather than passive recipients of deposits. Applied cautiously to generative systems, this distinction concerns who formulates the problem and whose reasons become discussable. A conversational interface does not necessarily create dialogue in the pedagogical sense. Repeated prompting can remain a sequence of deliveries if the learner has little opportunity to question the frame, connect it to experience, or evaluate the basis of the answer.

Rancière (1991) treats equality of intelligence as a starting presupposition, rather than a status that learners must earn through an expert's certification. His argument therefore cannot simply be converted into a technique for delivering better explanations. Applied here, it challenges arrangements that make intellectual legitimacy permanently dependent on an intermediary. The present proposal nevertheless retains institutional assessment and instructional support. This is a selective engagement with Rancière, not a claim that his account endorses the staged pedagogy developed below. The tension matters whenever an institution promises autonomy while reserving exclusive authority to decide who is capable of it.

These perspectives support a distinction between receiving assistance and being positioned as incapable. The former can enable participation. The latter can normalize an arrangement in which only the system or institution defines what counts as a worthwhile question and adequate answer. Emancipatory assistance should therefore make disagreement and alternative reasoning possible, including disagreement with the explanation offered by the assistant. It should also allow learners to recognize their own contribution without attributing every successful performance to technology and every difficulty to personal deficiency.

1.2. Social Reproduction and Differentiated Benefit

Bourdieu and Passeron (1990) direct attention to the relationship between educational recognition and socially distributed cultural resources. The present argument does not assume that algorithmic assistance must reproduce every prior inequality. It asks how a nominally common resource can be converted into different educational advantages. Learners differ in their familiarity with disciplinary standards, available time, confidence in questioning authority, and access to people who can evaluate an answer. Equal access to an interface does not automatically equalize those conversion conditions.

The distinction between access and conversion is especially important when a task requires verification. A learner with strong prior knowledge may identify an implausible claim quickly, while a novice needs extended explanation. The same requirement to check an answer can therefore impose different burdens. This does not imply that novices should be excluded from assistance. It implies that verification itself must be taught and supported. Otherwise an institution can declare assistance equally available while leaving the resources needed for responsible use unequally distributed.

Fricker (2007) distinguishes injustices affecting people as knowers, including problems of credibility and interpretive resources. This provides a further reason not to treat epistemic autonomy as an exclusively individual skill. A learner may formulate a justified objection yet receive little recognition because their language, status, or educational trajectory is devalued. An automated explanation that restates the same objection in an institutionally preferred register can then appear more credible than the learner. Such an outcome would redistribute recognition without necessarily improving the underlying reasoning.

1.3. Engagement Regulation and Authority

Chi and Wylie (2014) distinguish passive, active, constructive, and interactive engagement. Their interactive mode requires substantive co-construction; conversation or frequent prompting alone is insufficient. The framework therefore helps question whether visible activity indicates intellectual participation. A learner can exchange many messages while requesting replacement answers, whereas one prompt can initiate extended independent analysis. In the present article, the statistical measures of frequency and reliance remain separate from these engagement modes. Neither a usage count nor a self-reported benefit can classify a learner's cognitive activity without evidence of what the learner actually does.

Zimmerman (2002) describes self-regulated learning through processes that include planning, monitoring, and reflection. The sociological extension proposed here concerns the distribution of resources that make those processes feasible. A student cannot monitor an explanation effectively when the task's standards remain opaque

or when the available time permits only completion. Self-regulation should not become a label through which institutions attribute structural difficulties to deficient personal discipline. Its educational development requires intelligible criteria, practice, feedback, and room to revise unsuccessful strategies.

Selwyn (2019) places educational automation within questions about the purposes and organization of teaching. This perspective helps distinguish the teacher's informational role from responsibilities for judgment, care, and legitimate evaluation. A system that provides explanations does not thereby assume those responsibilities. Institutions remain answerable for deciding what should be learned, under what conditions assistance is appropriate, and how supported work will be recognized. Delegating a technical operation should not make responsibility for the educational arrangement disappear.

2. METHOD AND SCOPE

The article combines problem-centered conceptual synthesis with descriptive secondary analysis. The main statistical source is Gillespie et al. (2025), a University of Melbourne–KPMG survey across 47 countries, fielded from November 2024 to January 2025. Its student sample comprises 2,499 adults, predominantly in tertiary education; the employee comparison comprises 32,352 respondents. Published percentages from Figures 55–60 are extracted and redrawn. The study does not recruit a new sample, access respondent-level records, or estimate its own regressions. The international survey informs a sociological interpretation of reported educational practices, rather than a ranking of national educational systems.

Extraction distinguishes the full student group from filtered items for student AI users. When the report does not print an exact valid item base, the figure note states this rather than inferring counts from a rounded percentage. Frequency categories remain separate, and sometimes-to-very-often responses are not relabeled as frequent use. Multiple-response tool categories are not added to 100. The displayed distributions, institutional-support ratings, and perceived impacts use their published denominators and rounding. No standard errors, significance tests, respondent profiles, or cross-tabulations are fabricated from marginal percentages.

Bastani et al. (2025) and Kestin et al. (2025) provide separate experimental points of comparison. The former distinguishes assisted mathematics practice from later unaided examination performance; Table 1 preserves its reported relative changes rather than converting them into percentage-point differences. The latter compares a designed AI tutor with in-class active learning in university physics. Neither experiment shares a sample or measurement instrument with the international survey. Their results are used to clarify why self-reported efficiency and demonstrated learning require different evidence, not to calculate an average effect of AI.

Interpretation proceeds by linking each statistical pattern to a specified institutional mechanism and a plausible alternative explanation. More reported reliance can reflect task design, incentives, or prior preparation; it does not by itself establish cognitive deterioration. Positive perceived effects on efficiency cannot establish durable transfer. The analysis therefore separates reported practice, perceived consequence, experimental performance, and normative judgment. Original contributions concern their sociological relationship. Inferential results from cited experiments remain attributed to those authors, while all nine figures are descriptive representations of published survey values.

Only published aggregate statistics were used. International pooling does not make the student subsample representative of every country, educational level, or discipline, and the report's overall national panel design should not be mistaken for a separate probability sample of students. Policy items record respondents' knowledge or perceptions, not independently audited institutional rules. Hypothetical classroom cases remain illustrations, not additional observations. The secondary analysis can expose tensions between adoption, support, and recognition, but it cannot determine whether a particular proposed teaching protocol improves learning.

3. ASSISTANCE PERFORMANCE AND APPROPRIATION

3.1. What Exactly is Being Delegated

Educational tasks combine operations with different purposes. Searching for an example, translating a passage, comparing explanations, constructing an inference, and evaluating a conclusion are not interchangeable units of effort. Delegating a language operation may make disciplinary reasoning accessible. Delegating the disciplinary reasoning itself may remove the very practice an assessment is intended to recognize. The boundary depends on the stated learning objective and the learner's current capability, rather than on an abstract distinction between acceptable tools and unacceptable tools.

Table 1. Experimental contrast between assisted performance and subsequent learning

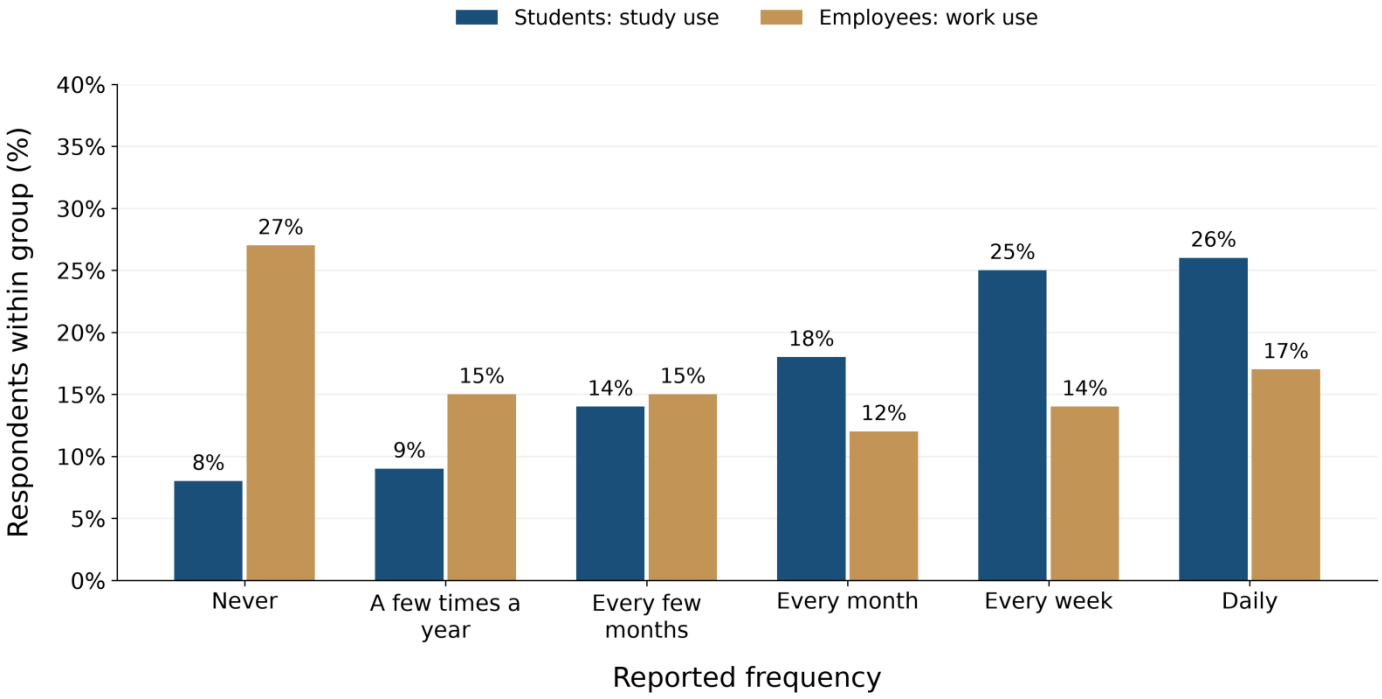
Trial comparison	**Published relative change**	**Outcome conditions**	**Inference boundary**
GPT Base versus control	+48%	Grades during assisted practice.	Relative improvement; not 48 percentage points.
GPT Tutor versus control	+127%	Grades during assisted practice.	Safeguarded tutor; not the same intervention as GPT Base.
GPT Base versus control	−17%	Subsequent unaided examination grades.	Specific school and trial; not a population prevalence.
GPT Tutor versus control	No positive effect established	Subsequent unaided examination.	No numeric zero is imputed from a non-significant result.

Source: Bastani et al. (2025), published abstract and main results; author's tabulation.

Note. These are trial-reported relative changes, not original estimates. The later published correction concerns an author affiliation. No pooled effect or synthetic individual dataset is constructed.

Table 1 shows why successful task completion and acquired capability require separate judgments. In the cited trial, assisted practice gains coexist with a subsequent unaided disadvantage for the unrestricted interface. The contrast does not justify treating all assistance as substitutive: the safeguarded interface changes the instructional arrangement. It does show why grades produced under one condition should not automatically certify performance under another. Sociologically, the issue is how an institution defines the contribution it recognizes, including whether learners have practiced the reasoning that later assessment demands. Relative percentage changes are retained because replacing them with percentage-point differences would misstate the evidence.

Figure 1. Frequency of intentional AI use among students and employees



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 55, p. 90.

Note. Student N = 2,499; employee N = 32,352 in the 47-country survey. Fieldwork: November 2024–January 2025. Student and employee groups are not matched and may overlap. Source rounding is preserved; no group-difference significance test is calculated.

Figure 1 establishes that students and employees in this survey encounter different patterns of intentional AI use. The student weekly and daily categories together account for 51%, compared with 31% among employees. That difference concerns reported frequency in distinct activities, not a causal effect of student status. Educational reliance develops within assessment schedules, access to feedback, and expectations about acceptable support. The comparison therefore motivates examining the organization of those settings rather than treating usage as an individual disposition. The groups are not matched, may overlap, and have different age and occupational profiles. A responsible interpretation stops short of claiming that students are inherently more dependent or less critical than workers.

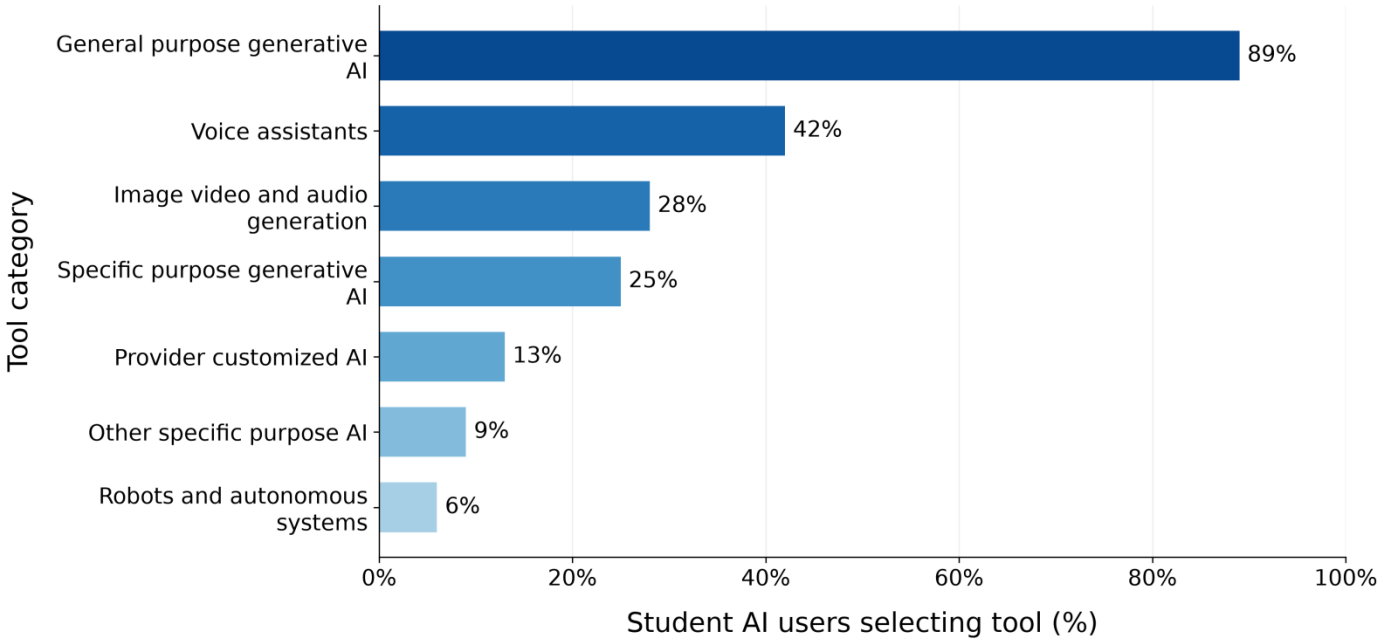
3.2. The Difference Between Completion and Transfer

A completed task provides evidence about performance under its completion conditions. It does not automatically establish what the learner can explain, adapt, or reconstruct under different conditions. This distinction is familiar in education but becomes harder to ignore when fluent production is easily available. Independent transfer need not mean performing every task without resources. It means applying the relevant understanding to a changed problem under conditions that reveal the learner's contribution and match the capability the institution claims to recognize.

Bastani et al. (2025) report that the effects of access during practice differ from subsequent unaided outcomes, with design safeguards affecting that relationship. The result is specific to their study and cannot justify a general prohibition of educational AI. It does justify separating supported performance from acquired capability. An

institution that measures only the first may reward an arrangement that is efficient during practice but educationally fragile afterward. A defensible assessment system should be able to detect that possibility rather than assuming it away.

Figure 2. Types of AI tools used for study



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 56, p. 91.

Note. Multiple-response item among students using AI for study; overall student sample N = 2,499. The exact valid base for this filtered item is not printed in the figure. Percentages are preserved and are not mutually exclusive; no counts are reconstructed.

Figure 2 shows that general-purpose generative tools are much more commonly selected than systems customized for an education provider. The contrast identifies a potential gap between tools available in everyday life and those configured around a curriculum. It does not prove that a general-purpose tool is pedagogically inferior in every use. Rather, it makes institutional design visible: students can adopt assistance before teachers have specified its relationship to learning objectives, evidence, and feedback. Because selections overlap, the graph describes an ecology of resources instead of mutually exclusive student types. The sociological question is who receives support for choosing and evaluating tools, rather than who merely has access to an account.

Kestin et al. (2025) provide a contrasting reason for caution about generalization: an educationally structured tutor can support substantial learning in the setting studied. The relevant comparison is therefore among instructional arrangements, not between an undifferentiated artificial intelligence and an equally undifferentiated human classroom. The task's structure, the quality of feedback, the learner's preparation, and the outcome assessed can all matter. A sociological framework should retain these conditions while examining whose institutions can provide them consistently.

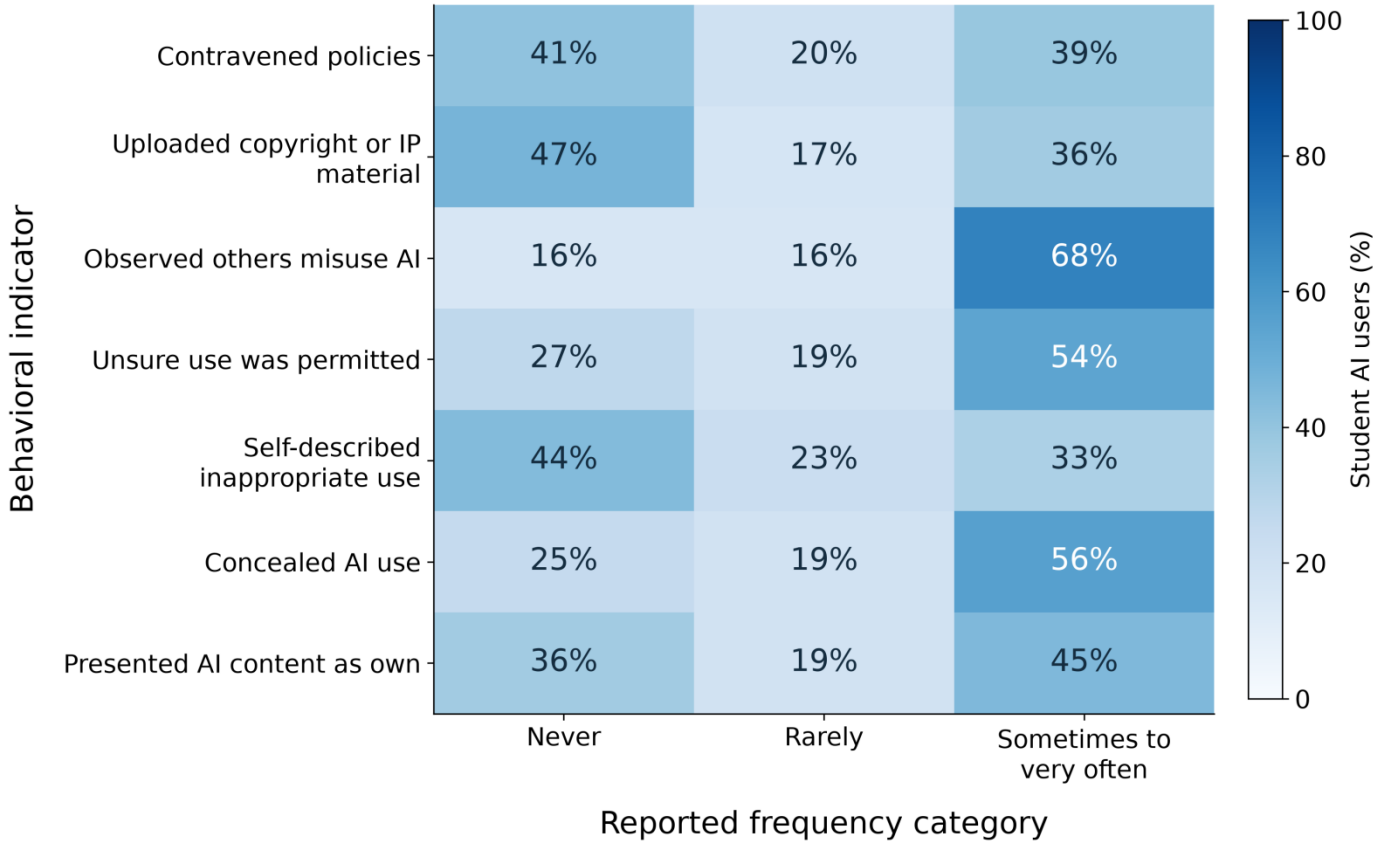
3.3. Appropriation as an Observable Relation

Appropriation names the process through which a learner makes an explanation usable within their own reasoning. It is not equivalent to reproducing the system's wording. A learner may show appropriation by applying an idea to a new case, identifying a boundary condition, explaining why an alternative fails, or correcting an earlier

inference. These activities produce different kinds of evidence. None supplies a complete measure of understanding in isolation, but their combination is more informative than surface fluency alone.

Appropriation also has a social dimension. Learners need opportunities to make their reasoning visible without disproportionate penalties for preliminary mistakes. If every intermediate response is immediately graded, requesting a finished answer may become a rational defensive strategy. The institution can then interpret the resulting behavior as a personal integrity problem while overlooking the incentive it created. The framework proposes examining the consequences attached to uncertainty, revision, and help-seeking before attributing a pattern of delegation to stable learner characteristics.

Figure 3. Policy ambiguity and disclosure practices in AI assisted study



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 57, p. 92.

Note. Percentages among student AI users; overall student sample N = 2,499, exact filtered item bases not printed. Sometimes to very often combines three frequency categories. Rows describe separate behaviors and do not identify the same individuals. Values retain source rounding.

Figure 3 distinguishes uncertainty about permission from deliberate concealment and reported policy violation. More than half select sometimes-to-very-often responses for using AI without knowing whether it was allowed and for concealing its use. These are separate marginal distributions; they cannot establish that the same students engaged in both behaviors. The distinction matters because a policy response based only on punishment can leave interpretive uncertainty unresolved. Clear rules and opportunities to discuss assistance may change the conditions under which disclosure becomes possible. Observing others' misuse is also different from admitting one's own

conduct and should not be treated as a direct estimate of misconduct prevalence. The analysis therefore concerns the social legibility of institutional expectations.

4. THE SOCIAL DISTRIBUTION OF EPISTEMIC AUTONOMY

4.1. Unequal Resources for Verification

Verification requires knowing what would count as adequate evidence, being able to access that evidence, and having time to examine it. It also requires confidence that a justified challenge will be heard. These resources are not supplied automatically by the availability of a conversational system. A requirement to verify every statement can become punitive if it is imposed without instruction, access, or differentiated support. The educational alternative is to teach verification as a sequence of practices, with increasingly complex tasks and explicit opportunities to discuss uncertainty.

Table 2. Conditions for converting access into educational advantage

Condition	What access alone omits	Possible inequality	Educational response
Disciplinary preparation	Knowing which standards an explanation must meet.	Prior familiarity makes implausible claims easier to notice.	Model criteria and provide graduated practice.
Source access	Having reliable material against which to check an answer.	Verification requires resources unavailable to some students.	Provide accessible common reference collections.
Time and conditions	Opportunities to inspect, discuss, and revise work.	Employment, care, and overloaded schedules constrain inquiry.	Align workloads with the intellectual process expected.
Feedback and support	Someone able to discuss an uncertainty productively.	Informal networks compensate for unequal institutional support.	Make purposeful feedback part of ordinary provision.
Recognition	A fair hearing for the learner's explanation or objection.	Status and dominant registers affect credibility.	Use explicit criteria and accessible opportunities to respond.

Source: Author's analytical extension of Bourdieu and Passeron (1990) and Fricker (2007).

Note. The rows identify mechanisms for investigation, not deterministic claims about social groups or measured gaps.

Table 2 organizes conversion conditions that can mediate the relationship between accessible assistance and educational advantage. It does not claim that social background determines an individual's response. Rather, it identifies resources whose distribution should be investigated instead of assumed equal. A support policy may supply access to a service but leave source access, feedback, and disciplinary orientation unchanged. The table

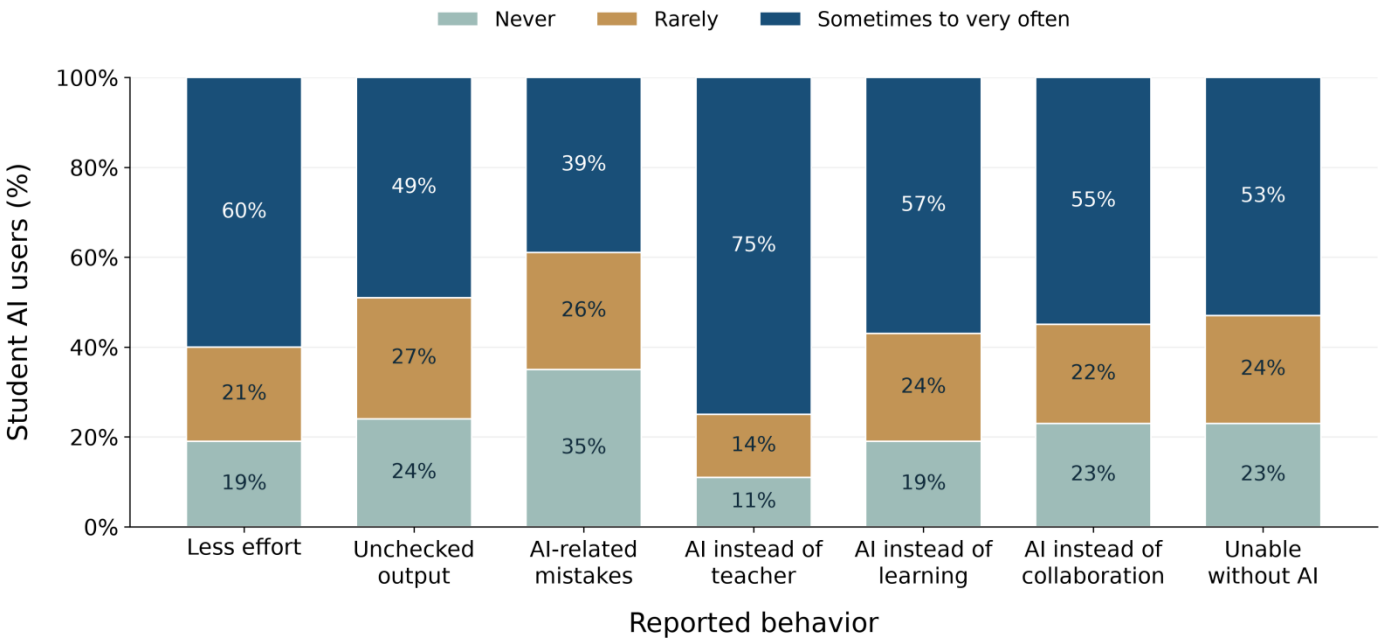
also identifies institutional actions that can alter those conditions. This prevents inequality from appearing as a fixed attribute of learners while leaving the organization of education analytically untouched.

4.2. Linguistic Support and the Politics of Recognition

Generative language assistance can make participation more accessible without resolving inequalities of recognition. A learner may have a defensible argument but need help expressing it in the dominant academic register. Treating every improvement in expression as dishonest would confuse a language barrier with lack of disciplinary understanding. Equally, treating a polished reformulation as evidence that the learner has acquired the relevant conceptual distinctions would overstate what the output shows. Assessment should distinguish the capability being evaluated from the medium through which it becomes visible.

Fricker's (2007) account of epistemic injustice directs attention to whether a learner's contribution receives appropriate credibility. The extension proposed here concerns an institutional paradox: the same idea may gain authority when expressed by a system that reformulates the learner's words. An institution should investigate this possibility rather than assume that automated standardization is neutral. A fair arrangement would support expression while preserving the attribution of the learner's intellectual contribution, including their authority to reject a reformulation that changes the meaning.

Figure 4. Reliance on AI and reported quality problems



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 57, p. 92.

Note. Each bar totals the published never, rarely, and sometimes-to-very-often responses for one item. Overall student sample N = 2,499; filtered item bases are not printed. Sometimes is not equivalent to habitual dependence, and self-report does not establish loss of ability.

Figure 4 disaggregates reliance into identifiable operations. Asking AI instead of a teacher, replacing collaboration, bypassing learning, and feeling unable to complete work without assistance describe different educational relationships. Their sometimes-to-very-often percentages range from 53% to 75%, while the never and rarely categories show variation that an undifferentiated dependence label would conceal. None of these items

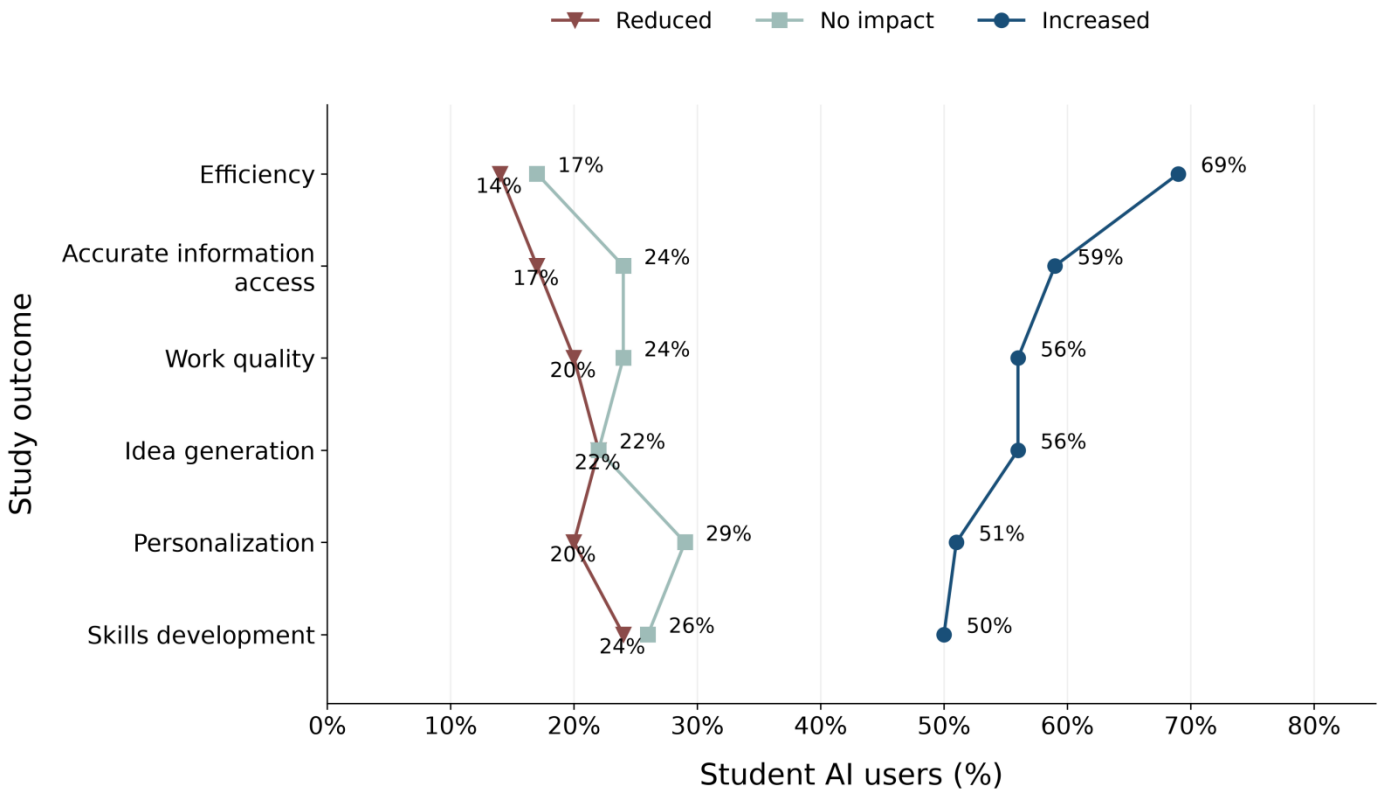
independently measures a loss of capability. A student may seek AI because a teacher is unavailable, or substitute it for discussion under time pressure. The institutional question is which alternatives are accessible and which operations an assessment rewards. Keeping the full frequency distributions visible prevents occasional behavior from being reported as a stable characteristic of every respondent.

4.3. Time Pressure Incentives and Rational Shortcuts

Delegation occurs within schedules, workloads, and expectations. A learner asked to produce several polished products under severe time constraints may prioritize completion over exploration. This does not establish that pressure causes every instance of substitutive use. It identifies a plausible institutional mechanism that must be considered alongside individual preferences. A policy that demands reflective use while preserving incentives for rapid output sends conflicting signals. Evaluation should examine whether the time allocated to a task corresponds to the intellectual process the institution says it values.

An additional distinction concerns opportunity costs. Independent work can be educationally valuable without every repeated operation being necessary. Requiring a learner to struggle with an already mastered mechanical step may prevent engagement with a more demanding question. The framework consequently rejects a moral equation between effort and learning. The relevant question is which effort develops the intended capability. Transparent decisions about delegation should make that question explicit, allowing learners to understand why some assistance is encouraged and why another form would bypass the task's purpose.

Figure 5. Perceived improvements in study production and access



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 58, p. 94.

Note. Published reduced, unchanged, and increased responses. Overall student sample N = 2,499; exact filtered base is not printed. These are perceived impacts, not independent tests of learning or audited accuracy. The six outcomes are not mutually exclusive.

Figure 5 separates perceived gains in producing coursework from gains in developing skills. The increased-efficiency response is 69%, while increased skill development is 50%. These are marginal self-reports, not a within-person test of whether efficiency caused stronger learning. Their difference nevertheless clarifies why institutions need multiple outcomes when evaluating assistance. Faster completion can release time for inquiry, but it can also reduce opportunities to practice an operation that remains educationally important. The sociological implication is to investigate how time and recognition are organized after convenience has been achieved. Student judgments are relevant evidence of experience, while independent assessment remains necessary to evaluate understanding and transfer.

5. PEDAGOGICAL ARRANGEMENTS THAT SUPPORT AUTONOMY

5.1. Making Intellectual Responsibility Visible

A useful instructional arrangement identifies the operation for which the learner remains responsible. In a comparison task, responsibility might include selecting criteria, checking a source, or defending the treatment of a counterexample. The system can assist with preliminary explanation without taking over those operations. Making responsibility visible helps teachers evaluate evidence and helps learners understand the purpose of a constraint. It also reduces dependence on informal knowledge about what a particular teacher privately considers legitimate assistance.

The arrangement should not require total surveillance of a student's activity. Purposeful artifacts can provide evidence of intellectual participation: an initial question, one contested claim, a reasoned revision, and an application to a different case. Their value depends on how they are discussed, not on the volume of process data collected. An extensive activity log can record many actions without revealing understanding, while introducing additional burdens and privacy concerns. The framework favors proportionate evidence tied to explicit educational objectives.

Table 3. A task cycle retaining learner responsibility

Stage	**Learner decision**	**Permitted assistance**	**Evidence of participation**
Frame	State a question and explain why it matters.	Clarification of language and possible scope.	A defensible initial formulation.
Compare	Identify a difference between competing explanations.	Examples and contrasting formulations.	An explicit criterion for comparison.
Verify	Select a claim and examine supporting evidence.	Orientation toward candidate sources.	A checked source and a reasoned relevance judgment.
Revise	Decide what should change in an initial account.	Feedback that exposes assumptions and alternatives.	A short explanation of the revision.
Transfer	Apply the reasoning to a materially changed case.	Resources appropriate to the objective.	Justification that does not depend on reproducing prior wording.
Reflect	Explain which assistance helped and where it was insufficient.	Questions that support self-assessment.	A choice of strategy for a subsequent task.

Source: Author's pedagogical proposal, informed by Zimmerman (2002) and Rancière (1991).

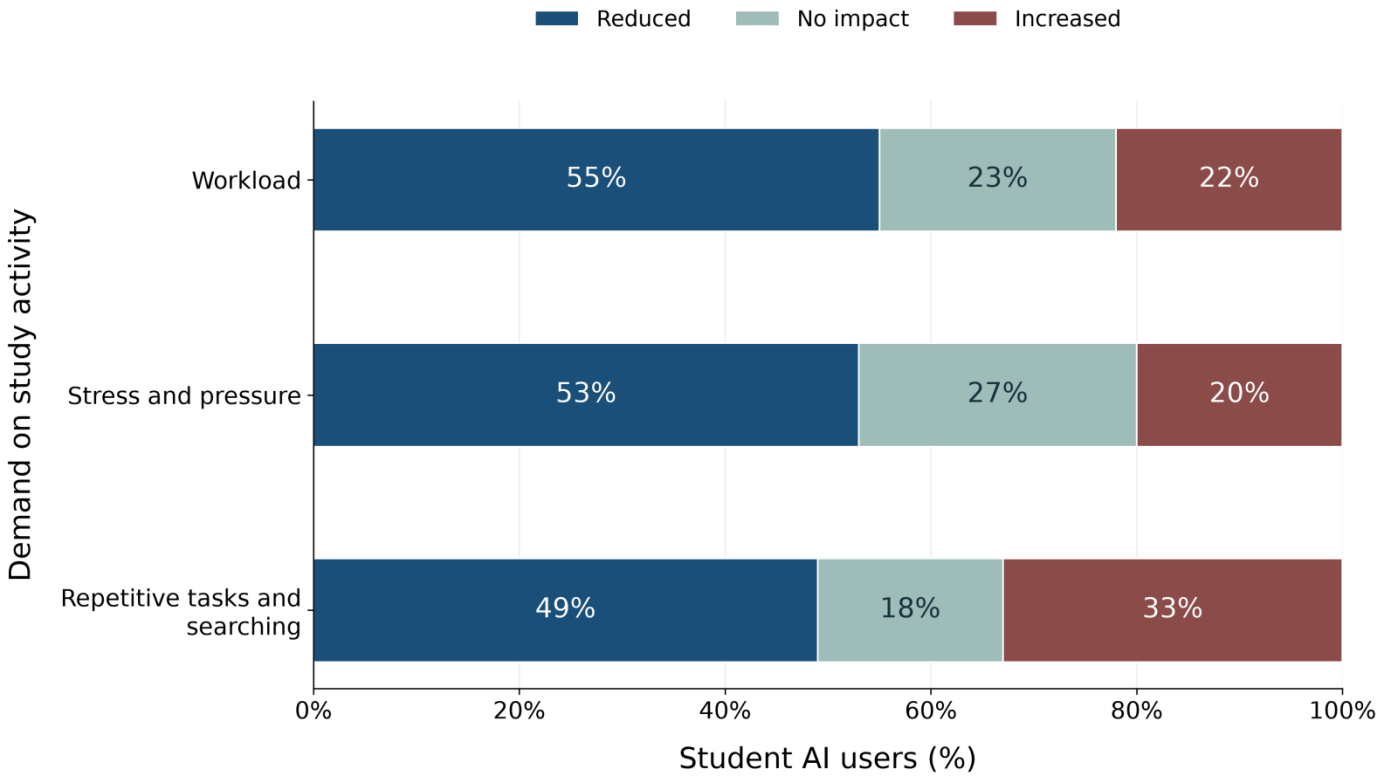
Note. The cycle is not an evaluated intervention. Its feasibility and educational effects require contextual investigation.

Table 3 proposes a task cycle that preserves identifiable learner decisions. It is a design hypothesis rather than a demonstrated intervention. The sequence can be adapted for learners requiring language support, assistive technology, or additional time without removing the intellectual operation under evaluation. Its sociological significance lies in making expectations publicly discussable. When the criteria are explicit, a disagreement about assistance can concern the stated purpose of a task rather than an unspoken judgment about who appears to deserve a successful result.

5.2. Feedback that Develops the Capacity to Judge

Feedback supports autonomy when it makes the basis of a judgment available for examination. A response that merely supplies a corrected answer can improve the immediate product without developing the learner's ability to diagnose the problem. By contrast, feedback that identifies an assumption, invites a comparison, or requests an evidential decision can create an occasion for judgment. Whether that occasion produces learning depends on the learner's opportunity to respond, the quality of the feedback, and the educational context. The article does not treat interrogative wording as sufficient.

Figure 6. Perceived changes in workload stress and repetitive tasks



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 58, p. 94.

Note. Rows show reduced, no impact, and increased demand. Overall student sample N = 2,499; filtered item bases are not printed. Reduction is favorable for these items but is not itself evidence of deeper understanding. No hours saved are inferred.

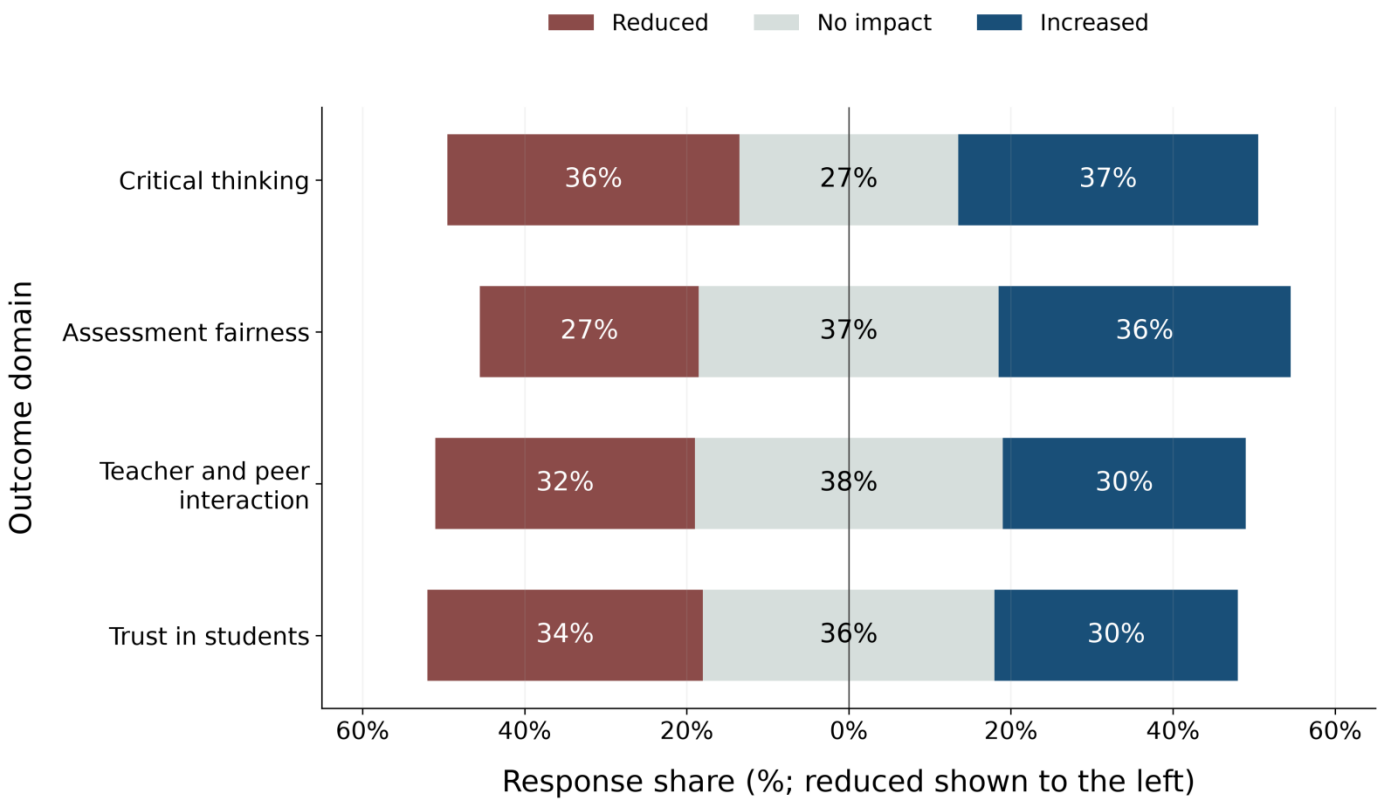
Figure 6 records favorable perceived reductions in workload and pressure alongside a less uniform assessment of repetitive tasks. Reductions cannot be translated into hours saved because the source measures directional judgment rather than duration. They can still matter sociologically: reducing routine demands may widen participation for students combining study with employment, care, or disability-related burdens. Whether the released capacity supports learning depends on the design of subsequent tasks and access to feedback. Conversely, increased demands for some respondents may reflect the work of checking and integrating output. The full response distribution therefore challenges an assumption that introducing AI produces a single, evenly shared efficiency gain across a student population.

5.3. Scaffolding without Permanent Dependence

Scaffolding should be evaluated through the capability it enables and the conditions under which support can change. A rigid requirement to remove all assistance is inappropriate where the educational objective legitimately includes using tools. However, a learner should be able to perform the relevant evaluative operation when the exact interface or wording changes. This distinction makes fading support a contextual decision. The aim is not technological abstinence but a growing capacity to recognize what assistance is needed, assess it, and choose an alternative when it is unsuitable.

Zimmerman's (2002) account of regulation informs this emphasis on planning and reflection. The extension proposed here concerns shared responsibility for creating conditions in which those activities are realistic. A teacher can model how to detect an unsupported inference, while an institution can supply access to reliable material. A learner can then practice choosing a verification strategy and explain why it fits the problem. Self-regulation becomes educational content rather than an assumed prerequisite that only already advantaged students can meet.

Figure 7. Divergent perceptions of intellectual and institutional consequences



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 58, p. 94.

Note. Reduced responses are plotted left of zero solely for display; their percentages are positive. No-impact responses are centered. Overall student sample N = 2,499; filtered bases are not printed. Marginal distributions do not establish which respondents combined particular views.

Figure 7 shows that intellectual and institutional consequences are more divided than production benefits. For critical thinking, the reduced and increased responses are nearly balanced, whereas assessments of teacher and

peer interaction lean less favorably. These are perceptions, so they cannot demonstrate either cognitive decline or improvement. Their sociological value is to resist evaluating a learning arrangement through convenience alone. A system can make an individual product easier to complete while changing opportunities for discussion, recognition, and justified disagreement. The centered neutral category preserves respondents who report no change rather than forcing them into an optimistic or pessimistic camp. Institutions should investigate how these different experiences arise within actual teaching and assessment relations.

6. ASSESSMENT RECOGNITION AND INSTITUTIONAL ACCOUNTABILITY

6.1. Certifying the Capability that an Assessment Claims

Biesta (2010) questions the reduction of educational purpose to what can be measured. This concern becomes particularly relevant when an institution can collect more traces of activity than it can interpret responsibly. A record of time spent, prompts submitted, or revisions made can document participation without establishing the quality of judgment involved. Deciding which capability merits recognition remains an educational and political responsibility. A technically available indicator should therefore enter assessment only through an explicit account of its relationship to the intended purpose, including the circumstances in which that relationship may fail.

Williamson (2017) examines the expanding role of data and software in educational organization. The extension proposed here concerns the feedback between representation and opportunity: once a learner is classified through a narrow indicator, subsequent support may be allocated through that classification. An initially provisional representation can acquire durable consequences. Institutions should consequently examine not only whether an indicator predicts an outcome but whether its use changes the conditions under which learners can demonstrate something different. A learner's opportunity to challenge an educational representation is part of the learning arrangement itself.

A grade is an institutional statement about what a performance is taken to demonstrate. If a task permits extensive assistance, the institution should specify whether it recognizes a completed product, collaboration with tools, disciplinary reasoning, or independent transfer. These may all be legitimate objectives, but they require different evidence. Ambiguity allows a polished product to carry a broader claim than the assessment conditions justify. The framework therefore treats assessment validity as a relationship between task conditions, observable contribution, and the capability publicly recognized.

An oral explanation can reveal reasoning while privileging confidence, language fluency, or familiarity with conversational assessment. An unaided written task can expose some operations while introducing other barriers. Portfolios can show development while imposing monitoring work. Fair design requires evidence appropriate to the capability and accessible to the learner. The aim is to reduce unjustified inference while retaining accountable educational judgment.

Table 4. Assessment evidence and proportionate certification

Evidence	Claim it may support	Inference it cannot establish alone	Equity consideration
Completed product	Successful production under the stated conditions.	Independent understanding of every operation involved.	Language support should not be mistaken for absent reasoning.
Reasoned revision	Ability to diagnose and address a particular issue.	General mastery across unfamiliar contexts.	Provide time and access to feedback.
Explanation of criteria	Ability to justify a disciplinary judgment.	Unaided recall of all relevant information.	Offer accessible ways of expressing the explanation.
Changed-case application	Transfer of a specified concept or reasoning operation.	Universal independence from tools.	Separate the target capability from incidental barriers.
Portfolio of decisions	Development across selected tasks and revisions.	A complete record of private intellectual activity.	Limit surveillance and administrative demands.
Opportunity to challenge	Participation in reviewing an institutional judgment.	Automatic correctness of the learner's preferred interpretation.	Assess reasons without treating social status as credibility.

Source: Author's institutional analysis, informed by Selwyn (2019), Fricker (2007), and Miao and Holmes (2023).

Note. Evidence supports bounded judgments. No assessment format is treated as an infallible measure of autonomy.

Table 4 distinguishes assessment evidence from the claim it can reasonably support. It also identifies a possible inequity associated with each form. This pairing prevents an apparently rigorous response to generative assistance from becoming a new source of exclusion. A timed unaided exercise, for instance, should not be interpreted as a complete measure of intellectual autonomy. The table invites institutions to make certification claims proportionate to evidence and to provide accommodations that preserve the relevant intellectual operation while changing incidental demands.

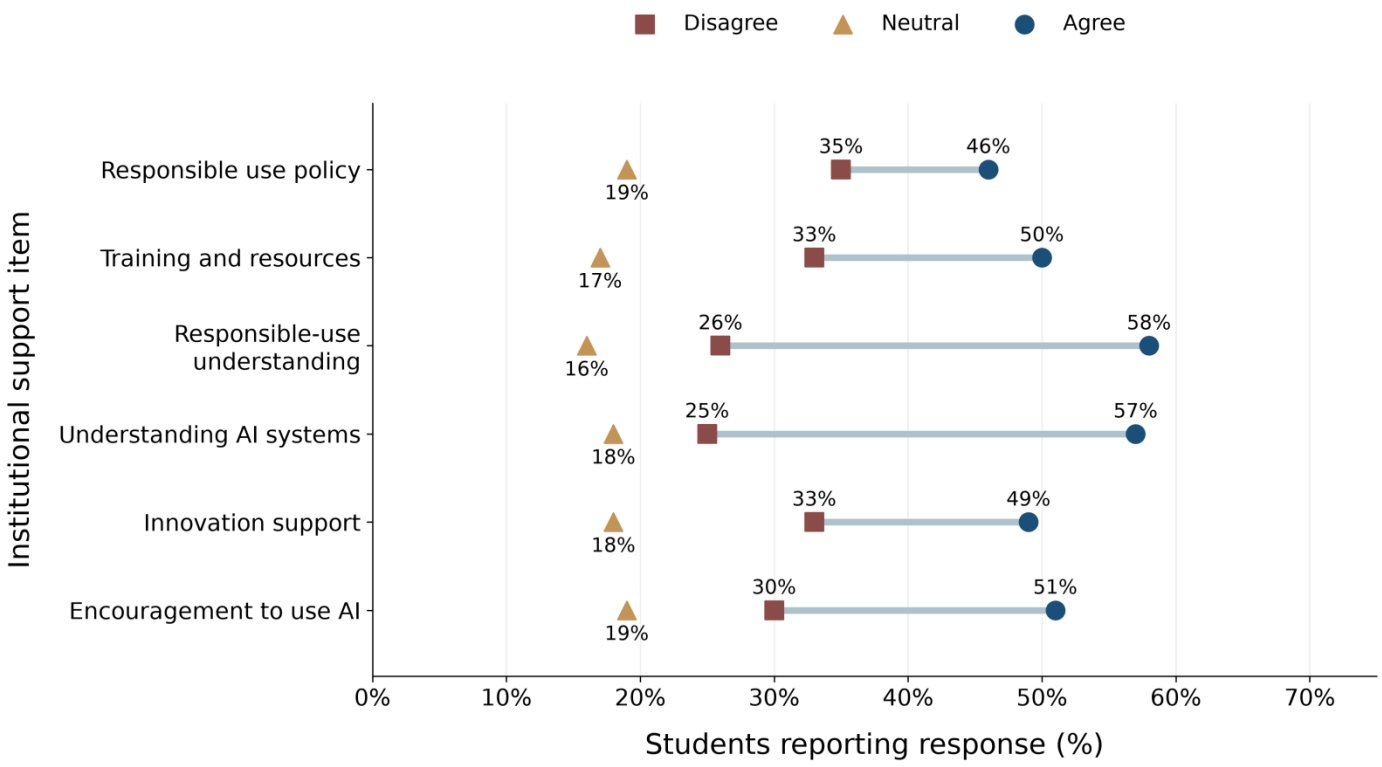
6.2. Integrity without Unreliable Proxies

Educational integrity should concern truthful representation of one's contribution and compliance with intelligible task conditions. A policy centered on guessing authorship from surface style risks substituting a proxy for evidence. The present article makes no claim about the accuracy of any particular detection service. Its conceptual point is that a classification about text origin does not by itself establish whether the learner understood the

material, complied with a stated rule, or misrepresented their role. Those are related but distinct judgments requiring appropriate evidence and a fair opportunity to respond.

An institution should also distinguish disclosure from self-incrimination. A learner cannot participate openly in discussing assistance if every admission is treated as presumptive misconduct. Clear categories of permitted support, task-specific restrictions, and procedures for contesting a judgment can make disclosure educationally useful. Conversely, a vague policy can transfer interpretive power to whichever authority evaluates the work after completion. The framework proposes that procedural fairness is part of epistemic autonomy because it determines whether learners can explain and defend their participation as knowers.

Figure 8. Student assessments of institutional support for responsible AI use



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 59, p. 95.

Note. Disagree, neutral, and agree combine the categories specified by the source. Overall student sample N = 2,499; item-specific bases are not printed. These are students' assessments, not an institutional policy audit. Rounding is retained.

Figure 8 distinguishes institutional encouragement from the resources and rules that can make it educationally defensible. Agreement varies across the six indicators, with support for understanding responsible use rated more favorably than the presence of a responsible-use policy. The graph records student assessments; it does not audit whether an institution actually has an effective policy. Nevertheless, the pattern makes implementation a substantive question. Encouraging adoption without adequate training, clear objectives, or accessible review can transfer verification work onto learners who possess unequal resources. The links in the display connect disagreement and agreement for each item, not a temporal progression or causal pathway. Neutral responses remain visible as a distinct judgment.

6.3. The Responsibilities of Teachers and Providers

An institution can therefore evaluate its own arrangements through a simple counterfactual: if a learner questions a generated explanation, what resources allow that challenge to become consequential? The answer should identify accessible evidence, an intelligible standard, and a responsible interlocutor. Without those conditions, encouragement to think critically can remain an expectation unsupported by ordinary, accessible educational provision.

Teachers cannot personally resolve every difficulty introduced by a technical service. They need time, professional development, accessible materials, and institutional support for designing and evaluating tasks. Providers, meanwhile, should not be treated as pedagogical authorities solely because they supply explanations. Responsibilities for system maintenance, educational judgment, and student support must be assigned explicitly. Without such assignment, a student can be referred between an institution and a provider while neither accepts responsibility for a consequential error or an inaccessible procedure.

Miao and Holmes (2023) frame educational use around human agency and institutional capacity. Building on that concern, the present framework proposes evaluating procurement through the educational operations a system supports, not only its convenience. Institutions should ask whether teachers can configure assistance around objectives, whether students can inspect supporting material, and whether alternatives exist when a service fails. These are questions for deliberation and empirical evaluation. They should not be converted into a claim that a particular contractual clause or technical feature guarantees emancipatory learning.

7. PROPOSITIONS FOR SOCIOLOGICAL RESEARCH

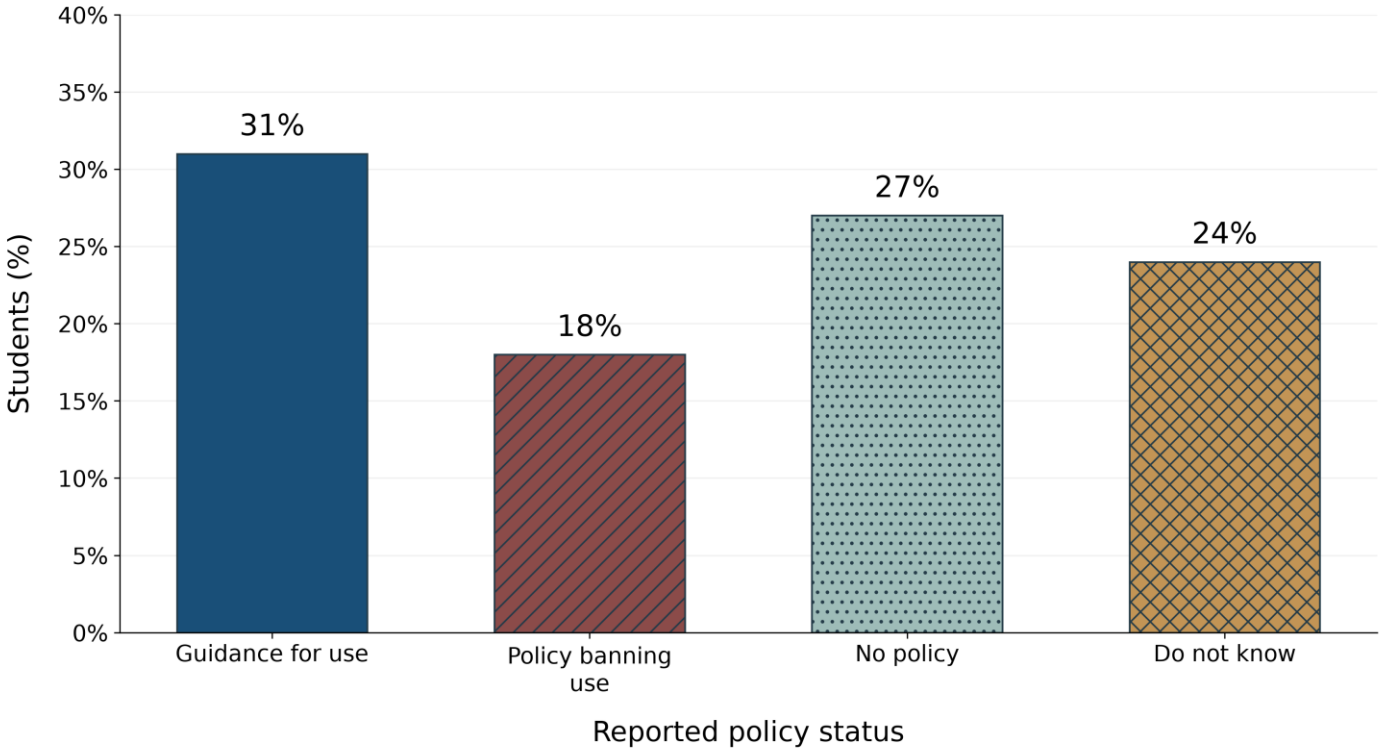
The first proposition is that assistance strengthens autonomy when the learner remains responsible for an identifiable evaluative operation and receives feedback on that operation. This proposition can be investigated by comparing tasks that provide similar informational support but allocate responsibility differently. Appropriate outcomes would include explanations of criteria, transfer to changed cases, and the ability to identify a boundary condition. A positive response on an attitude questionnaire would not alone demonstrate the acquisition of those capabilities.

The second proposition is that the educational consequences of assistance depend partly on conversion resources. A comparative study should observe disciplinary preparation, source access, available time, and opportunities for feedback separately rather than treat social background as a single explanatory variable. It should also consider compensatory institutional support. If an accessible teaching arrangement reduces a gap that otherwise appears, the finding would demonstrate the importance of organization rather than show that resources never mattered. The unit of explanation is the relationship between learner and learning arrangement.

The third proposition is that output-only recognition increases the incentive for substitutive delegation when the cost of producing a polished product independently is high. This is not a moral judgment about students and not a claim that incentives determine behavior mechanically. It can be examined through changes in task design, interviews about strategy, and analysis of revision processes. A countercondition would be a context where disciplinary commitment or peer practices sustain inquiry despite output-centered assessment. Such cases would help specify the limits of the proposed mechanism.

The fourth proposition is that transparent and contestable assessment conditions improve the learner's capacity to explain their contribution. This should not be confused with a prediction that transparency necessarily raises grades. A clearer task may reveal that an earlier product demonstrated less than assumed. The relevant outcome concerns the fit between recognized capability and defensible evidence. Investigating the proposition would require attention to how disputes are handled, whose explanations receive credibility, and whether accommodations preserve participation without changing the stated learning objective.

Figure 9. Reported institutional guidance on generative AI



Source: Author's statistical redrawing from Gillespie et al. (2025), Figure 60, p. 95.

Note. Published distribution for students in the 47-country study; overall student sample N = 2,499. This generative-AI-specific item differs from the broader responsible-AI-policy agreement item. Unknown policy status is preserved as a separate response, not coded as no policy.

Figure 9 separates guidance, prohibition, absence of policy, and lack of knowledge about policy. Almost a quarter report not knowing the institutional position, a category that cannot legitimately be merged with absence. This distinction matters because rules can exist without becoming intelligible in everyday learning. Equally, a prohibition can be known while students still lack practical alternatives or understandings of permitted support. The distribution concerns generative-AI-specific guidance and therefore should not be substituted for agreement with the broader responsible-AI-policy item in Figure 8. For sociological research, the relevant comparison follows how communicated rules, available resources, and assessment incentives jointly shape the assistance learners consider legitimate.

7.1. Research Designs and Negative Cases

A useful longitudinal design would follow the same learners across supported practice and changed assessment conditions. It would record which operations were delegated, what feedback was available, and how learners explained their decisions. Such a study should avoid defining independence simply as complete non-use of tools. Its assessment conditions should correspond to the capability under investigation. Retaining access to reference material may be appropriate when the outcome is evaluative reasoning, whereas a different task may legitimately require recall of foundational concepts.

Qualitative observation can clarify how learners understand the difference between receiving an explanation and possessing a reason. Researchers could examine moments when students reject, revise, or defend a generated

response. Interviews should include cases in which assistance is useful and cases in which students decline it for practical or principled reasons. Non-use does not automatically indicate disadvantage or resistance. Its interpretation requires attention to available alternatives, task demands, confidence, and the meaning students give to their decisions.

Institutional comparison should examine both resources and legitimacy. Two courses may use similar systems while differing in access to source materials, feedback time, and procedures for contesting a judgment. A comparison that attributes their outcomes solely to the model would miss those conditions. Researchers should also document who bears the work of implementation. An arrangement that succeeds through exceptional unpaid teacher effort may not be sustainable or equitable when adopted widely. Scalability is therefore an organizational question, not merely a technical one.

8. DISCUSSION

The central contribution is a relational account of epistemic autonomy in AI-assisted learning. Autonomy is neither equivalent to unrestricted access nor demonstrated by the absence of a tool. It depends on learners' authority to formulate questions, examine evidence, make judgments, and explain their contributions within an institution that recognizes those activities. The distinction between enabling and substitutive delegation clarifies why similar technical assistance can have different educational meanings. The decisive issue is which intellectual operation the learner performs and how that operation is supported and recognized.

This account differs from narratives that treat generative assistance as either automatic democratization or inevitable intellectual decline. Accessibility can remove barriers, but its benefits require conversion into understanding and recognition. Dependence can emerge, but it is not established by convenience or frequent use alone. The framework identifies conditions under which both possibilities can be investigated. Its sociological advantage is to make institutions part of the explanation: curricula, assessment rules, feedback, and resource distribution influence the relationship between assistance and acquired capability.

A related implication concerns educational authority. Teachers need not maintain authority by monopolizing explanations. Their responsibility can instead include making standards intelligible, recognizing defensible disagreement, and organizing opportunities for learners to assume evaluative responsibility. That responsibility remains demanding. It cannot be transferred to a provider without altering the institutional relationship through which educational judgments are authorized. Similarly, learners should not be asked to evaluate every generated response independently while being denied the instruction and resources needed to learn how.

8.1. Limitations and the Status of the Framework

The framework is a conceptual proposal, not a validated scale or an evaluated intervention. Its categories simplify practices that can be mixed within a single activity. A learner can delegate language production while independently judging evidence, or construct an argument while relying on an inaccurate explanation of a key term. The enabling versus substitutive distinction therefore requires analysis at the level of operations, not a global label attached to a person or a technology. Empirical work should test the usefulness of that level of analysis.

The theoretical sources also differ in their accounts of emancipation. Rancière's presupposition of intellectual equality resists explanations that first position learners as incapable, whereas Bourdieu and Passeron direct attention to institutional reproduction. Their tension is retained: identifying unequal resources must not become a declaration of unequal intelligence. The survey cannot resolve that theoretical disagreement. It can inform inquiry into how institutions distribute opportunities to exercise judgment, while the proposed pedagogy remains an argument to investigate rather than an empirically validated synthesis.

CONCLUSION

Emancipatory learning in the age of generative artificial intelligence depends on the organization of intellectual responsibility. Assistance can widen opportunities when learners retain meaningful participation in framing problems, evaluating evidence, and revising judgments. It can reinforce dependence when it substitutes for those operations while the resulting product is recognized as evidence that they have occurred. The distinction is educational and institutional, not a property that can be assigned permanently to a tool.

Epistemic autonomy consequently requires more than responsible individual behavior. It requires intelligible objectives, supported verification, proportionate evidence of reasoning, accessible alternatives, and assessment judgments that remain open to challenge. The framework offers criteria for investigating those conditions without claiming to have measured their effects. Its practical implication is conditional but concrete: educational institutions should organize assistance so that learners become increasingly able to explain, question, and direct their own use of knowledge, while ensuring that the resources needed for such participation are not reserved for those already best equipped to obtain them.

REFERENCES

Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakcı, Ö., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 122*(26), Article e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122

Biesta, G. J. J. (2010). *Good education in an age of measurement: Ethics, politics, democracy*. Routledge.

Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1990). *Reproduction in education, society and culture* (R. Nice, Trans.; 2nd ed.). SAGE.

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist, 49*(4), 219–243. https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823

Freire, P. (2000). *Pedagogy of the oppressed* (M. B. Ramos, Trans.; 30th anniversary ed.). Continuum. (Original work published 1970).

Fricker, M. (2007). *Epistemic injustice: Power and the ethics of knowing*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198237907.001.0001

Gillespie, N., Lockey, S., Ward, T., Macdade, A., & Hassed, G. (2025). *Trust, attitudes and use of artificial intelligence: A global study 2025*. The University of Melbourne and KPMG. https://doi.org/10.26188/28822919

Kestin, G., Miller, K., Klales, A., Milbourne, T., & Ponti, G. (2025). AI tutoring outperforms in-class active learning: An RCT introducing a novel research-based design in an authentic educational setting. *Scientific Reports, 15*, Article 17458. https://doi.org/10.1038/s41598-025-97652-6

Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. https://doi.org/10.54675/EWZM9535

Rancière, J. (1991). *The ignorant schoolmaster: Five lessons in intellectual emancipation* (K. Ross, Trans.). Stanford University Press.

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity.

Williamson, B. (2017). *Big data in education: The digital future of learning, policy and practice*. SAGE.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

BEYOND DIGITAL LITERACY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE, HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT, AND THE FUTURE OF EDUCATION IN THE DIGITAL ERA

Nafal FIKRI[1], May Naila KHOIROH[2], Syihabud DIN[3], M. Nasrul Rusydi Al ARZAQINAA[4]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: nafal.fikri24100@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The rapid advancement of artificial intelligence (AI) is reshaping education and employment, creating new opportunities and challenges for human capital development. Although AI can enhance learning efficiency and expand access to knowledge, its adoption raises concerns about digital inequality, critical thinking, academic integrity, and workforce readiness. This study aims to examine how education can strengthen human capital development amid technological transformation. Using a qualitative approach through a literature review, this study analyzes academic publications and institutional reports on AI integration, digital competencies, and educational development. The analysis focuses on three dimensions: AI and digital literacy, critical and socio-emotional skills, and the alignment between educational curricula and labor market demands. The discussion highlights that effective human capital development requires more than technological access. It depends on inclusive educational policies, continuous skills training, ethical AI implementation, and the cultivation of creativity, adaptability, collaboration, and independent judgment. Furthermore, cooperation among educational institutions, governments, and industries is essential to bridge the gap between technological adoption and workforce preparedness. Education must therefore position AI as a supportive learning tool rather than a substitute for human intelligence and agency. This study emphasizes the importance of human-centered education in preparing individuals to navigate the evolving digital economy. By integrating technological competencies with critical thinking and lifelong learning, educational systems can improve workforce resilience, reduce skills disparities, and promote more equitable opportunities. Ultimately, strategic investment in education and human capital development is essential to ensure that technological progress contributes to sustainable economic growth and inclusive social development.

Keywords: Human Capital Education and Development; Artificial Intelligence; Digital Literacy; Future of Work; Educational Transformation; Skills Development.

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON FINANCIAL DECISION-MAKING AMONG GENERATION Z

Azizil Lichasanah[1], Meita Nadya Aulya[2], Nisa Amalia[3], Sari Aulia Rahmawati[4], Sukma Fathimah Az-Zahro'[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: azizil.lichasanah24078@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The rapid development of artificial intelligence (AI) has transformed the way individuals access financial information, manage their money, and make financial decisions. Generation Z, as a digitally connected generation, increasingly relies on technology to support various aspects of daily life, including personal financial management. This study aims to explore the role of artificial intelligence in shaping financial decision-making among Generation Z, focusing on financial literacy, spending behavior, and the use of digital financial services. This study employs a qualitative descriptive approach using a literature review method by examining relevant academic publications and secondary sources related to artificial intelligence, financial technology, and financial behavior. The findings suggest that artificial intelligence offers several benefits, including personalized financial recommendations, automated expense tracking, easier access to financial information, and improved efficiency in financial planning. These features can help young people understand their spending patterns and develop better financial management habits. However, the use of AI in financial decision-making also presents challenges, such as data privacy risks, algorithmic bias, misinformation, and excessive dependence on automated recommendations. Furthermore, limited financial literacy may prevent users from evaluating AI-generated advice critically. Therefore, the effective use of artificial intelligence requires a balance between technological innovation, financial knowledge, and individual responsibility. Financial education and digital literacy are essential to ensure that Generation Z can use AI tools wisely and make informed financial decisions. In conclusion, artificial intelligence has significant potential to support responsible financial behavior among young people, provided that its use is accompanied by adequate financial literacy, critical thinking, and awareness of digital security.

Keywords: artificial intelligence; financial literacy; financial behavior; Generation Z; financial technology; digital finance.

DİGİTAL TRANSFORMATİON İN ISLAMİC BANKİNG: RESHAPİNG SHARİA-COMPLİANT FİNANCE

Zulfa KHAIRIANI[1]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: zulfa.khairiani226025@uingusdur.ac.id

Abstract

The rapid advancement of digital technology has fundamentally altered the global financial landscape, and Islamic banking is no exception. This article examines how digital transformation is reshaping Sharia-compliant finance, focusing on the adoption of mobile banking, financial technology (fintech) partnerships, blockchain, artificial intelligence, and digital onboarding within Islamic financial institutions. Drawing on a review of recent literature and industry developments, the study explores how these innovations enhance operational efficiency, expand financial inclusion, and improve customer experience, particularly among underserved and younger, digitally native populations.

At the same time, the article highlights the distinctive challenges that Islamic banks face in the digital era. Beyond common concerns such as cybersecurity, data privacy, and regulatory readiness, Islamic institutions must ensure that digital products and processes remain consistent with Sharia principles, including the prohibition of riba (interest), gharar (excessive uncertainty), and maysir (speculation). The study discusses the critical role of Sharia governance in validating digital contracts, smart contracts, and emerging instruments such as digital sukuk and Islamic crowdfunding platforms.

The findings suggest that digital transformation offers significant opportunities for Islamic banks to strengthen competitiveness, broaden market reach, and support the objectives of Islamic finance, namely social justice and shared prosperity. However, successful transformation depends on strategic alignment among technological innovation, regulatory frameworks, human capital development, and robust Sharia supervision. The article concludes that a balanced approach, one that integrates technological progress with ethical and religious integrity, is essential for ensuring the sustainable growth of Islamic banking in an increasingly digital global economy.

Keywords:. Islamic banking, digital transformation, Sharia-compliant finance, fintech, financial inclusion, Sharia governance, digital banking, blockchain

CULINARY AS A CREATIVE ECONOMY ASSET IN BATANG REGENCY: LOCAL POTENTIAL, INNOVATION, AND CULTURAL SUSTAINABILITY

Anasta Nafsi[1], Naeza Fara Diba[2], Nabilatul Fauziyah[3], Zahrotul Milatina[4], Muhammad Reza Kurniawan[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: anasta.nafsi24217@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Culinary activities have an important role in the development of the creative economy in Batang Regency, Central Java, due to their strong connection with local food resources, community creativity, economic activities, and cultural values. This study aims to describe the potential and development of culinary products as a creative economy asset in Batang Regency. The culinary subsector includes various forms of food businesses, ranging from traditional dishes and local food products to culinary businesses that combine food with unique environmental experiences. Innovation can be seen through the processing of local ingredients into products with longer shelf life, attractive packaging, and broader market opportunities. Culinary products also contain cultural values, as reflected in traditional foods such as Serabi Kalibeluk, which is associated with family values, traditions, social relationships, and Javanese culture. In addition, culinary development has the potential to support local employment and strengthen economic activities within communities. The connection between culinary products and tourism provides further opportunities through local destinations and village tourism, where food can become part of the visitor experience and a form of regional identity. However, sustainable development requires attention to product quality, production capacity, packaging, marketing, innovation, and business management. Digital media can also be utilized to introduce products, communicate their stories, and expand market access. Therefore, the development of Batang's culinary sector should maintain the balance between innovation and cultural preservation. Strengthening local identity, product innovation, digital marketing, tourism collaboration, and community participation can support culinary activities as a sustainable creative economy asset while preserving the cultural characteristics of Batang Regency.

Keywords: culinary creative economy; local food; Batang Regency; cultural heritage; culinary innovation

DIGITAL READINESS OF GARMENTMSMES IN SRAG

risma MELATI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Bankings, Central Java, Indonesia

Email: ismamelati0762gmail.com

Abstract

The development of digital technology has created opportunities and challenges for Micro, Small, and Medium

Enterprises (MSMEs) in facing increasingly competitive markets. This study aims to analyze the digital readiness of garment MSMEs in Sragi, particularly in utilizing digital technology for marketing, identifying obstacles, and determining strategies to improve business competitiveness. This research uses a qualitative approach to understand the experiences of business owners in adopting digital technology. Data were obtained through interviews related to digital readiness, marketing practices, technological limitations, and business development strategies. The findings show that the garment MSME studied has utilized Shopee as its main platform for digital marketing. Through this marketplace, the business owner can upload product photos, provide product descriptions, set prices, manage orders, and communicate with customers. The platform also provides opportunities to reach consumers beyond the Sragi area. However, the use of digital technology has not been fully optimized. Several obstacles remain, including limited digital marketing skills, inadequate equipment, financial constraints, and unstable internet connections. In addition, online store management is still handled independently by the business owner, while workers primarily focus on production activities. These findings indicate that digital readiness involves not only access to technology but also the skills and resources required to use it effectively. Therefore, improving digital literacy, optimizing marketplace features, presenting products more attractively, and involving workers in digital activities are important steps to strengthen competitiveness. This study concludes that gradual and appropriate digital adaptation can help garment MSMEs expand their market reach, attract new customers, and maintain business sustainability.

Keywords:Digital Readiness, MSMEs, Garment Industry, Digital Marketing, Market Competitiveness

HALAL-BASED CREATIVE ECONOMY: STRATEGIES TO ENHANCE THE ADDED VALUE AND COMPETITIVENESS OF MSMES IN INDONESIA

Novi MARISKA[1], Fina Himatul KHUSNA [2], Eva KHAERIYAH[3], Kamilah FIDINI[4], HERNAWATI [5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: novi.mariska24133@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The integration of the creative economy and the halal industry offers significant opportunities to strengthen the added value and competitiveness of micro, small, and medium enterprises (MSMEs) in Indonesia. This study aims to examine strategies for developing a halal-based creative economy by exploring product innovation, halal certification, digital marketing, and the utilization of local resources. This study employs a qualitative approach through a literature review of relevant scholarly publications, policy documents, and previous research on the creative economy, halal industry, and MSME development. The analysis focuses on identifying the opportunities, challenges, and strategic measures that can support sustainable business growth within the halal economic ecosystem. The discussion highlights that product innovation and creative design can increase the economic value of local products, while halal certification can strengthen consumer confidence and improve market access. Furthermore, digital marketing provides opportunities for MSMEs to reach broader consumer segments, promote product differentiation, and develop more effective marketing strategies. Nevertheless, several challenges remain, including limited financial resources, inadequate digital capabilities, low awareness of halal certification procedures, and difficulties in maintaining consistent product quality. Addressing these challenges requires collaboration among business actors, government institutions, financial institutions, and educational organizations. Supportive policies, entrepreneurship training, access to sharia-compliant financing, and assistance with halal certification are essential to strengthening MSME capacity. This study emphasizes that the development of a halal-based creative economy should extend beyond compliance with halal standards to include innovation, economic sustainability, and community empowerment. An integrated strategy is therefore necessary to enhance the competitiveness of Indonesian MSMEs and strengthen their contribution to inclusive national economic development.

Keywords: Creative Economy; Halal Industry; MSMEs; Product Innovation; Competitiveness.

THE IMPACT OF RISING FOOD PRICES ON CONSUMER PURCHASING POWER

zulaycha madina ALIVIA

UIN K.H. ABDURRAHMAN WAHID PEKALONGAN

Email: zulaycha.madina.alivia226026@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Rising food prices are a major economic issue that affects consumer purchasing power and household welfare. Food is a basic human need, and increases in food prices can make it more difficult for people to fulfill their daily needs, especially for low-income households. This study aims to analyze the impact of rising food prices on consumer purchasing power and examine how consumers adjust their spending habits to deal with these changes. This study uses a descriptive qualitative approach by examining the relationship between food price increases, household income, and consumer behavior. The discussion focuses on basic food commodities, such as rice, cooking oil, eggs, and vegetables, which play an important role in daily household consumption. When food prices increase while income remains stable, consumers tend to reduce non-essential spending, choose cheaper alternatives, and prioritize essential needs. As a result, household budgets become more limited, and the quality or quantity of food consumed may also be affected. Furthermore, rising food prices can increase economic pressure on low-income families because a significant portion of their income is spent on food. To address this problem, consumers need to manage their household finances carefully, compare prices, and prioritize essential expenditures. Meanwhile, the government plays an important role in maintaining price stability, improving food distribution, and ensuring the availability of affordable basic commodities. In conclusion, rising food prices can reduce consumer purchasing power and negatively affect household welfare. Cooperation between the government, businesses, and communities is necessary to maintain economic stability and ensure that people can meet their basic needs.

Keywords: Food Prices, Consumer Purchasing Power, Household Income, Inflation, Economic Welfare.

DEVELOPİNG NİGERİA'S HALAL ECOSYSTEM: LOGİSTİCS FACİLİTATİON, REGİONAL HUBS, AND INSTİTUTİONAL SYNERGY WİTH INDONESİA

Abdallah Rabiu Mohammed Rabiu

NIM: 40124225

Islamic Economics, Faculty of Islamic Economics and Business

State Islamic University (UIN) K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Email: abdallah.rabiu.mohammed.rabiu24225@mhs.uingusdur.ac.id

ABSTRACT

The global Halal economy has expanded beyond religious compliance into a sophisticated international market driven by quality, sustainability, and cross-border trade. As the most populous nation in Africa with over 100 million Muslim consumers, Nigeria possesses significant potential to become a leading Halal hub in West Africa. However, institutional fragmentation, underdeveloped Halal infrastructure, and logistical bottlenecks hinder the realization of its full economic potential. This paper explores strategies to accelerate Nigeria's Halal ecosystem by examining structural mechanisms, trade logistics, and institutional collaboration modeled on Indonesia's regulatory framework, specifically Law No. 33/2014 and the Halal Product Assurance Organizing Body (BPJPH). Employing a qualitative and comparative policy analysis, this study proposes a "Strategic Trade Triangle" framework connecting key Nigerian commercial centers—Lagos, Kano, and Borno—to optimize regional supply chains and trade pathways under the African Continental Free Trade Area (AfCFTA). The findings suggest that adapting Indonesia's integrated Halal assurance mechanisms, digital traceability, and capacity-building models can enhance product credibility, attract Islamic investment, and streamline international trade between Southeast Asia and West Africa. Furthermore, institutionalizing Halal certification for local Small and Medium Enterprises (SMEs) provides significant economic value, expanding market access and fostering socio-economic development. Ultimately, establishing bilateral synergies between Nigeria and Indonesia creates a resilient framework for trans-regional Halal trade, positioning Nigeria as a competitive Halal economic hub in the region.

Keywords: *Halal Ecosystem, Nigeria, Indonesia, BPJPH, Halal Logistics, Trade Synergies, AfCFTA, SMEs.*

CREATIVE SPACES, COMMUNICATION, AND INNOVATION IN PROMOTING THE CREATIVE ECONOMY

Roisah Al Mutmainah, M. Rafi Fayyadh, M. Misbakhul Anam, Sulistiya Puji Astuti, Fina Husna

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Creative spaces, communities, and innovation are important components in encouraging the development of a dynamic and sustainable creative ecosystem. Creative spaces provide places where individuals and communities can interact, exchange ideas, develop skills, and produce creative works. Meanwhile, creative communities play an important role in building collaboration, sharing knowledge, and encouraging innovation through social interaction and collective activities. This study aims to examine the role of creative spaces and communities in supporting innovation, particularly through collaboration, knowledge exchange, and community participation. This study uses a qualitative descriptive method with a literature review approach. Data were collected from books, scientific articles, and relevant documents discussing creative spaces, creative communities, innovation, creativity, and urban development. The results show that the availability of accessible and supportive creative spaces can encourage interaction among individuals from different backgrounds and create opportunities for collaboration. Creative communities also contribute to the development of new ideas by facilitating knowledge sharing, networking, and collective problem-solving. The interaction between creative spaces and communities can create an environment that supports experimentation and the development of innovative products, services, and activities. However, the sustainability of creative spaces requires adequate facilities, effective management, community involvement, and support from various stakeholders. In conclusion, creative spaces and communities have an important role in creating an environment that encourages creativity and innovation. Strengthening collaboration between communities, government, educational institutions, and business actors can help develop a sustainable creative ecosystem that supports social and economic development.

Keywords: *Creative Spaces, Creative Communities, Innovation, Creativity, Creative Ecosystem*

INTEGRATION OF THE HALAL INDUSTRY WITH THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)

Muhammad Syafiq Fatulloh , Ahmad Noval Kirom, I'tirof Fadli Nur Fauzan, Galih Mahattirta Saka, Dimas Mahdi Fauzan

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: muhamad.syafiq.fatulloh24025@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The halal industry has evolved from a religious consumption preference into a globally significant economic sector encompassing food and beverages, pharmaceuticals, cosmetics, Islamic finance, modest fashion, tourism, and logistics. At the same time, the Sustainable Development Goals (SDGs) provide a universal framework for addressing economic, social, and environmental challenges by 2030. This study examines how the halal industry can be integrated with the SDGs through the shared values of safety, cleanliness, traceability, ethical conduct, and social justice embedded in the concept of halalan thayyiban. Using a qualitative approach based on a systematic literature review and analysis of policy documents and industry reports, this paper maps the contribution of halal value chains to selected goals, particularly SDG 1 (No Poverty), SDG 2 (Zero Hunger), SDG 3 (Good Health and Well-being), SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), SDG 12 (Responsible Consumption and Production), and SDG 17 (Partnerships for the Goals). The findings indicate that halal certification and assurance systems strengthen food safety, consumer protection, and market access for micro, small, and medium enterprises, while Islamic social finance instruments such as zakat, waqf, and sukuk can support inclusive financing and sustainable development. The analysis also identifies key challenges, including fragmented regulatory standards, limited halal literacy, high certification costs for small producers, and weak integration of environmental indicators into halal assurance. This paper proposes an integrative framework that aligns halal standards with sustainability indicators, promotes digital traceability, and encourages multi-stakeholder collaboration among government, industry, academia, and religious institutions. The study concludes that a well-integrated halal industry can serve as a strategic pathway to accelerate SDG attainment while enhancing global competitiveness, particularly in Muslim-majority countries such as Indonesia.

Keywords: *halal industry, sustainable development goals, halalan thayyiban, halal value chain, Islamic social finance, sustainability*

THE CREATIVE ECONOMY APPROACH TO ECONOMIC GROWTH

Arina Triwijayanti, Rohadatul Marsa, Shofiana Elfadda, Maela Rosa, M. Rizqon Firmansyah

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan

Abstract

The creative economy is one of the approaches that can support economic growth by utilizing creativity, innovation, and human knowledge to generate economic value. In the current era of globalization and digital transformation, the creative economy has become increasingly important in creating business opportunities, expanding employment, and improving community welfare. This study aims to analyze the role of the creative economy in promoting economic growth and identify the factors that influence its development. This research uses a qualitative approach through a literature review by examining relevant scientific journals, books, and other academic sources related to the creative economy and economic growth. The results indicate that the creative economy can contribute to economic growth through the development of creative industries, the empowerment of micro, small, and medium enterprises (MSMEs), the utilization of local cultural resources, and the application of digital technology. Furthermore, creativity and innovation enable business actors to produce competitive products and services, expand market opportunities, and increase economic productivity. However, the development of the creative economy still faces several challenges, including limited access to financing, inadequate human resource skills, technological constraints, and intense market competition. Therefore, strategic cooperation between the government, business actors, educational institutions, and local communities is needed to create a supportive environment for the growth of the creative economy. Strengthening innovation, improving digital literacy, and expanding access to capital are essential steps to optimize the contribution of the creative economy to sustainable and inclusive economic growth.

Keywords: Creative Economy, Economic Growth, Innovation, Entrepreneurship, Digital Technology.

INTEGRATING HALAL TECHNOLOGY AND HALAL SCIENCE: ADVANCING TRACEABILITY, AUTHENTICATION, AND ASSURANCE IN THE GLOBAL HALAL INDUSTRY

Ahmad Nauval Kirom[1], Muhammad Syafiq Fatulloh[2], I'tirof Fadli Nur Fauzan[3], Galih Mahattirta Saka[4], Dimas Mahdi Fauzan5

1,2,3,4,5 Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: ahmad.nauval.kirom24022@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The rapid growth of the global halal market has increased the demand for reliable systems that ensure product integrity from farm to fork. Halal technology and halal science have emerged as interdisciplinary fields that combine Islamic jurisprudence with modern scientific methods to address challenges in halal authentication, traceability, and quality assurance. This paper reviews recent developments in halal technology, including blockchain-based traceability, Internet of Things (IoT) monitoring, artificial intelligence for supply chain risk detection, and digital halal certification platforms. It also examines the contribution of halal science through analytical techniques such as polymerase chain reaction (PCR), liquid chromatography–mass spectrometry (LC-MS), Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, and electronic nose technology for detecting porcine derivatives, alcohol, and other non-halal contaminants in food, pharmaceuticals, and cosmetics. In addition, the study discusses emerging innovations such as cultured meat, alternative gelatin sources, and halal-compliant biotechnology, which raise new questions regarding shariah compliance. The review identifies key challenges, including the lack of global harmonization of halal standards, limited laboratory infrastructure, high implementation costs for small and medium enterprises, and the need for collaboration between scientists and religious scholars. The findings indicate that integrating technological innovation with robust scientific validation can strengthen consumer confidence, support regulatory compliance, and enhance the competitiveness of halal products in international trade. Future research should focus on developing standardized, rapid, and cost-effective detection methods, interoperable digital traceability systems, and clear shariah-based guidelines for novel technologies, so that the halal industry can grow sustainably while preserving the principles of halal and thayyib.

Keywords: *Halal technology; halal science; halal authentication; traceability; blockchain; PCR; halal supply chain; thayyib*

BATIK AS A CREATIVE ECONOMY IDENTITY IN BUILDING THE IMAGE OF PEKALONGAN CITY

Sulistiya Puji Astuti, M. Rafi Fayyadh, Fina Husna, Roisah Al Mutmainah, M. Misbakhul Anam

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

This study aims to analyze the role of batik as an identity of the creative economy in building the image of Pekalongan City and to examine its contribution to strengthening local identity and regional economic development. Batik is not only a cultural heritage passed down through generations but has also developed into a creative economic product with commercial value and distinctive appeal. This study employs a qualitative approach using a descriptive method through a literature review. Data were collected from scientific journals, books, and relevant publications related to the batik industry, creative economy, cultural identity, and regional image. The data were analyzed by identifying the relationship between the characteristics of Pekalongan batik, the creativity of business actors, product innovation, and promotional efforts in shaping the city's image. The findings indicate that batik plays an important role in strengthening the image of Pekalongan City because it represents the region's distinctive identity and connects cultural values with community economic activities. The uniqueness of batik motifs, product diversity, and artisans' creativity offer opportunities to increase public recognition of Pekalongan while supporting local businesses and enhancing the competitiveness of the creative economy. However, utilizing batik as an identity of the creative economy presents challenges, including market competition, changing consumer trends, and the need to preserve cultural values amid commercialization. Therefore, design innovation, the use of digital media, product quality improvement, and youth involvement are necessary to maintain the sustainability of the batik industry. In conclusion, batik functions not only as an economic commodity but also as a representation of cultural identity that has the potential to strengthen the image of Pekalongan City sustainably.

Keywords: *Batik, Creative Economy, Cultural Identity, Pekalongan City Image.*

DEVELOPING LOCAL GASTRONOMY AS A STRATEGY FOR STRENGTHENING A SUSTAINABLE CREATIVE ECONOMY

M. Rafi Fayyadh, Sulistiya Puji Astuti, Fina Husna, Roisah Al Mutmainah, M. Misbakhul Anam

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

This study aims to analyze the development of local gastronomy as a strategy for strengthening the sustainable creative economy, particularly in increasing the economic value of culinary products, preserving cultural identity, and supporting the sustainability of local businesses. Local gastronomy is not only associated with a region's traditional food but also encompasses knowledge, traditions, food processing techniques, the use of local ingredients, and community practices that shape the characteristics of local cuisine. This study employs a qualitative approach using a descriptive method through a literature review. Data were collected from scientific journals, books, and relevant publications related to local gastronomy, the creative economy, cultural preservation, and sustainable development. The analysis was conducted by identifying the potential of local gastronomy, opportunities for culinary business development, and challenges in maintaining economic and cultural sustainability. The findings indicate that developing local gastronomy has the potential to strengthen the creative economy through product innovation, increased culinary value, market expansion, and the creation of business opportunities for local communities. The use of local ingredients can also encourage the involvement of producers and business actors within the surrounding area. Furthermore, local gastronomy can serve as a means of preserving cultural identity while increasing a region's attractiveness. However, its development faces challenges, including changing consumer preferences, business competition, limited innovation, and the risk of losing culinary authenticity due to commercialization. Therefore, strategies that integrate innovation, digital marketing, local business empowerment, and responsible resource utilization are needed. In conclusion, the development of local gastronomy can serve as a strategy for strengthening a competitive creative economy while ensuring economic, social, and cultural sustainability.

Keywords: *Local Gastronomy, Creative Economy, Sustainability, Cultural Identity.*

THE USE OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN EDUCATİON: BENEFİTS, CHALLENGES, AND ITS IMPACT ON STUDENTS' LEARNİNG EXPERİENCES

Sekar WULANDARI

Universitas Islam Negeri K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has become an important part of modern education, offering new opportunities to improve the learning and teaching process. The use of AI in education has increased significantly as technology continues to develop and become more accessible to students and teachers. This article aims to examine the use of AI in education, its benefits, its challenges, and its impact on students' learning experiences. AI-powered tools, such as chatbots, virtual tutors, and automated writing assistants, can help students understand complex concepts, find information, improve their writing skills, and complete academic tasks more efficiently. Furthermore, AI can support teachers by providing learning materials, evaluating student performance, and creating more personalized learning experiences. However, the use of AI also raises several concerns, including academic dishonesty, excessive dependence on technology, data privacy issues, and the possibility of inaccurate information. Students who rely too heavily on AI may lose opportunities to develop critical thinking, creativity, and independent problem-solving skills. Therefore, AI should be used responsibly and ethically in educational settings. Students and teachers need to understand that AI is a supporting tool rather than a replacement for human intelligence, creativity, and interaction. In conclusion, AI has considerable potential to improve the quality of education when used appropriately. By balancing technological innovation with human involvement, educational institutions can maximize the benefits of AI while minimizing its negative effects. This approach can help create a more effective, inclusive, and responsible learning environment for future generations.

Keywords: Artificial Intelligence, Education, Technology, Learning, Students

THE IMPACT OF FOREST AND LAND FIRES ON THE ENVIRONMENT AND ECONOMY IN INDONESIA

Sekar Astri SEPTIYANI

[5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: sekarastri12@gmail.com

Abstract

Forest and land fires, commonly known as karhutla in Indonesia, are recurring environmental problems that cause significant damage to ecosystems and negatively affect economic activities. These fires are often associated with land clearing practices, human negligence, and prolonged dry seasons. This study aims to examine the causes of forest and land fires in Indonesia, their environmental and economic impacts, and the strategies that can be implemented to prevent and control them. This study uses a qualitative descriptive approach through a literature review of relevant articles, reports, and other supporting sources. The findings indicate that forest and land fires contribute to air pollution, habitat destruction, biodiversity loss, and increased greenhouse gas emissions. In addition, smoke from fires can disrupt transportation, reduce productivity, and negatively affect public health. From an economic perspective, these fires can cause financial losses in agriculture, forestry, and other sectors that depend on natural resources. They can also increase government spending on firefighting, environmental restoration, and public health services. Preventive measures include strengthening law enforcement against illegal burning, promoting sustainable land management, increasing public awareness, and encouraging cooperation among government institutions, local communities, and businesses. Furthermore, the development of environmentally friendly land-clearing methods is essential to reduce dependence on burning practices. In conclusion, forest and land fires are not only environmental issues but also economic and social challenges that require coordinated and sustainable solutions. Effective prevention and control efforts are necessary to protect natural resources, maintain economic stability, and support the long-term well-being of Indonesian communities.

Keywords: forest and land fires, environmental damage, economic impact, prevention, Indonesia.

THE ROLE OF ISLAMIC BANKING IN SUPPORTING ECONOMIC DEVELOPMENT

Stefani Novitasari

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: stefaninovitasari130@gmail.com

Abstract

Islamic banking is one of the financial sectors that continues to develop and has an important role in supporting economic activities. Islamic banking operates based on Islamic principles, which emphasize fairness, transparency, and transactions that are free from riba, gharar, and maysir. The existence of Islamic banking provides financial services that can be used by individuals, businesses, and communities according to sharia principles. In addition, Islamic banking offers various products, including savings, financing, and investment, which are designed to meet the financial needs of customers. Islamic banking can also support the development of small and medium-sized enterprises by providing financing for business activities. Through financing based on sharia contracts, business owners can obtain capital while following Islamic financial principles. The development of Islamic banking can also increase public awareness of the importance of managing finances responsibly and according to religious values. In Indonesia, the growth of the Islamic banking industry is supported by the large Muslim population and the increasing interest in sharia-based financial services. Therefore, Islamic banking has the potential to contribute to economic development by providing inclusive financial services, supporting business activities, and encouraging responsible financial management. Understanding the role of Islamic banking is important for students and society to recognize its contribution to the economy and its differences from conventional banking.

Keywords: Islamic Banking, Economic Development, Sharia Principles, Financing

NAVIGATING THE PROMISE AND PITFALLS OF GENERATIVE AI IN HIGHER EDUCATION: EFFECTS ON LEARNING OUTCOMES AND ACADEMIC INTEGRITY

Slamet Riyadi

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Accounting, Central Java, Indonesia

slamet.riyadi25008@mhsuingusdur.ac.id

Abstract:

The rapid adoption of generative artificial intelligence (AI) tools in higher education has sparked debate about their influence on learning quality and academic integrity. This study examines how university students use generative AI in their coursework and how such use relates to perceived learning outcomes, critical thinking, and ethical awareness. A mixed-methods design was employed, combining a survey of 420 undergraduate students from five universities with semi-structured interviews involving 24 students and 12 lecturers. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and multiple regression, while interview transcripts were examined through thematic analysis. The findings indicate that 78% of respondents use generative AI at least weekly, primarily for idea generation, language editing, and concept clarification. Moderate and reflective use was positively associated with self-reported understanding of course material, whereas heavy reliance on AI for completing assignments was linked to lower critical thinking scores. Interviews further revealed that unclear institutional policies create confusion among students and inconsistent enforcement among lecturers. Participants also expressed concern about overdependence, factual inaccuracies, and unequal access to premium AI tools. The study concludes that generative AI can support learning when integrated through transparent guidelines, assessment redesign, and explicit AI literacy training. Universities are therefore encouraged to shift from prohibition toward guided adoption, emphasizing process-based assessment and responsible use. These findings contribute to the growing literature on AI in education and offer practical recommendations for policymakers, educators, and institutions seeking to balance innovation with academic integrity.

Keywords: generative AI, higher education, academic integrity, critical thinking, AI literacy

FOREST AND LAND FIRES IN KALIMANTAN IN 2026: ENVIRONMENTAL IMPACTS AND PREVENTION EFFORTS

Nayya Sekti SYAHPUTRI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: nayyasyahputri@gmail.com

Abstract

Forest and land fires, commonly known as *karhutla* in Indonesia, remain a serious environmental problem in Kalimantan in 2026. The fires have raised concerns about environmental sustainability, public health, and the livelihoods of local communities. According to reports from Indonesia's Ministry of Forestry, Central Kalimantan and West Kalimantan experienced significant increases in fire hotspots in early October 2026. Several factors contribute to this situation, including prolonged dry weather, declining rainfall, dry vegetation, and human activities such as land clearing by burning. Peatland fires are particularly difficult to control because flames can spread beneath the ground and continue burning even when surface fires appear to have been extinguished. These fires can damage forest ecosystems, threaten wildlife habitats, reduce air quality, and expose communities to harmful smoke. In addition, smoke pollution may disrupt economic activities, transportation, and education. Addressing this problem requires cooperation among the government, local communities, environmental organizations, and businesses. Preventive measures should include improving early warning systems, monitoring fire hotspots, enforcing regulations against illegal burning, and educating communities about safer land management practices. Firefighting operations must also be supported by adequate equipment, trained personnel, and coordination among relevant agencies. Furthermore, public awareness and community participation are essential to reducing the risk of recurring fires. In conclusion, forest and land fires in Kalimantan in 2026 demonstrate the importance of effective environmental management and collective responsibility. Consistent prevention, rapid response, and sustainable land-use practices are necessary to protect forests, maintain public health, and support the well-being of communities in Kalimantan.

Keywords: forest and land fires, Kalimantan, environmental damage, air pollution, fire prevention

THE INFLUENCE OF SOCİAL MEDİA MARKETİNG AND INFLUENCER ENDORSEMENTS ON YOUTH CONSUMER PURCHASE DECİSİONS

Amanda Syifa IZZATI1

[1] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Syariah Banking, Central Java, Indonesia

Email: amanda.syifa.izzati226049@uingusdur.ac.id

Abstract

In recent years, higher education institutions have increasingly adopted digital gamification to address declining student engagement and enhance academic performance. Gamification incorporates game-design elements—such as points, badges, leaderboards, and interactive challenges—into non-game educational contexts. This study investigates the impact of gamified learning platforms on undergraduate student engagement, motivation, and knowledge retention across various academic disciplines. A mixed-methods research design was employed, combining quantitative data from pre- and post-implementation assessments (N=350) with qualitative insights gathered through semi-structured focus group interviews. Quantitative findings revealed a statistically significant increase in active class participation and assignment completion rates among students using gamified tools compared to those in traditional lecture-based environments. Furthermore, post-intervention testing indicated a 18% improvement in long-term knowledge retention over a twelve-week academic term. Qualitative analysis revealed that while reward-based systems effectively fostered initial intrinsic motivation and peer collaboration, prolonged exposure occasionally led to competitive anxiety among certain student demographics. The findings suggest that digital gamification, when thoughtfully aligned with pedagogical objectives rather than used merely as a novelty, serves as a powerful mechanism to transform passive learning into dynamic, participatory experiences. These insights provide actionable guidelines for educators and curriculum developers seeking to design inclusive, technology-enhanced learning environments that optimize both student satisfaction and long-term academic achievement.

Keywords: Digital Gamification, Higher Education, Student Engagement, Knowledge Retention, Educational Technology, Interactive Learning.

UNDERSTANDING SMALL MICRO BUSINESS INTENTIONS TO ACCESS SHARIA CAPITAL FINANCING: AN EXTENDED TECHNOLOGY ACCEPTANCE AND FINANCIAL INCLUSION PERSPECTIVE

Alina AZZAHRA

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economic and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: alina.azzahra226023@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract :

Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) serve as a fundamental engine of economic growth in emerging markets, yet many continue to encounter substantial hurdles when seeking formal credit. This study examines the behavioral intentions and socio-economic factors influencing traditional market traders' decisions to access Sharia-compliant capital financing. Drawing upon an integrated framework incorporating financial literacy, perceived religious compliance, and procedural simplicity, a quantitative survey design was implemented among 180 active traditional market merchants. Structural Equation Modeling via Partial Least Squares (PLS-SEM) was employed to test the hypothesized relationships between financial awareness, institutional trust, collateral requirements, and borrowing behavior. The findings reveal that perceived religious compliance and Islamic financial literacy exert a positive and statistically significant impact on traders' willingness to utilize Sharia financing products. Conversely, perceived administrative complexity and stringent collateral demands represent major barriers, significantly dampening adoption rates even among religiosity-driven business owners. Additionally, personal interaction and tailored outreach by Sharia financial institutions proved to be effective mediating mechanisms that bridge the knowledge gap and enhance institutional credit accessibility. These results highlight the necessity for Islamic financial institutions to streamline application procedures, design flexible non-collateral financing schemes, and actively intensify grassroots financial education. Ultimately, bridging the gap between ethical financial offerings and small-scale entrepreneurs is vital for expanding financial inclusion and bolstering local community resilience.

Keywords: Sharia Capital Financing, Micro Small Enterprises, Financial Literacy, Islamic Banking, Financial Inclusion, Market Traders.

AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA

Rahmadani Kurnia FATMA[1], Rahmadani Kurnia FATMA[2], Rahmadani Kurnia FATMA[3], Rahmadani Kurnia FATMA[4], Rahmadani Kurnia FATMA[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: fatma.kurnia.rahmadani226012@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The development of digital technology has significantly transformed the banking industry, including Islamic banking. One of the innovations is Islamic mobile banking, which provides convenient access to various financial services through smartphones. This study aims to analyze the influence of Islamic mobile banking convenience on university students' interest in saving in the digital banking era. The study uses a literature review method by examining relevant books, scientific journals, and previous research related to digital banking, ease of use, and saving interest. The discussion focuses on several aspects of convenience, including ease of access, simple transaction procedures, time efficiency, and the availability of banking services anytime and anywhere. These features may encourage university students to use Islamic banking services and develop their interest in saving. Furthermore, Islamic mobile banking offers financial services that operate according to Islamic principles, which may attract students who seek banking services aligned with Islamic values. However, convenience alone may not be sufficient to increase saving interest. Other factors, such as transaction security, customer trust, service quality, and students' understanding of Islamic banking products, may also influence their decisions. Therefore, Islamic banks need to improve their digital services, maintain data security, and provide financial education to young people. This study is expected to contribute to a better understanding of the relationship between digital banking convenience and students' saving interest. In conclusion, the convenience of Islamic mobile banking has the potential to encourage university students to save, particularly when supported by reliable security systems, quality services, and adequate Islamic financial literacy.

Keywords: *Islamic mobile banking, convenience, saving interest, university students, digital banking.*

AN ANALYSIS OF ISLAMIC FINANCIAL LITERACY AMONG UNIVERSITY STUDENTS

Malika SALAFI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economic and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: malika.salafi226022@mhs.uingusdur.ac.id

ABSTRACT

Islamic financial literacy is an individual's ability to understand financial concepts, principles, products, and services that comply with Islamic law. It plays an important role in helping university students make wise, responsible, and ethical financial decisions. In today's digital era, students have access to various financial services, including conventional banking, Islamic banking, and digital payment platforms. However, not all students have sufficient knowledge to distinguish between Islamic and conventional financial systems. Therefore, understanding Islamic financial literacy is essential for developing appropriate financial behavior based on Islamic values.

This study aims to examine university students' understanding of Islamic financial literacy and identify factors that may influence their knowledge and awareness. The study focuses on students' understanding of fundamental Islamic financial principles, including the prohibition of riba (interest), gharar (excessive uncertainty), and maisir (gambling). It also explores students' knowledge of Islamic banking products, such as savings accounts, financing services, and other financial facilities offered by Islamic financial institutions. Furthermore, education, family background, social environments, and digital information are considered potential factors that may contribute to students' understanding of Islamic finance.

From the perspective of Islamic economics, financial literacy involves not only the ability to manage money but also the responsibility to ensure that financial activities comply with Islamic principles. Students with adequate Islamic financial knowledge are expected to make informed decisions, avoid prohibited transactions, manage their finances effectively, and prioritize their needs over unnecessary spending. This understanding may also encourage students to consider Islamic banking services as an alternative for managing their financial activities.

This study is expected to provide useful insights for students, universities, and Islamic financial institutions regarding the importance of Islamic financial education. The findings may serve as a reference for developing educational programs that improve students' knowledge and awareness of Islamic financial principles. Ultimately, strengthening Islamic financial literacy among university students is expected to encourage responsible financial behavior and support the development of an inclusive financial system that reflects Islamic ethical values.

Keywords: Islamic financial literacy, university students, Islamic banking, Islamic economics.

DİGİTALİZATİON OF THE HALAL CREATİVE ECONOMY: OPPORTUNİTİES AND CHALLENGES FOR MSMES İN EXPANDİNG MARKET ACCESS İN THE DİGİTAL ERA

Novi Marıska, Fina Himatul Khusna , Eva Khaerıyah, Kamilah Fıdını, Hernawatı

Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

novi.mariska24133@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The digitalization of the halal creative economy has become an important strategy for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) to expand market access, strengthen competitiveness, and respond to changing consumer behavior in the digital era. The integration of digital technology into halal-oriented creative businesses provides opportunities to improve product visibility, facilitate transactions, build consumer relationships, and reach markets beyond geographical boundaries. However, the adoption of digital technology also presents challenges, including limited digital literacy, inadequate technological infrastructure, intense market competition, and the need to maintain consumer trust in halal products. This study aims to examine the opportunities and challenges of digitalization in the halal creative economy, particularly in supporting MSMEs in expanding their market access. This study employs a qualitative descriptive approach through a literature review of relevant academic publications and other supporting sources. The analysis focuses on digital marketing, e-commerce utilization, product innovation, and the importance of halal assurance in strengthening business competitiveness. The findings are expected to indicate that digitalization can support broader market access and create added value for halal creative products when accompanied by appropriate business strategies, improved digital capabilities, and consistent product quality. Furthermore, the integration of digital marketing with credible halal certification and transparent business practices may strengthen consumer confidence and encourage sustainable business development. Nevertheless, digital transformation requires continuous support through digital literacy programs, access to technological resources, business mentoring, and collaboration among government institutions, digital platforms, and other stakeholders. This study highlights the importance of an inclusive digital ecosystem in enabling halal creative MSMEs to benefit from technological developments while maintaining halal principles and business sustainability.

Keywords: Halal Creative Economy; Digitalization; MSMEs; Market Access; Digital Marketing.

COMPARATİVE ANALYSİS OF THE FİNANCİAL PERFORMANCE OF ISLAMİC COMMERCİAL BANKS AND CONVENTİONAL BANKS İN INDONESİA USİNG THE RGEC METHOD

Finalia Mei MILADIA

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: finalia.mei.miladia226020@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Social media has become an important part of students' daily lives, especially in the digital era. Many students use social media platforms such as Instagram, TikTok, YouTube, and WhatsApp for communication, entertainment, and educational activities. This abstract discusses the positive and negative impacts of social media on students' learning motivation. Social media provides students with easy access to educational information, online learning materials, and various educational videos that can help them understand difficult subjects. It also encourages students to share knowledge, participate in online discussions, and communicate with teachers and classmates. These activities can increase students' interest, creativity, and motivation in learning. However, social media also has negative effects when it is used excessively. Students may become distracted by entertainment content, spend too much time scrolling through their phones, and lose concentration while studying. As a result, their academic performance and time management may be affected. Therefore, students need to develop self-discipline and manage their social media usage wisely. Teachers and parents should also provide guidance to help students use social media in a positive and productive way. In addition, educational institutions can encourage the use of digital platforms as learning tools by providing interesting and interactive educational content. Students should also learn to distinguish reliable educational information from misleading content found online. In conclusion, social media can be a useful tool for improving students' learning motivation when used appropriately. A balance between educational activities and entertainment is essential to support effective learning and academic success.

Keywords: Social Media, Learning Motivation, Students, Education, Digital Technology.

THE ROLE OF FINANCIAL LITERACY IN STUDENTS' SPENDING HABITS

Shelvia Ari SUSANTI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: shelvia.ari.susanti226017@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Financial literacy is an important skill that helps university students manage their money and make wise financial decisions. During university life, students often face various financial needs, such as food, transportation, study materials, and personal expenses. However, some students may find it difficult to distinguish between their needs and wants, which can lead to uncontrolled spending habits. This study aims to explore the role of financial literacy in shaping students' spending habits and their ability to manage personal finances. This research uses a qualitative descriptive method, with data collected through interviews with university students. The study focuses on students' understanding of financial literacy, their daily spending patterns, and the ways they manage their money. Financial literacy helps students understand the importance of budgeting, saving, and prioritizing essential needs. Students who understand basic financial management may be better prepared to plan their expenses and avoid unnecessary purchases. In addition, financial knowledge can encourage students to consider their financial situation before making purchasing decisions. However, the application of financial literacy in daily life may still be challenging, especially when students are influenced by social media trends, discounts, and the desire to follow their peers' lifestyles. Therefore, financial literacy needs to be supported by discipline and responsible financial behavior. This study is expected to increase awareness of the importance of financial literacy among university students and encourage them to develop healthier spending habits. By understanding basic financial principles, students can make more thoughtful financial decisions and manage their money more effectively.

Keywords: financial literacy, students, spending habits, personal finance, financial management.

THE IMPACT OF SOCİAL MEDİA ON STUDENTS' LEARNİNG MOTİVATİON

Anggita DEFIANA

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Social media has become an important part of students' daily lives. Platforms such as Instagram, TikTok, and YouTube are widely used for communication, entertainment, and educational purposes. However, excessive use of social media may affect students' learning motivation, concentration, and academic performance. This study aims to explore the impact of social media on students' learning motivation, including its benefits, challenges, and influence on their study habits. This research uses a qualitative descriptive method to understand students' experiences and opinions regarding social media use in their daily lives. Data are intended to be collected through interviews with three students who have experience using social media. The interview questions focus on the frequency of social media use, its influence on learning motivation, and the challenges students face when balancing social media activities with academic responsibilities. The collected responses can be analyzed descriptively to identify similarities and differences in the participants' perspectives. Social media has the potential to support learning by providing educational content, facilitating communication, and helping students access information quickly. On the other hand, excessive use may cause distractions, reduce study time, and make it difficult for students to concentrate on academic tasks. These potential effects suggest that the impact of social media depends on how students use and manage these platforms. In conclusion, social media can have both positive and negative effects on students' learning motivation. Students are encouraged to use social media wisely, prioritize academic responsibilities, and balance online activities with effective study habits. This study highlights the importance of responsible social media use in supporting students' educational development.

Keywords: social media, learning motivation, students, qualitative research, study habits.

MARKETING STRATEGIES TO IMPROVE THE COMPETITIVENESS OF MSMES

Khasna SALSABILA

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: Khasna.salsabila226009@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Micro, small, and medium enterprises (MSMEs) play an important role in supporting economic growth, creating jobs, and improving community welfare. However, many MSMEs face difficulties in competing with larger businesses because of limited promotional resources, changing consumer preferences, and the growing use of digital technology. This abstract discusses marketing strategies that MSMEs can use to strengthen their competitiveness. The strategies include understanding target customers, maintaining product quality, setting prices appropriately, providing good customer service, building a clear brand identity, and using digital platforms such as social media and online marketplaces. Consistent promotion and engaging content can help businesses reach more potential customers, while customer feedback can be used to improve products and services. MSMEs can also build customer loyalty by offering responsive communication, reliable service, and products that meet market needs. Marketing efforts should be planned according to the business's resources and evaluated regularly so that owners can identify which activities are effective. Digital marketing does not always require a large budget; simple steps, such as posting product information regularly, sharing customer testimonials with permission, and responding promptly to inquiries, can help improve visibility and trust. Nevertheless, marketing strategies need to be supported by good financial management, product consistency, and the ability to adapt to market changes. In conclusion, combining customer-oriented marketing, product quality, competitive pricing, and appropriate digital promotion can help MSMEs expand their market reach and compete more effectively. The success of these strategies depends on their suitability for each business and their consistent implementation.

Keywords: MSMEs, marketing strategies, competitiveness, digital marketing, customer loyalty

THE INFLUENCE OF DIGITAL WALLET USAGE ON STUDENTS' CONSUMER BEHAVIOR

Aulia Annisa ZAHRA

[1]Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: aulia.annisa.zahra226006@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The development of digital technology has brought significant changes to various aspects of life, including economic transactions. One example is the use of digital wallets, which allows people to make payments quickly and conveniently. Among university students, digital wallets are increasingly used to purchase food, shop online, pay for transportation, and meet daily needs. However, the convenience of digital transactions may also encourage consumer behavior, especially when students have difficulty controlling their spending and are easily attracted to promotions or discounts. This study aims to examine the influence of digital wallet usage on students' consumer behavior and identify the factors that encourage the use of these services in daily economic activities. This study uses a qualitative approach with a descriptive method. Data are collected through observation and interviews with students who use digital wallets for transactions. The collected data are analyzed by identifying students' digital wallet usage habits, spending patterns, and considerations before making purchases. The discussion focuses on the relationship between transaction convenience, promotional offers, and students' ability to manage their personal finances. Digital wallets provide several benefits, including time efficiency, convenient payments, and transaction records. However, using digital wallets without proper financial planning may increase the tendency to purchase unnecessary goods or services. Therefore, students need to develop financial awareness, distinguish between needs and wants, and consider the benefits of each transaction before spending money. This study is expected to provide a better understanding of the importance of responsible consumer behavior amid the development of digital financial technology.

Keywords: digital wallets, consumer behavior, university students, digital transactions, financial management.

ISLAMIC BANKING FINANCING AND ITS IMPACT ON ECONOMIC GROWTH

Kamalia Rhifatul FADILAH

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: kamalia.rhifatul.fadilah226010@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Islamic banking has emerged as an important component of the global financial system, offering financial services based on Islamic principles such as the prohibition of interest (riba), excessive uncertainty (gharar), and gambling (maysir). One of its main activities is Islamic banking financing, which provides funds to individuals, businesses, and productive sectors through Sharia-compliant contracts, including profit-sharing, partnership, and trade-based financing. This study aims to examine the role of Islamic banking financing and its potential impact on economic growth. Islamic banking financing can contribute to economic development by supporting investment, increasing business activities, creating employment opportunities, and improving access to financial resources for various sectors of the economy. In addition, financing mechanisms based on risk-sharing principles may encourage more productive and sustainable economic activities. The relationship between Islamic banking financing and economic growth can be observed through indicators such as financing distribution, investment, consumption, employment, and gross domestic product (GDP). This study uses a literature review approach by examining previous studies, academic publications, and relevant economic literature concerning Islamic banking and economic growth. The findings from the reviewed literature generally indicate that the development and distribution of Islamic banking financing can support economic growth, although its impact may vary depending on financial conditions, institutional factors, regulatory frameworks, and the structure of the economy. Therefore, strengthening Islamic banking institutions, improving financing efficiency, and expanding access to Sharia-compliant financial services may contribute to broader and more inclusive economic development..

Keywords: Islamic Banking, Islamic Financing, Economic Growth, Sharia Finance, Financial Development

THE INFLUENCE OF ISLAMIC FINANCIAL LITERACY ON THE INTEREST IN SAVING AT ISLAMIC BANKS

Mutiara Salsabila

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

mutiara.salsabila25081@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the influence of Islamic financial literacy on the interest in saving at Islamic banks. Islamic financial literacy refers to an individual's ability to understand concepts, principles, and financial products based on Islamic law. A good level of Islamic financial literacy is believed to increase public awareness and interest in using Islamic banking services, particularly savings products. However, the low level of public understanding regarding the system and products of Islamic banks remains a challenge for the development of the Islamic banking industry in Indonesia. This research employed a quantitative approach using a survey method. Data were collected through questionnaires distributed to respondents selected as the research sample. The data analysis techniques included validity tests, reliability tests, simple linear regression analysis, t-tests, and coefficient of determination analysis to determine the effect of Islamic financial literacy on the interest in saving at Islamic banks. The results of the study indicate that Islamic financial literacy has a positive and significant effect on the interest in saving at Islamic banks. The higher the level of public understanding regarding Islamic principles, Islamic savings products, and the benefits of Islamic banking services, the higher the public interest in saving at Islamic banks. In addition, trust in the Islamic banking system and understanding of the prohibition of usury (riba) also support the increase in saving interest. This study is expected to contribute to the development of Islamic financial literacy education and serve as a reference for Islamic banks in formulating strategies to increase customer interest.

Keywords: Islamic Financial Literacy, Saving Interest, Islamic Bank, Islamic Banking.

THE ROLE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN IMPROVİNG EDUCATİON QUALİTY İN THE MODERN ERA

Deby Fridasari SAPUTRI[1]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: deby.fridasari.saputri226003@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Digital technology has become an important part of modern education, transforming how teachers teach and how students access, understand, and apply information. This abstract explores the role of digital technology in improving educational quality, with particular attention to learning accessibility, student engagement, and the challenges associated with technology-based learning. The discussion draws on a descriptive review of common educational practices and relevant concepts concerning digital learning. Digital platforms, online learning management systems, educational videos, and interactive applications can provide flexible learning opportunities and enable students to revisit materials at their own pace. These tools may also support communication between teachers and students, encourage collaboration, and help educators present complex concepts through multimedia resources. However, the benefits of digital learning are not automatic. Unequal access to reliable internet connections and suitable devices can create disparities among learners. In addition, distractions, limited digital literacy, and insufficient teacher training may reduce the effectiveness of technology in the classroom. Therefore, successful integration requires more than simply providing digital tools; it depends on thoughtful instructional design, appropriate teacher support, accessible infrastructure, and clear guidance for responsible technology use. Educational institutions should combine digital resources with meaningful interaction and evaluate whether these resources support learning objectives. Overall, digital technology offers considerable potential to make education more flexible, interactive, and inclusive when implemented carefully. Its contribution to educational quality is strongest when technology complements effective teaching practices rather than replacing the essential role of educators.

Keywords: Digital technology; education quality; digital learning; student engagement; educational access.

THE INFLUENCE OF CASHLESS PAYMENTS ON CONSUMER BEHAVİOR AMONG GENERATİON Z FROM AN ISLAMİC ECONOMİC PERSPECTİVE

Nabila Al MAGHFIROH[1]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: nabila.al.maghfiroh226029@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The rapid development of digital technology has changed the way people carry out their daily activities, including how they make payments and fulfill their consumption needs. One of the most noticeable changes is the increasing use of cashless payment methods, which are considered more practical, fast, and convenient. This trend is particularly common among Generation Z, who are familiar with digital technology and frequently use it in their everyday lives. Cashless payments can provide various benefits because they make transactions easier and reduce the need to carry physical cash. However, the convenience of digital payments may also influence consumer behavior. When making payments becomes easier, consumers may pay less attention to the amount of money they spend and become more likely to purchase products based on temporary desires rather than actual needs. From an Islamic economic perspective, consumption should not only focus on fulfilling individual needs but also consider balance, moderation, and avoiding excessive spending. This study aims to examine the relationship between cashless payment usage and the consumption behavior of Generation Z from an Islamic economic perspective. The research uses a qualitative approach through a literature review of relevant academic journals and other scientific sources. The findings indicate that cashless payments offer significant convenience in daily transactions, but their use needs to be accompanied by responsible financial management. Excessive reliance on cashless payment methods may encourage unnecessary purchases and excessive consumption. Therefore, Generation Z needs to develop greater financial awareness and distinguish between needs and wants so that the use of digital payment technology remains consistent with Islamic principles of responsible and moderate consumption.

Keywords: cashless payments, Generation Z, consumer behavior, Islamic economics, digital transactions.

.

INTERPRETİNG QUR'ANİC LEGAL RULİNGS AND DEVELOPİNG HALAL ECONOMİC ETHİCS: A STUDY OF QUR'ANİC VALUES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE

THE INFLUENCE OF ONLINE SHOPPING ON STUDENTS' BUYING HABITS

UVI LATIFA

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: uvi.latifa226015@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The development of digital technology has changed the way people shop, including university students. Online shopping platforms such as Shopee, TikTok Shop, and Tokopedia have become popular because they offer convenience, various product choices, and attractive promotions. This study aims to examine the influence of online shopping on students' buying habits and to identify the factors that encourage students to make online purchases. This study uses a qualitative descriptive approach to explore students' experiences and opinions regarding online shopping. Data can be collected through interviews and observations involving university students who have experience purchasing products online. The discussion focuses on convenience, price comparisons, promotional offers, social media influence, and purchasing decisions. Online shopping provides several benefits, including saving time, making it easier to compare prices, and allowing students to access products without visiting physical stores. However, frequent exposure to discounts, free shipping offers, and product recommendations on social media may encourage students to buy items they do not actually need. These habits can affect how students manage their money, especially when they have limited budgets. Therefore, students need to develop responsible shopping habits by distinguishing between needs and wants, comparing prices carefully, and planning their expenses before making purchases. This study highlights the importance of financial awareness in the digital era. Understanding the factors that influence online shopping can help students make wiser purchasing decisions and maintain better financial management.

Keywords: online shopping, students, buying habits, digital technology, financial awareness.

STRATEGİES TO IMPROVE UNİVERSİTY STUDENTS READİNG INTEREST İN THE DİGİTAL ERA

Annika Diva Kustiyani EVI[1]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Bangking, Central Java, Indonesia

Email: dahrulmuftadin@uingusdur.ac.id

Abstract

Reading is an important activity that helps university students develop their knowledge, critical thinking skills, and understanding of various subjects. However, in the digital era, students are increasingly exposed to social media, online entertainment, and other digital activities that may distract them from reading. This study aims to identify strategies to improve university students' reading interest in the digital era. The study uses a qualitative approach by reviewing relevant literature and examining factors that influence students' reading habits. The discussion focuses on the challenges students face in developing reading interest and the potential use of digital technology to encourage reading activities. The findings suggest that students' reading interest can be improved through several strategies, including providing access to interesting and relevant reading materials, utilizing digital libraries and electronic books, creating a comfortable reading environment, and encouraging reading activities through study groups. Furthermore, lecturers and universities can play an important role by introducing engaging reading programs and recommending materials that match students' interests and academic needs. Digital technology can also support reading habits by making reading materials more accessible and convenient to use. However, students need to manage their screen time wisely to avoid excessive distractions from social media and entertainment platforms. In conclusion, improving university students' reading interest requires cooperation between students, lecturers, and universities. By combining appropriate reading strategies with the effective use of digital technology, students can develop better reading habits and become more active, independent, and lifelong learners.

Keywords: Reading Interest, University Students, Digital Era, Reading Habits, Digital Technology.

QUR'ANİC VALUES İN HALAL ECONOMİC ACTİVİTİES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE

Siti Nayla Bilqis

[1,2,3,4,5] **Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia**

Email: siti.nayla.bilqis226031@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

This study discusses the application of Qur'anic values in halal economic activities in the Kali Paingan KHAS Zone. The study aims to understand how Islamic values such as honesty, justice, trustworthiness, halal and haram, cleanliness, and consumer protection are applied by local business actors. This research uses a qualitative approach with a case study method. Data are obtained through the study of Qur'anic values and observations of economic activities in the local community. The findings show that halal economic activities are not only related to the halal status of products but also to the way business actors produce, sell, and provide services. The application of Qur'anic values can encourage business actors to practice honesty, fairness, cleanliness, and social responsibility. Therefore, the implementation of Qur'anic values can support the development of an ethical halal economic culture in the Kali Paingan KHAS Zone.

Keywords: Qur'anic values; halal economy; business actors; Islamic ethics; Kali Paingan.

DISCOVERING SYMMETRIES OF ODES BY SYMBOLIC REGRESSION

Faiza Akhter[1,*] , Dr. Farhad Ali[1]

Institute Of Numerical Sciences, Kohat University Of Science Technology, Kohat-2600, Khyber Pakhtunkhwa,Pakistan.

***faizaakhter677@gmail.com**

Abstract

Ordinary differential equations (ODEs) are important mathematical tools for describing the behaviour of dynamical systems in various fields, including physics, engineering, biology, and applied mathematics. Lie symmetry analysis provides an effective method for simplifying differential equations and finding their solutions. However, classical Lie symmetry methods often involve complex and computationally demanding symbolic calculations, particularly for nonlinear systems of ordinary differential equations. Symbolic regression offers a data-driven approach for discovering mathematical expressions from sampled data without assuming a fixed functional form. This research aims to develop a symbolic regression-based approach for discovering Lie symmetry generators of autonomous systems of ordinary differential equations. The proposed method will use sampled data from the given systems to identify candidate infinitesimal functions and evaluate their accuracy through the symmetry condition and its associated residual. The obtained Lie symmetries will then be used to simplify and solve the differential equation systems. Furthermore, the corresponding conservation laws will be investigated where applicable. The performance of the proposed approach will be assessed in terms of accuracy, reliability, and computational efficiency, with comparisons to classical Lie symmetry analysis. This study is expected to contribute to the development of a data-driven framework for the analysis and solution of nonlinear ordinary differential equations.

Keywords: Ordinary differential equations, Lie symmetries, symbolic regression, autonomous systems, conservation laws, invariant solutions.

ON THE PARAMETER AND RELIABILITY ESTIMATION OF OBULEZI DISTRIBUTION BASED ON FUZZY LIFE TIMES

Sahar Anwar, Saqib Waheed, Muhammad Shafiq

Institute of Numerical Sciences, Kohat University of Science and Technology

Abstract

Statistical methods are essential across scientific disciplines, enabling researchers to extract meaningful information from sampled data and draw reliable conclusions. However, despite advances in measurement technology, accurately measuring continuous variables remains challenging because uncertainty arises from both random variation and measurement imprecision, commonly described as fuzziness. Conventional statistical methods primarily address stochastic variability while often assuming that observations are precisely measured. This assumption may inadequately represent real-world data and affect the reliability of statistical inference. Fuzzy number theory, considered a special case of neutrosophic set theory, provides an effective framework for representing imprecise measurements. Its application is particularly relevant to survival analysis and reliability modeling, where exact lifetime measurements may be unattainable. This study proposes a generalized estimation framework for the Obulezi distribution that incorporates both randomness and fuzziness into parameter estimation. By integrating fuzzy number theory with the probabilistic structure of the distribution, the proposed methodology aims to provide a more comprehensive representation of uncertainty and improve the interpretation of statistical estimates.This approach offers a flexible foundation for statistical modeling in applications where measurement imprecision and stochastic variability simultaneously influence observed data and subsequent inferences.

ON THE DEVELOPMENT OF POWER TYPE ACCELERATION FUNCTION FOR THE WEIBULL DISTRIBUTION IN ACCELERATED LIFE TESTING FOR FUZZY LIFE TIMES

Tanzeela, Saqib Waheed, Muhammad Shafiq

Institute of Numerical Sciences, Kohat University of Science & Technology, Kohat

Accelerated Life Testing (ALT) is an important statistical and reliability engineering technique for evaluating product lifetime and reliability within a relatively short period. It involves exposing test units to stresses exceeding normal operating conditions, such as elevated temperature, voltage, pressure, or mechanical load. The resulting failure-time data are used to establish relationships between applied stress and product lifetime, which are subsequently extrapolated to normal operating conditions. ALT is particularly useful for products with long service lives, for which obtaining sufficient failure observations under ordinary conditions is difficult and time-consuming. Among the available ALT models, the power-type acceleration model provides a flexible framework for describing nonlinear relationships between stress levels and lifetimes. This study develops a generalized power-type acceleration function based on the Weibull distribution within a fuzzy lifetime framework. The proposed methodology integrates the probabilistic characteristics of the Weibull distribution with fuzzy lifetime observations to estimate model parameters and reliability measures while accounting for both stochastic variability and measurement imprecision. Particular attention is given to the propagation of fuzziness through the acceleration transformation and its influence on estimated reliability characteristics. The resulting framework aims to provide a more comprehensive representation of lifetime behaviour under accelerated stress conditions. By incorporating nonlinear stress–lifetime relationships and fuzzy information, the proposed approach offers greater flexibility for reliability assessment, lifetime prediction, and engineering decision-making under uncertainty.

ELUCIDATING STRUCTURE–OPTICAL PROPERTY RELATIONSHIPS IN EU^{3+}-DOPED STRONTIUM PHOSPHATE GLASSES: PROSPECTS FOR ADVANCED PHOTONIC AND PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

El Mahdi Bouabdalli [1, 2, *], Mohamed El Jouad [2], Samira Touhtouh [2], Ilyass El kadmiri [1,3], Nathalie Gaumer [4], Mostapha Siniti [5] and Abdelowahed Hajjaji [2]

[1]Laboratory of Computer Science and Interdisciplinary Physics (LIPI), Higher Normal School of Fes (ENS-Fes), Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

[2]Laboratory of Engineering Sciences for Energy (LabSIPE), National School of Applied Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.

[3]Laboratory of Materials, Waves, Energy and Environment, Team of Acoustic, Photonic and Materials, Faculty of Sciences, University Mohamed First Oujda, Oujda, Morocco.

[4]Laboratoire de Photonique d'Angers (LPhiA – EA 4464), Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier, F-49045 Angers Cedex 01, France.

[5]CUR''EnR&SIE'', Faculty of Sciences El Jadida – Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.

***Email: elmahdi.bouabdalli@usmba.ac.ma**

Abstract

Europium-doped strontium phosphate glasses (PSrEux) were synthesized using the conventional melt-quenching technique with Eu_2O_3 concentrations of 0.0, 0.5, 1.0, and 1.5 mol. at. % to investigate the impact of Eu^{3+} incorporation on their structural, thermophysical, and photoluminescent properties. X-ray diffraction (XRD) confirmed that all compositions were fully amorphous. Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy revealed the characteristic vibrational modes of the phosphate network, including symmetric and asymmetric P–O–P stretching, symmetric stretching of $(PO_3)^{2-}$, and P=O bending vibrations. Physical measurements indicated a slight increase in density (from 2.059 to 2.082 g/cm^3) alongside a decrease in molar volume (from 62.441 to 62.083 cm^3/mol), suggesting progressive structural densification with increasing Eu_2O_3 content. Differential thermal analysis (DTA) demonstrated comparable thermal stability across the series, confirming that these materials are suitable for high-temperature and optoelectronic applications. Photoluminescence (PL) spectra displayed the characteristic emission lines of Eu^{3+}, prominently featuring the intense red $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition. Judd–Ofelt (J–O) analysis provided key intensity parameters (Ω_λ) and asymmetry ratios (R). The observed increases in Ω_2 and R-values indicated enhanced local structural asymmetry and stronger Eu^{3+}–O^{2-} covalent interactions. Radiative properties, including transition probabilities (A), stimulated emission cross-sections (σ_e), branching ratios (β), and radiative lifetimes, were derived using the J–O formalism. All samples exhibited single-exponential decay curves of the $^5D_0$ level, confirming homogeneous emission behavior. The CIE 1931 chromaticity coordinates (x ≈ 0.660, y ≈ 0.340) closely align with the standard red-emission target (0.67, 0.33). Overall, these findings demonstrate that Eu^{3+}-doped strontium phosphate glasses possess strong and stable red photoluminescence, combined with robust structural and thermal performance, making them promising candidates for next-generation photonic devices such as solid-state lasers, optical amplifiers, and advanced display technologies.

Keywords: Strontium phosphate glasses; Europium oxide; Melt-quenching technique; Structural characterization; FTIR spectroscopy; Photoluminescence properties; Thermophysical properties; Judd–Ofelt analysis; Radiative properties; CIE chromaticity; Red-emitting materials.

MULTIPHYSICS–JUDD–OFELT SYNERGY FOR UNDERSTANDING AND OPTIMIZING RED LUMINESCENCE IN EU^{3+}-DOPED SILICOPHOSPHATE SOL–GEL GLASSES

El Mahdi Bouabdalli [1, 2, *], Mohamed El Jouad [2], Samira Touhtouh [2], Fouad Belhora [2], Nathalie Gaumer [3], El Kebir Hlil [4] and Abdelowahed Hajjaji [2]

[1]Laboratory of Computer Science and Interdisciplinary Physics (LIPI), Higher Normal School of Fes (ENS-Fes), Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.

[2]Laboratory of Engineering Sciences for Energy (LabSIPE), National School of Applied Sciences, Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco.

[3]Laboratoire POMA – UMR CNRS 6136, Université d'Angers, 2 bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 01, France.

[4]Institut Néel, CNRS et Université Grenoble Alpes, BP 166, 38042, Grenoble, France.

***Email: elmahdi.bouabdalli@usmba.ac.ma**

Abstract

Europium-doped silicophosphate glasses have emerged as highly promising materials for next-generation photonic technologies, such as light-emitting diodes (LEDs), optoelectronic components, and laser systems. This study systematically investigates the effects of trivalent europium (Eu^{3+}) incorporation on the structural, physical, and optical properties of silicophosphate glasses synthesized through the sol-gel method. Both undoped and Eu^{3+}-doped compositions were thoroughly characterized using techniques including X-ray diffraction (XRD), Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy, UV–visible absorption spectroscopy, steady-state photoluminescence (PL), and time-resolved luminescence decay measurements. XRD analysis confirmed that all prepared samples exhibited a fully amorphous structure. FTIR spectroscopy indicated that the incorporation of Eu^{3+} modifies the silicate phosphate network by disrupting Si–O–Si linkages, resulting in an increased optical band gap. Photoluminescence spectra displayed the characteristic $^5D_0 \rightarrow {}^7F_J$ (where J = 0–4) transitions of Eu^{3+} ions, with broadened emission bands typical of amorphous glass matrices. Judd–Ofelt (J-O) analysis facilitated the determination of optical intensity parameters (Ω_2 and Ω_4) and crucial radiative properties, including spontaneous emission probabilities (A), stimulated emission cross-sections (σ_e), calculated radiative lifetimes (τ_{cal}), and branching ratios (β_R). Notably, the high branching ratio of 52.71% for the hypersensitive $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ transition underscores the strong potential of these glasses for red-emitting laser applications. Moreover, the calculated CIE 1931 chromaticity coordinates (x = 0.63, y = 0.36) are situated close to the ideal red-emission point (0.67, 0.33), affirming the generation of bright and spectrally pure red light. Overall, these findings demonstrate that Eu^{3+}-doped silicophosphate sol-gel glasses exhibit excellent structural integrity alongside enhanced luminescent performance, rendering them highly suitable for red-emitting photonic devices and solid-state laser applications.

Keywords: Europium; Silicophosphate glasses; Sol–gel process; Optical properties; Structural properties; XRD; FTIR spectroscopy; Band gap energy; Photoluminescence; Luminescence decay; Judd–Ofelt analysis; Radiative properties; Photonic technologies.

ANALYSIS OF APPROXIMATE NOETHER SYMMETRIES IN THE FRAMEWORK OF HORNDESKI GRAVITY

Safwan Ali Rafi[1,*] , Dr. Farhad Ali[1]

Institute Of Numerical Sciences, Kohat University Of Science Technology, Kohat-2600, Khyber Pakhtunkhwa,Pakistan.

***safwanalirafi121@gmail.com**

Abstract

Understanding the nature of gravity remains one of the fundamental challenges in modern physics. While General Relativity successfully explains many gravitational phenomena, it faces difficulties in accounting for the accelerated expansion of the universe without introducing unknown components such as dark energy. Among the proposed alternatives, Horndeski gravity provides a general scalar–tensor framework with second-order field equations and rich cosmological dynamics. In this thesis, the Noether Symmetry Approach is employed to investigate the symmetry structure of a perturbed Horndeski Lagrangian. By introducing a small perturbation parameter, the approximate Noether symmetry conditions are derived and solved to obtain the corresponding symmetry generators. The associated approximate conservation laws are then constructed through Noether's theorem. The obtained results help classify the underlying Horndeski model, simplify the dynamical system, and provide insight into the conserved quantities governing its evolution. This study highlights the importance of symmetry methods in exploring modified theories of gravity and their cosmological applications.

keywords: Horndeski gravity, scalar–tensor theory, perturbed Lagrangian, approximate Noether symmetries, conservation laws, modified gravity.

CONVERGENCE AND COMPARISON OF NOOR, SP AND A-PLUS ITERATIONS FOR PARTIAL CONTRACTIONS

S. Asadi, A.Farajzadeh

Department of mathematics, Razi University, Kermanshah, Iran.

Email addresses: kurdmath.n1s@gmail.com,

farajzadehali@gmail.com, A.Farajzadeh@razi.ac.ir

Abstract

This paper investigates the convergence and comparison of multi-step iterative schemes specifically the Noor, SP, and A-plus iterative algorithms for approximating fixed points of partial contraction mappings. The study is grounded in the framework of quasi-normed linear spaces and b-metric spaces, utilizing general comparison functions rather than a constant contraction factor. The theoretical foundation is built upon the definitions of quasi-norms, comparison functions (non-decreasing and upper semi-continuous functions), and φ-partial contractions. In this paper, the strong convergence of the three-step Noor and SP algorithms to a unique fixed point under a φ-partial contraction condition is rigorously proven. Through mathematical analysis, it is shown that the sequence of errors monotonically approaches zero, provided the standard divergence condition for the sequence of outer coefficients ($\Sigma\, a_n = \infty$) is satisfied. Furthermore, the strong convergence of the A-plus iteration is independently established, providing specific error bounds based on the comparison function. One of the most significant contributions of this research is the comparative analysis between the Noor and SP iterations. While previous studies on linear partial contractions indicated that the SP iteration converges under weaker assumptions than Noor, this paper proves that by incorporating a general comparison function ψ, this distinction vanishes. In fact, it is demonstrated that all multi-step schemes constructed from convex combinations (including Mann, Ishikawa, Noor, and SP) converge under exactly the same conditions, entirely independent of their intermediate coefficients. Within this general framework, the multi-step structure offers no proven asymptotic advantage over the simpler Mann iteration. Ultimately, the paper concludes that to establish a genuine distinction between the convergence rates of these methods, specific structural assumptions on the comparison function (such as subadditivity) are required, opening new avenues for future research in metric fixed point theory.

References

[1] M. A. Noor, New approximation schemes for general variational inequalities, *J. Math. Anal. Appl.* 251 (2000) 217–229.

[2] S. Ishikawa, Fixed points by a new iteration method, *Proc. Amer. Math. Soc.* 44 (1974) 147–150.

[3] W. R. Mann, Mean value methods in iteration, *Proc. Amer. Math. Soc.* 4 (1953) 506–510.

[4] M. A. Krasnosel'skii, Two remarks on the method of successive approximations, *Uspekhi Mat. Nauk* 10 (1955) 123–127.

[5] M. A. Navascués, R. N. Mohapatra, Fixed point dynamics in a new type of contraction in b-metric spaces, *Symmetry* 16 (2024) 506.

[6] W. Phuengrattana, S. Suantai, On the rate of convergence of Mann, Ishikawa, Noor and SP-iterations for continuous functions on an arbitrary interval, *J. Comput. Appl. Math.* 235 (2011) 3006–3014.

DEVELOPMENT AND ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN FOSTERİNG INCLUSİVE ECONOMİC GROWTH

Kayla Marsha AMELIA

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Economies and Business, of sharia banking, Central Java, Indonesia

Abstract

Islamic banking has emerged as a vital pillar within global and national financial systems. Operating strictly under Islamic law (sharia), it eliminates interest-based transactions (riba), promoting fairness, transparency, and risk-sharing (profit and loss sharing). It also explicitly prohibits uncertain (gharar) and speculative (maysir) activities. This paper analyzes the development of the Islamic banking industry, its contribution to financial inclusion, and the key challenges it faces in maintaining sustainable growth.

Utilizing a descriptive-qualitative literature review, this study examines prominent sharia-compliant contracts, including mudharabah, musyarakah, murabahah, and ijarah. The findings indicate that Islamic banking demonstrates high resilience during global financial crises due to its direct linkage to real-sector activities and tangible assets. Additionally, leveraging digital financial technology alongside Islamic social finance mechanisms—such as zakat, infaq, sadaqah, and waqf—has significantly broadened financial access for previously unbanked populations.

Despite these advances, the sector faces persistent challenges. Public financial literacy regarding Islamic products remains comparatively low, product differentiation requires further enhancement, and there is a noticeable shortage of professionals possessing dual expertise in modern banking practices and sharia principles. In conclusion, Islamic banking possesses significant potential to drive inclusive and sustainable economic growth. Maximizing this potential requires ongoing regulatory support, continuous digital innovation, and proactive public education initiatives.

Keywords: Islamic Banking, Profit and Loss Sharing, Financial Inclusion, Islamic Economics, Digital Finance.

THE IMPLEMENTATION OF INTERACTIVE LEARNING MEDIA TO IMPROVE STUDENTS' UNDERSTANDING OF SUBJECT MATTER AT SMA 1 BOJONG

Agri Syifa' Lovianadinka

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid, Pekalongan

Abstract

The development of technology has encouraged teachers to use more innovative learning methods to improve students' understanding of learning materials. One method that can be applied is the use of interactive learning media. This study aims to determine how the implementation of interactive learning media can improve students' understanding of learning materials at SMA Negeri 1 Bojong. Interactive learning media allows students to participate actively in the learning process through engaging materials, interactive activities, and visual presentations. This method is expected to make learning more interesting, help students understand the material more easily, and increase their motivation to learn. The study uses a descriptive approach to examine the use of interactive learning media in the classroom. The results are expected to show that interactive learning media can support a more effective learning process and help students understand the material better. Therefore, interactive learning media can be an alternative learning tool for teachers to create an engaging and meaningful classroom environment.

Keywords: interactive learning media, students' understanding, learning materials, high school students

THE IMPACT OF FİNANCİAL TECHNOLOGY INTEGRATİON ON SMALL AND MEDİUM ENTERPRİSE PERFORMANCE

Kayla Fitriani

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid,Pekalongan,Faculty of Islamic Economics and Business,Departement of Sharia Banking,Central Java,Indonesia

Financial technology (FinTech) has emerged as a crucial driver of modernization within global financial systems, particularly for Small and Medium Enterprises (SMEs) facing traditional banking constraints. This study investigates the impact of FinTech adoption—specifically digital payment systems, peer-to-peer lending, and automated financial management tools—on the operational efficiency and profitability of SMEs. Utilizing a quantitative research design, data was gathered from a structured survey administered to 350 SME owners and financial managers across diverse industry sectors. Multiple regression analysis was employed to evaluate the relationship between digital financial integration and key business performance metrics.

The findings indicate a statistically significant positive correlation between FinTech adoption and enhanced financial performance. SMEs utilizing integrated digital payment solutions experienced a 22% reduction in transaction processing costs and a notable improvement in cash flow stability. Furthermore, access to alternative online financing channels substantially reduced capital acquisition times compared to traditional banking applications. However, the study also highlights significant barriers to adoption, including cybersecurity concerns, regulatory uncertainty, and a lack of financial digital literacy among firm management.

This research contributes to existing financial literature by demonstrating how digital financial tools serve as vital catalysts for SME competitiveness and economic resilience. The paper concludes with actionable recommendations for policymakers and financial institutions to construct supportive regulatory frameworks, strengthen digital infrastructure, and promote financial literacy initiatives tailored for small business growth.

Word Count: 242 words (meets the 200–300 word requirement).

Structure: Includes Purpose/Context, Methodology, Results/Findings, and Implications/Conclusion.

THE ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN SUPPORTİNG SUSTAİNABLE ECONOMİC DEVELOPMENT İN LOCAL COMMUNİTİES

anisa MAWATI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: anisa.mawati226035@uingusdur.ac.id

Abstract

This study examines the role of Islamic banking in supporting sustainable economic development among local communities, with particular attention to the implementation of Islamic principles in financial activities. The study aims to identify how Islamic banking contributes to improving financial inclusion, supporting small and medium-sized enterprises, and promoting responsible economic practices based on Islamic values. The research uses a qualitative approach by reviewing relevant literature and examining the practices of Islamic financial institutions in providing services to the community. The findings indicate that Islamic banking has an important role in providing financial services that are based on principles of fairness, transparency, partnership, and the avoidance of riba, gharar, and maysir. Islamic financing schemes can provide opportunities for local business actors to develop their businesses while maintaining compliance with Islamic principles. In addition, Islamic banks can contribute to community development through financing programs, financial education, and support for productive economic activities. However, several challenges remain, including limited public understanding of Islamic banking products, differences in financial literacy, and the need for innovation in digital banking services. The study also shows that strengthening cooperation between Islamic banks, business actors, government institutions, and local communities can increase the effectiveness of Islamic financial services. The study concludes that Islamic banking can support sustainable local economic development by combining financial objectives with ethical and social values. Strengthening financial literacy, service innovation, and community-based financing is important for expanding the contribution of Islamic banking to society.

Keywords: Islamic banking; sustainable economic development; Islamic finance; financial inclusion; local communities.

ECONOMİC GROWTH AND ECONOMİC DEVELOPMENT: STRATEGİES FOR INCLUSİVE AND SUSTAİNABLE PROSPERİTY

M. Nasrul Rusydi Al Arzaqina[1], May Naila Khoiroh [2], Nafal Fikri[3], Syihabud Din[4]

[1,2,3,4] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: m.nasrul.rusydi.al.arzaqina24016@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Economic growth is widely recognized as an indicator of economic progress; however, it does not necessarily reflect improvements in living standards, social equality, or environmental sustainability. This chapter explores the relationship between economic growth and economic development, examines major theories of economic progress, and identifies the key factors and challenges influencing development, particularly in developing economies. Drawing on neoclassical growth theory, endogenous growth theory, structural transformation, and the human development approach, the discussion highlights the importance of investment, human capital, technological innovation, institutional quality, and international trade in enhancing productivity and supporting long-term prosperity. It also addresses persistent challenges, including poverty, income inequality, regional disparities, environmental degradation, and vulnerability to global economic shocks. These challenges demonstrate that economic expansion alone is insufficient to achieve sustainable and inclusive development. Therefore, effective development strategies should integrate infrastructure investment, education, healthcare, innovation, social protection, and good governance while encouraging decent employment opportunities and environmentally responsible production. Furthermore, economic performance should be assessed through a comprehensive set of indicators, including productivity, poverty levels, income distribution, educational attainment, health outcomes, employment quality, and environmental conditions, rather than relying exclusively on gross domestic product (GDP). The chapter argues that sustainable prosperity depends on the ability of governments and economic institutions to balance economic efficiency, social inclusion, and environmental responsibility. By adopting an integrated development approach, countries can strengthen their productive capacity, improve public welfare, reduce inequalities, and promote more resilient economic progress over the long term.

Keywords: Economic Growth, Economic Development, Inclusive Growth, Human Capital, Sustainability.

TRADITIONAL CULINARY REGENERATION IN BATANG REGENCY: CHALLENGES AND ADAPTIVE STRATEGIES IN THE GLOBALIZATION ERA

Adhi Wira Pradana Sugiyantoro[1], Muhammad Naziih Haniif [2], Irfandi Rizqullah[3], Sauqi Masda Qama[4], Miftakhudin[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: adhi.wira.pradana.sugiyantoro24146@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Batang Regency, Central Java, possesses a rich traditional culinary heritage, notably Sego Megono and Serabi Kalibeluk, which serve as deeply rooted cultural identities and symbols of social equality. However, the preservation and regeneration of these gastronomic icons face significant challenges in the globalization era. The shift in youth consumption preferences towards foreign and fast foods, coupled with the lack of direct knowledge transfer and inadequate documentation, threatens the sustainability of local culinary wisdom. This summary highlights the multifaceted challenges of traditional culinary regeneration and explores adaptive, creative strategies to ensure its survival. A multidisciplinary approach is essential to bridge the generational gap and reintegrate local food into popular youth culture. Strategic interventions include utilizing digital media platforms to engage the younger generation as both consumers and active cultural promoters. Furthermore, integrating cultural literacy into formal education through engaging visual media, such as the illustrated book "Sepiring Rasa Batang," has proven effective in attracting middle school students. Additionally, transforming culinary history into performing arts, exemplified by the "Serabi Kalibeluk Dance," offers an innovative educational medium. Comprehensive collaborative efforts involving local governments, educational institutions, and culinary entrepreneurs are crucial to creating a sustainable ecosystem. By adapting traditions into contemporary formats without eliminating their original characteristics, traditional culinary heritage can maintain its relevance and continue to be a profound source of cultural pride for future generations.

Keywords: Traditional Culinary, Cultural Identity, Regeneration, Batang Regency, Sego Megono, Serabi Kalibeluk.

HALAL BRANDİNG AND DİGİTAL MARKETİNG FOR ENHANCİNG THE VALUE OF LOCAL CRAFT PRODUCTS: EVİDENCE FROM SARUNG GOYOR İN PEMALANG REGENCY

Syihabud Din[1], Nafal Fikri[2], May Naila Khoiroh[3], M. Nasrul Rusydi Al Arzaqinaa[4]

[1,2,3,4] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: syihabud.din24035@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Halal branding has become an important strategy for strengthening product identity, consumer trust, and competitiveness in the creative industry. In Pemalang Regency, Central Java, local handicrafts, particularly Sarung Goyor, offer considerable potential for development as halal creative products by integrating cultural identity, product quality, halal assurance, and digital marketing. This paper aims to examine the potential of halal branding as a strategy to increase the added value and market competitiveness of local handicrafts in Pemalang Regency. The discussion focuses on the cultural identity of Sarung Goyor, the role of digital marketing, the importance of transparent information regarding materials and production processes, and the use of packaging and product innovation to strengthen brand positioning. Sarung Goyor, particularly products made using non-mechanical looms (*Alat Tenun Bukan Mesin* or ATBM) in Wanarejan Utara Village, Taman District, represents a distinctive local craft that combines traditional weaving skills with regional cultural heritage. Previous studies indicate that digital marketing through social media and online marketplaces can help expand market reach and improve product promotion. Within this context, halal branding should extend beyond the use of halal symbols to include honest communication, product quality, cultural storytelling, and accurate information regarding halal certification. Packaging innovation and the diversification of Sarung Goyor into contemporary fashion products may further enhance its appeal to modern consumers. This paper argues that integrating local identity, product quality, halal assurance, and digital communication can strengthen the value proposition of Pemalang's handicrafts. Such an approach provides an opportunity to transform traditional crafts into competitive creative products while preserving cultural heritage and supporting the development of the regional halal creative economy.

Keywords: *Halal Branding; Sarung Goyor; Creative Products; Local Handicrafts; Digital Marketing; Pemalang Regency.*

THE KİRAB SEDEKAH BUMİ TRADİTİON İN GETAS PEJATEN VİLLAGE: PRESERVİNG LOCAL WİSDOM, RELİGİOUS MODERATİON, AND SOCİAL HARMONY

Tabik Asghar Ramadhani, Haikal Adzimil Anam, Muhammad Hidayatullah, Ghatfaan Alhamda Rahman, M. Abdul Latif

[4]Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: tabik.asghar.ramadhani24189@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The Kirab Sedekah Bumi tradition in Getas Pejaten Village is a cultural practice that reflects the community's gratitude to God, respect for ancestral heritage, and commitment to preserving local wisdom. This tradition has been passed down through generations and continues to play an important role in strengthening social relationships among community members. This study aims to examine the implementation, cultural significance, and values of religious moderation embedded in the Kirab Sedekah Bumi tradition. The discussion focuses on the historical background of Getas Pejaten Village, the series of traditional ceremonies, and the participation of people from different religious backgrounds. The tradition is held annually on the tenth day of Suro in the Javanese calendar, corresponding to the month of Muharram in the Islamic calendar. Its activities begin with kenduri ceremonies and prayers at 13 ancestral sites, followed by a cultural procession involving residents from 28 neighborhood units, nine educational institutions, and two Islamic organizations, Muhammadiyah and Nahdlatul Ulama. The procession also involves Muslim, Christian, and Confucian communities, demonstrating the inclusive character of the tradition. Each neighborhood brings a mountain-shaped arrangement of agricultural products, known as gunungan, symbolizing prosperity, gratitude, and the fertility of the land. The agricultural products are subsequently distributed among local residents, reinforcing solidarity and togetherness. The Kirab Sedekah Bumi tradition demonstrates how local cultural practices can serve as a medium for transmitting moral values, strengthening social cohesion, and promoting religious moderation. Therefore, preserving this tradition is essential not only for maintaining cultural identity but also for fostering tolerance, mutual respect, and harmony within a diverse society.

Keywords: Kirab Sedekah Bumi, local wisdom, religious moderation, cultural preservation, social harmony..

BATIK IN THE DIGITAL ECONOMY

Zahwa Aulia Khalimi Putri[1], Evelyn Halilah Faiqoh[2], Nala Dian Rosita[3], Nabilla Ayu Fitriyani[4], Laela Fazida[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: zahwa.aulia.khalimi.putri24155@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

Digital transformation has fundamentally changed the production, marketing, sales, and consumption of batik, a traditional textile of Central Java. Previously reliant on physical stores, traditional markets, exhibitions, and tourist visits, batik businesses were geographically constrained. This study examines how digitalization through social media, marketplaces, websites, and digital communication platforms expands market reach, including international markets. The findings show that the digital economy is not merely an additional sales channel but a strategic tool for market expansion. Analysis of marketing strategies in batik centers such as Pilang Masaran Sragen and Kampung Batik Semarang indicates that platforms like Instagram, TikTok, Facebook, and Shopee play a crucial role in increasing sales, although effectiveness depends on digital capability. Consumer behavior has shifted from direct store visits to information seeking via Instagram, TikTok, and search engines, making visual content, product photography, and storytelling essential competencies. Social media functions as a digital storefront, while marketplaces provide integrated transaction systems that reduce the need for physical stores. Websites serve as professional brand identity that allows for greater control over brand narratives, including history, artisan profiles, and cultural meanings of motifs. Furthermore, digital storytelling that highlights the manual process and philosophical value of batik increases consumer appreciation and willingness to pay premium prices. Digitalization also supports the development of the halal creative economy by reaching Muslim consumers globally. However, challenges remain, including limited human resource capabilities, inconsistent content management, intense competition, and algorithm dependency. An integrated digital strategy combining social media for branding, marketplaces for transactions, and websites for information is essential to transform local batik production centers into global market players.

Keywords: Batik, Digital Economy, Digital Marketing, Marketplace, Storytelling, Halal Creative Economy

DIGITAL TRANSFORMATION AND BUSINESS SUSTAINABILITY STRATEGIES AMONG CULINARY MSMES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

Fahra OKTAVIANI

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: fahra.oktaviani226008@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) sector plays a pivotal role in driving economic growth and local development, particularly within the culinary industry by contributing significantly to job creation, community empowerment, and the preservation of cultural heritage through traditional food offerings. However, these enterprises face continuous operational challenges, including changing consumer preferences, intense market competition, limited access to financial capital, and rapid digital transformation. This study aims to examine the business strategies and digital adoption practices of culinary MSMEs, focusing on how these factors influence market adaptability and long-term sustainability. Utilizing a qualitative research approach through in-depth interviews and observational studies involving select culinary MSME owners and operational managers, the findings reveal that adopting digital tools—particularly social media marketing, digital payment solutions, and online food delivery platforms—substantially enhances customer engagement and broadens market reach while product innovation serves as a vital differentiator in an increasingly saturated market. Despite these positive outcomes, the study highlights critical structural barriers, including persistent gaps in digital literacy among business operators, supply chain volatility, and constrained financial management. To foster sustainable growth and operational resilience, the study recommends targeted intervention programs, such as specialized digital training initiatives and improved financial access facilitated through strategic public-private partnerships, ultimately offering actionable insights for MSME stakeholders and policymakers seeking to build a competitive local economic ecosystem.

Keywords: Culinary MSMEs, Digital Transformation, Business Sustainability, Product Innovation, Digital Marketing, Local Economy.

AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA

Rahmadani Kurnia FATMA

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: fatma.kurnia.rahmadani226012@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

The development of digital technology has significantly transformed the banking industry, including Islamic banking. One of the innovations is Islamic mobile banking, which provides convenient access to various financial services through smartphones. This study aims to analyze the influence of Islamic mobile banking convenience on university students' interest in saving in the digital banking era. The study uses a literature review method by examining relevant books, scientific journals, and previous research related to digital banking, ease of use, and saving interest. The discussion focuses on several aspects of convenience, including ease of access, simple transaction procedures, time efficiency, and the availability of banking services anytime and anywhere. These features may encourage university students to use Islamic banking services and develop their interest in saving. Furthermore, Islamic mobile banking offers financial services that operate according to Islamic principles, which may attract students who seek banking services aligned with Islamic values. However, convenience alone may not be sufficient to increase saving interest. Other factors, such as transaction security, customer trust, service quality, and students' understanding of Islamic banking products, may also influence their decisions. Therefore, Islamic banks need to improve their digital services, maintain data security, and provide financial education to young people. This study is expected to contribute to a better understanding of the relationship between digital banking convenience and students' saving interest. In conclusion, the convenience of Islamic mobile banking has the potential to encourage university students to save, particularly when supported by reliable security systems, quality services, and adequate Islamic financial literacy.

Keywords: *Islamic mobile banking, convenience, saving interest, university students, digital banking.*

DIGITAL TRANSFORMATION OF BATIK HERITAGE AS A DRIVER OF CULTURAL IDENTITY AND CREATIVE ECONOMY RESILIENCE IN INDONESIA

Fina Husna, Sulistiya Puji Astuti, M. Rafi Fayyadh, Roisah Al Mutmainah, M. Misbakhul Anam

Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

Abstract

Batik is a living expression of Indonesian art and culture, yet its transmission and economic sustainability are increasingly challenged by globalization, mass-produced imitations, and generational shifts in artisanal practice. This study examines how digital transformation can strengthen batik as both a cultural heritage and a pillar of the creative industries. Using a qualitative approach that combines in-depth interviews with batik artisans, creative entrepreneurs, and cultural officials, participant observation in batik communities, and analysis of digital marketing and e-commerce platforms, the research explores how digital tools are adopted, adapted, and negotiated in everyday creative practice. The findings indicate that digital documentation, social media storytelling, online marketplaces, and collaborative design with young creators expand market access, enhance product visibility, and foster renewed public interest in traditional motifs. At the same time, the study identifies persistent tensions, including uneven digital literacy, risks of cultural commodification, and weak protection of intellectual property over traditional designs. The study argues that sustainable creative economy development requires a balanced ecosystem in which technology serves cultural values rather than replacing them. It recommends community-based digital capacity building, inclusive cultural policy, and stronger collaboration among artisans, designers, educators, and government institutions. These insights contribute to broader discussions on safeguarding intangible cultural heritage while promoting inclusive and resilient creative industries.

Keywords: *batik; cultural heritage; creative industries; digital transformation; creative economy; Indonesia*

ISLAMIC BANKING AND MSME FINANCING

Galih Mahattirta Saka[1], Ahmad Nauval Kirom[2], Muhammad Syafiq Fatulloh[3], I'tirof Fadli Nur Fauzan[4], Dimas Mahdi Fauzan[5]

[1,2,3,4,5] Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Economics, Central Java, Indonesia

Email: galih.mahattirta.saka24074@mhs.uingusdur.ac.id

Abstract

This sub-chapter explores the strategic role of Islamic banking in empowering Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) as the fundamental driving force behind the halal industry in Central Java. To ensure the sustainable growth of MSMEs and their equitable integration into the Halal Industrial Zone, Islamic banking provides essential, inclusive financing free from *riba*, *gharar*, and *maysir*. Such accessible capital enables local enterprises to escalate production capacity, fulfill strict halal certification standards, and seamlessly enter broader industrial supply chains. Furthermore, the implementation of Sharia financing—utilizing instruments like *mudharabah* and *musyarakah*—is deeply integrated into the holistic Halal Value Chain. This structural integration is actively fostered through cross-sectoral collaborations involving regional governments, Bank Indonesia, and academic institutions, notably manifested in strategic initiatives like the Central Java Sharia Festival. These synergistic efforts not only strengthen the halal ecosystem from upstream to downstream but also significantly expand market access and multiply daily MSME revenues. Additionally, the acceleration of MSME growth is heavily bolstered by digital technological innovations, equitable distribution platforms, and creative community validations. Ultimately, Islamic banking functions as a vital financial hub that transcends mere material funding; it guarantees equitable economic access for grassroots entrepreneurs. Moving forward, the continued adoption of digital financial technologies by Islamic banking institutions, combined with robust cross-sectoral collaboration, remains imperative to elevate local MSMEs into resilient, highly competitive players on the national economic stage.

Keywords: Islamic Banking, MSMEs, Halal Industry, Halal Value Chain, Sharia Financing, Central Java.

DİGİTAL TRANSFORMATİON AS A MARKETİNG STRATEGY FOR INDONESİAN HALAL PRODUCTS İN THE INTERNATİONAL MARKET

Namira Clara Alicia, Aninda Rahma Oktaviani, Desy Perdani Yuris Puspitarani, Saffana Fakhirah, Norma Kartika Putri

Faculty of Islamic Economics and Business, State Islamic University of KH Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia

ABSTRACT

Digital transformation has become crucial for enhancing the competitiveness of Indonesian halal products within the landscape of global trade. The adoption of digital technology offers opportunities for players in the halal industry to expand their market reach, boost business productivity, and strengthen the position of their products in the international market. This study aims to explain the role of digital transformation as a marketing strategy for Indonesian halal products on the global stage, specifically through the use of e-commerce, social media platforms, and various digital marketing approaches. A descriptive qualitative method was employed, utilizing a literature review that encompasses academic journals, official reports, and other relevant sources. The findings indicate that digital transformation can enhance the visibility of halal products, broaden access for international consumers, and build trust by strengthening halal branding and providing clear product information. Nevertheless, its implementation remains hindered by several challenges, such as low levels of digital literacy, intense global market competition, variations in halal certification criteria, and limited technological infrastructure among some business operators. Consequently, strategies are required to bolster digital capabilities, foster marketing innovation, improve product quality, and promote collaboration between the government and the halal industry. Through the implementation of these strategies, digital transformation is expected to increase exports, boost the competitiveness of Indonesian halal products, and strengthen the halal sector's contribution to sustainable national economic growth—while simultaneously creating opportunities for the development of innovative, globally-oriented creative enterprises.

Keywords: Digital Transformation, Digital Marketing, Halal Products, International Market, Competitiveness.

THE ROLE OF ISLAMIC FINANCE IN PROMOTING FINANCIAL INCLUSION IN INDONESIA

Lailatul FADHILAH

Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Department of Sharia Banking, Central Java, Indonesia

Email: lailatulfadhilah176@gmail.com

Abstract

Islamic finance has become an important part of Indonesia's financial system because it offers financial services based on Islamic principles. These principles emphasize fairness, transparency, and the prohibition of interest (riba). However, public awareness and understanding of Islamic finance remain challenges that may affect its development. This paper aims to examine the role of Islamic finance in promoting financial inclusion in Indonesia and to identify the challenges faced in increasing public participation in Islamic financial services. This study uses a qualitative descriptive approach based on a review of relevant literature, including books, academic journals, and other supporting sources. The findings indicate that Islamic financial institutions, such as Islamic banks and Islamic microfinance institutions, can help expand access to financial services, particularly for small business owners and communities with limited access to conventional banking. In addition, Islamic finance can support economic activities through financing arrangements based on Islamic principles, such as profit-sharing and trade-based transactions. Nevertheless, several challenges remain, including limited public knowledge, misconceptions about Islamic financial products, and insufficient financial education. Therefore, improving financial literacy, strengthening public education, and expanding access to Islamic financial services are essential steps toward encouraging greater participation. Cooperation among Islamic financial institutions, educational institutions, and the government is also needed to increase public trust and understanding. In conclusion, Islamic finance has significant potential to promote financial inclusion and support sustainable economic development in Indonesia. However, this potential can only be fully realized through continuous education, accessible services, and effective collaboration among relevant stakeholders.

Keywords: Islamic finance, financial inclusion, financial literacy, Islamic banking, Indonesia.

THE IMPACT OF SOCIAL MEDIA ON STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE

Fanni NURBAITI

'Islamic State University of K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Faculty of Islamic Economics and Business, Dapartment of Sharia Banking, Central Java, Indonesia.'

Email: fanninurbaiti17@gmail.com

Abstract

Social media has become an important part of students' daily lives, providing opportunities for communication, information sharing, and learning. However, excessive use of social media may negatively affect students' academic performance by reducing their concentration, study time, and motivation. This study aims to examine the impact of social media use on students' academic performance and identify ways to encourage more responsible use of digital platforms. The study uses a qualitative descriptive approach by reviewing relevant literature on social media habits, learning behavior, and academic achievement. The analysis focuses on the benefits and challenges of social media in educational settings. The findings suggest that social media can support learning when students use it to access educational content, participate in academic discussions, and collaborate with classmates. Nevertheless, frequent use for entertainment, such as watching short videos or browsing unrelated content, may distract students from their academic responsibilities. In addition, excessive screen time may interfere with sleep patterns and reduce the time available for completing assignments. These effects depend on students' self-discipline, time management skills, and purposes for using social media. Therefore, students should establish clear limits on their social media use, prioritize academic tasks, and take advantage of educational resources available online. Teachers and parents can also help by promoting digital literacy and healthy technology habits. In conclusion, social media can have both positive and negative effects on students' academic performance. Its overall impact depends largely on how students manage their time and use digital platforms to support their learning goals.

Keywords: social media, students, academic performance, digital learning, time management.

10. BİLSEL INTERNATIONAL TRUVA SCIENTIFIC RESEARCH AND INNOVATION CONGRESS

30-31 OCTOBER 2026

ÇANAKKALE / TÜRKİYE

CONGRESS PROGRAM

Join Zoom Meeting ID: 822 4900 8431

Passcode: 794229

Join Zoom Meeting

https://us06web.zoom.us/j/82249008431?pwd=9QiuFFlOgsl9hVdenFWttnhFdzIoTU.1

PARTICIPATING COUNTRIES

Albania/Algeria/ Azerbaijan / Hungary
India/Indonesia/Iran/ Morocco/Nigeria/KKTC
Pakistan/ Romania/ /Uzbekistan/ France

IMPORTANT

To be able to make a meeting online, login via https://zoom.us/join site, enter ID instead of "Meeting ID or Personal link Name'' and solidify the session.
The presentation will have 10 minutes .
The Zoom application is free and no need to create an account.
The Zoom application can be used without registration.
The application works on tablets, phones and PCs.
Speakers must be connected to the session 10 minutes before the presentation time.
All congress participants can connect live and listen to all sessions.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working.
You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.

ÖNEMLİ

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
Online sunum yapabilmek için https://zoom.us/join sitesi üzerinden giriş yaparak "Meeting ID or Personal Link Name" yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
Sunumlar için 10 dakika süre ayrılmıştır.
Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
Uygulama tablet, telefon ve PC'lerde çalışmaktadır.
Sunum yapacakların sunum saatinden 10 dk önce oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
Tüm katılımcılar oturumlara online katılıp dinleyebilir.

Kongreye katılım zorunludur, katılım sağlamayan katılımcılarımıza Kongre Katılım Belgesi gönderilmeyecektir.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda çalışır durumda mikrofon bulunmalıdır.
Zoom'da ekran paylaşma özelliği kullanılabilmelidir.
Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir.

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr., Murat KORKMAZ

SESSION-1 HALL-1

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Prof. Dr. Yusuf KAVUN	*Kahramanmaras Sütçü Imam University*	*CALCULATION OF RADIATION SHIELDING PARAMETERS OF B^2 O_3 -DOPED GLASSES USING THE AARNFM-SHIELD CODE*
Prof. Dr. Yusuf KAVUN	*Kahramanmaras Sütçü Imam University*	*HfO_2 KATKILI TELLÜRİT-BORAT CAMLARININ RADYASYON ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİNİN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ*
Prof. Dr., Volkan KIRMACI *Doç. Dr., Murat KORKMAZ*	*Bartın Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi*	*OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU TEKLI VORTEKS TÜPÜNÜN EKSERJI GÖSTERGELERINDE MAKINE ÖĞRENMESI BAŞARISININ TEST VE ÇAPRAZ DOĞRULAMA ILE KARŞILAŞTIRILMASI*
Doç. Dr., Murat KORKMAZ *Prof. Dr., Volkan KIRMACI*	*Hacettepe Üniversitesi, Bartın Üniversitesi*	*OKSIJEN ILE ÇALIŞAN POLYAMID NOZULLU PARALEL BAĞLI ÜÇLÜ KARŞI AKIŞLI VORTEKS TÜPÜ SISTEMININ TOPLAM EKSERJI PERFORMANSININ MAKINE ÖĞRENMESI ILE TAHMINI*
Lect. Dr. Mesut GÖK *Prof. Dr. İbrahim TEĞİN*	*Siirt University*	*GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF HAWTHORN (CRATAEGUS ORIENTALIS) SEEDS*
Lect. Dr. Mesut GÖK *Prof. Dr. İbrahim TEĞİN*	*Siirt University*	*GC-MS CHARACTERIZATION OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF CAPER (CAPPARIS SPINOSA L.) FRUITS*
Taha ELHARİRİ *Doç. Dr. Ahmet Reşit KAVSAOĞLU* *Doç. Dr. Eftal ŞEHİRLİ*	*Karabük Üniversitesi*	*FOTOLETİSMOGRAFİ (PPG) SİNYAL ANALİZİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ TABANLI KAN ŞEKERİ SEVİYESİ TAHMİNİ İÇİN YENİLİKÇİ BİR ÇALIŞMA*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: **Prof.Dr., Hayrettin AHLATCI**

SESSION-1 HALL-2

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Prof.Dr., Hayrettin AHLATCI	*Karabük Üniversitesi*	*HOMOJENLEŞTİRME VE TERMOMEKANİK İŞLEMLERİNİN Al5083 ALAŞIMININ AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ*
Prof.Dr., Hayrettin AHLATCI	*Karabük Üniversitesi*	*SOĞUK ÇEKİM ORANI VE FİLAMENT ÇAPININ ÇELİK LASTİK KORDU FİLAMENTLERİNİN EĞİLME YORULMASINA ETKİSİ: 0,25HT VE 0,20HT KALİTELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*
Prof. Dr. Onur TAN *Dr. Öğr. Üyesi Özlem KARAGÖZ*	*İstanbul Üniversitesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi*	*SİSMOLOJİK VERİLER IŞIĞINDA TÜRKİYE'NİN GÜNCEL DEPREMSELLİĞİ VE DEPREM TEHLİKESİNE BAKIŞ*
Fırat ÇETİNKAYA *Doçent, Mustafa Güven GÖK*	*Gaziantep Üniversitesi*	*THERMOGRAVIMETRY-GUIDED THERMAL PROCESSING OF 316L STAINLESS STEEL PRODUCED BY FUSED FILAMENT FABRICATION*
Fırat ÇETİNKAYA *Doçent, Mustafa Güven GÖK*	*Gaziantep Üniversitesi*	*SHORT-TERM HOT CORROSION BEHAVIOR OF FUSED FILAMENT FABRICATED 316L STAINLESS STEEL*
Öğr. Gör. Dr., Şifa Gül DEMİRYÜREK	*Aksaray Üniversitesi*	*UZUN YAPILARDA DAĞITILMIŞ REZONATÖRLER KULLANARAK PASİF TİTREŞİM AZALTIMI*
Tevfik Kayra AKTAR	*American Collegiate Institute Independent Researcher*	*DEVELOPING A USER-CENTRED VALUE PROPOSITION IN WINDSURF TECHNOLOGY: AN EXPLORATORY STUDY OF A REAL-TIME GUIDANCE SYSTEM*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Erhan PİŞKİN

SESSION-1 HALL-3

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Asst. Prof. Dr. Rıfat AŞLIYAN	*Aydın Adnan Menderes University*	*OTOSCOPIC IMAGE RECOGNITION USING EFFICIENTNET-B0 WITH TRANSFER LEARNING*
Asst. Prof. Dr. Rıfat AŞLIYAN	*Aydın Adnan Menderes University*	*DISEASE DIAGNOSIS VIA XGBOOST AND SUPPORT VECTOR MACHINES BASED ON WEARABLE SENSOR DATA*
Dr, Nebi YILMAZ *Prof. Dr, Erhan PİŞKİN*	*Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi,* *Dicle Üniversitesi*	*VİSKOELASTİK BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN LOKAL VARLIĞI*
Dr, Nebi YILMAZ *Prof. Dr, Erhan PİŞKİN*	*Mehmet Akif Ersoy Anadolu İmam Hatip Lisesi,* *Dicle Üniversitesi*	*LOGARİTMİK NONLİNEER TERİMLİ BİHARMONİK DENKLEMİN ÇÖZÜMLERİNİN GLOBAL VARLIĞI*
Prof. Dr. Erhan PİŞKİN *Ayşe DEMİRHAN*	*Dicle Üniversitesi*	*DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMASI*
Prof. Dr. Erhan PİŞKİN *Ayşe DEMİRHAN*	*Dicle Üniversitesi*	*DÖRDÜNCÜ MERTEBEDEN TEKİL PARABOLİK BİR DENKLEM İÇİN ÇÖZÜMLERİN PATLAMA SÜRESİNİN ÜST SINIRI*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL

SESSION-1 HALL-4

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Seviye AYHAN *Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL* *Doç. Dr. Yasemin ÖNAL*	*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*	*CNC KESME-ÜFLEME SİSTEMLERİNDE TİTREŞİM TABANLI MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMASI İLE ARIZA TESPİTİ*
Seviye AYHAN *Doç. Dr. Yasemin ÖNAL* *Doç. Dr. Ümit Çiğdem TURHAL*	*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*	*ŞEBEKEYE BAĞLI FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE VERİ ODAKLI ARIZA TANILAMA: MAKİNE ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI*
Kevser BOZKURT *Dr. Öğr. Üyesi, Kadir TOHMA*	*İskenderun Teknik Üniversitesi*	*NAGIOS ALARM YÖNETİMİNDE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ BAĞLAMSAL KARAR DESTEĞİ*
Morteza REZAEI *Dr. Öğr. Üyesi, Kadir TOHMA*	*İskenderun Teknik Üniversitesi*	*BİR ÇELİK BORU ÜRETİCİSİNDE KURUMSAL BİLGİ ASİSTANININ AŞAMALI GELİŞİMİ: VEKTÖR ARAMASINDAN ÇOK AŞAMALI VE ÇOK MODELLİ RAG MİMARİSİNE*
Yüksek Lisans Öğrencisi Çağla SEZER *Dr. Öğr. Üyesi Kadir TOHMA*	*İskenderun Teknik Üniversitesi*	*YABANCI DİL OLARAK TÜRKÇE ÖĞRETİMİNDE KÜLTÜREL İÇERİK ODAKLI, RAG VE BÜYÜK DİL MODELİ DESTEKLİ WEB TABANLI EĞİTİM PLATFORMUNUN GELİŞTİRİLMESİ*
Öğretim Görevlisi Duran ANAYURT	*Çankırı Karatekin Üniversitesi*	*TÜRKİYE'DEKİ ALIŞVERİŞ MERKEZLERİ VE KAPALI OTOPARKLARDA ELEKTRİKLİ ARAÇ ŞARJ İSTASYONLARININ YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: RİSKLER, MEVZUAT VE İYİLEŞTİRME GEREKSİNİMLERİ*
Öğretim Görevlisi Duran ANAYURT	*Çankırı Karatekin Üniversitesi*	*ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN TRAFİKTE GÖRSEL OLARAK TANIMLANMASININ ACİL DURUM MÜDAHALESİ VE YANGIN GÜVENLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ: TÜRKİYE İÇİN STANDART PLAKA VE İŞARETLEME ÖNERİSİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Musa ERDOĞAN

SESSION-1 HALL-5

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Arş. Gör., Emre TURAN *Prof. Dr., Orhan ER*	*İzmir Bakırçay Üniversitesi*	*OTOMATİK CİLT HASTALIĞI ŞİDDET SINIFLANDIRMASINDA VERİ SIZINTISI VE MODEL VERİMLİLİĞİ*
Arş. Gör., Emre TURAN *Doç. Dr., Muhammet Emin ŞAHİN* *Prof. Dr., Orhan ER*	*İzmir Bakırçay Üniversitesi*	*MAKİNE ÖĞRENMESİ KULLANILARAK SDN TOPOLOJİ ZEHİRLEME SALDIRILARININ TESPİTİNDE VERİ SIZINTISI VE SALDIRI-KOŞU TABANLI DEĞERLENDİRME*
Doç. Dr. Musa ERDOĞAN	*Kafkas Üniversitesi*	*MOLEKÜLER HİBRİDİZASYON YAKLAŞIMIYLA POTANSİYEL BİYOAKTİF BİR KİNOLİN-BENZOTİYAZOL HİBRİT HİDRAZON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU*
Doç. Dr. Musa ERDOĞAN	*Kafkas Üniversitesi*	*İLERİ SENTETİK FONKSİYONELLEŞTİRMELER İÇİN POTANSİYEL BİR YAPI TAŞI: YENİ BİR DİBROMO SPİRO-ANTRON TÜREVİNİN SENTEZİ VE SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYONU*
Dr. Cansu YURTERİ	*İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*	*MALATYA İLİ ARAZİ KULLANIM/ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİNİN CORİNE VERİLERİYLE BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ*
Fatmanur Şahin *Prof. Dr. Ali H. Işık*	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*	*YÜKSEKÖĞRETİMDE ÜRETİCİ YAPAY ZEKÂ VE AKADEMİK DÜRÜSTLÜK: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ*
Yüksek Lisans Öğrencisi, Sedat ALTUĞ *Doç. Dr., Cengiz ŞAHİN*	*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi*	*GRAFİK TASARIM PROGRAMLARINDA SİMGESEL ÖĞRENME, ARAYÜZ DÖNÜŞÜMÜ VE KULLANICI DENEYİMİ: PHOTOSHOP, ILLUSTRATOR VE FİGMA ÖRNEĞİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR

SESSION-1 HALL-6

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Prof. Dr. Ali Özhan AKYÜZ Öğr. Gör. Kazım KUMAŞ Öğr. Gör. Durmuş TEMİZ Öğr. Gör. Mustafa AYAN	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*	*DESİGN OF AN INTERACTİVE WEB-BASED SİMULATOR FOR THE MİCHELSON INTERFEROMETER EXPERİMENT AND ITS USE İN PHYSİCS EDUCATİON*
Prof. Dr. Ali Özhan AKYÜZ Öğr. Gör. Kazım KUMAŞ Öğr. Gör. Durmuş TEMİZ Öğr. Gör. Mustafa AYAN	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*	*AN INTERACTİVE GERMANİUM DETECTOR AND MULTİCHANNEL ANALYZER SİMULATOR FOR THE X-RAY PHYSİCS EXPERİMENT*
Doç. Dr. Serdar NESLİHANOĞLU	*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*	*COVID-19 ACİL DURUMU SONRASINDA İLAÇ VE SAĞLIK HİSSELERİNİN GETİRİ TAHMİNİ: KAYAN PENCERE YAKLAŞIMIYLA MAKİNE ÖĞRENMESİ MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*
Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR Prof. Dr., Uğur ULUSU Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE	*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi*	*ON SOME PROPERTIES OF ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER α FOR SET SEQUENCES*
Prof. Dr., Erdinç DÜNDAR Assoc. Prof. Dr., Esra GÜLLE Prof. Dr., Uğur ULUSU	*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi*	*NEW RESULTS ON ASYMPTOTICAL DEFERRED INVARIANT EQUIVALENCE OF ORDER α FOR SET SEQUENCES*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Dr. Mehmet Özgür ÇELİK

SESSION-1 HALL-7

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Fatma İrem GÜLER *Doç. Dr. Barış Seçkin ARSLAN* *Prof. Dr. Mehmet NEBİOĞLU*	*Sakarya Üniversitesi*	*BAZI YENİ DİBENZO[b,h][1,6]NAFTİRİDİN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU*
Dr. Mehmet Özgür ÇELİK	*Mersin Üniversitesi*	*SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM İÇİN MEKÂNSAL BİR YAKLAŞIM: BİYOİKLİMSEL ÖZELLİKLERE GÖRE SİLİFKE ÇİLEĞİNİN ARAŞTIRILMASI*
Mehmet SUBAŞI *Doç. Dr. Refik BOZBUĞA* *Doç. Dr. Doğancan KAHYA*	*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi*	*ŞANLIURFA İLİ ANTEPFISTIĞI BAHÇELERİNDE Kermania pistaciella Amsel (LEPIDOPTERA: TINEIDAE)'nın POPULASYON TAKİBİ ve BİTKİ PARAZİTİ NEMATOD TÜRLERİNİN BELİRLENMESİ*
Seymen ELALMIŞ *Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT*	*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi,*	*CODON USAGE BIAS AND GEOGRAPHIC POPULATION STRUCTURE IN THE CP GENE OF APPLE MOSAIC VIRUS (ApMV)*
Eray Yasin ÖZCAN *Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT*	*Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi*	*DOMATES ÜRETİMİNDE YENİ BİR TEHDİT: TOMATO FRUIT BLOTCH VIRUS (ToFBV; Blunervirus solani)*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Meltem AVAN

SESSION-1 HALL-8

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doç. Dr. Meltem AVAN *Prof. Dr. Mahmut İSLAMOĞLU*	*Adıyaman Üniversitesi*	*BİTKİ HASTALIKLARININ TAŞINMASINDA VEKTÖR BÖCEKLERİN ROLÜ*
Arş. Gör.Dr. Sümmani ÇİFCİ *Arş. Gör.Dr. Enes ÜSTÜNER* *Prof. Dr. Mustafa ÖZ*	*Aksaray Üniversitesi*	*SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR PARAZİT KONTROLÜ: ETKİ MEKANİZMALARI, AVANTAJLAR VE SINIRLAMALAR*
Arş. Gör.Dr. Enes ÜSTÜNER *Arş. Gör.Dr. Sümmani ÇİFCİ* *Prof. Dr. Mustafa ÖZ*	*Aksaray Üniversitesi*	*SUCUL ÜRETİM SİSTEMLERİNİN BİYOKİMYASAL DOĞRULAMASI: YETİŞTİRİCİLİK KOŞULLARININ BALIK DOKUSUNDAKİ METABOLİK VE LİPİDOMİK PARMAK İZLERİ*
Öğr. Gör. Dr. Taha GÜRSOY *Öğr. Gör. Durmuş KAHRAMAN*	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*	*KEÇİLERDE ÖNCEKİ VE SONRAKİ KAYITLI DOĞUM TİPLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ*
Pınar PORTAKAL *Ahmet Emin BAYRAM*	*Çankırı Karatekin Üniversitesi*	*HAYVANCILIKTA AKILCI ANTİMİKROBİYAL KULLANIMI VE FARMAKOVİJİLANS HAKKINDA BİLGİ VE UYGULAMALAR: ÇİFTÇİLER VE VETERİNER HEKİMLER ARASINDA KESİTSEL BİR ARAŞTIRMA*
Prof. Dr. Rukiye AYRANCI *Prof. Dr. Metin AK*	*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi*	*SU ORTAMINDAKİ ÇEVRESEL KİRLETİCİLERİN SEÇİCİ GİDERİMİNDE MOLEKÜLER BASKILANMIŞ POLİMERLER*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL

SESSION-1 HALL-9

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Araştırma Görevlisi, İbrahim YILMAZ *Araştırma Görevlisi, Yunus Emre SAĞIR*	*Karabük Üniversitesi*	*GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA BULANIK KÜME NİTEL KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİN BİBLİYOMETRİK GÖRÜNÜMÜ*
Araştırma Görevlisi, Yunus Emre SAĞIR *Araştırma Görevlisi, İbrahim YILMAZ*	*Karabük Üniversitesi*	*GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARINDA GÖZ İZLEME TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI*
Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL	*Balıkesir Üniversitesi*	*FONKSİYONEL GIDA BİLEŞENLERİ İÇİN YENİLİKÇİ TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR VE GÜNCEL UYGULAMALAR*
Dr. Öğr. Üyesi Yavuz YÜKSEL	*Balıkesir Üniversitesi*	*GLUTENSİZ FIRINCILIK ÜRÜNLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ: YENİ BİLEŞENLER VE MODERN İŞLEME TEKNOLOJİLERİ*
Hakan KAZAN *Mustafa Sami ATA*	*Amasya Üniversitesi*	*GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ VE KULLANILMAMIŞ ABS TOZU KATKISININ ŞEFFAF FOTOPOLİMER REÇİNENİN ÇEKME DAVRANIŞINA ETKİSİ*
Mustafa Sami ATA *Hakan KAZAN*	*Amasya Üniversitesi*	*HİNDİSTAN CEVİZİ POSASI KATKILI ŞEFFAF VE BEYAZ FOTOPOLİMER REÇİNELERDE DÖNGÜSEL UV MARUZİYETİ SONRASI KÜTLE VE GÖRÜNÜM DEĞİŞİMLERİ: ÖN BULGULAR*
Işılay TEKTEN *Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN*	*Ondokuz Mayıs Üniversitesi*	*DÖNGÜSEL EKONOMİYE GEÇİŞTE KENTSEL MADENCİLİĞİN ROLÜ: E-ATIKLARDAN KRİTİK HAM MADDE KAZANIMI*
Yusuf Dursun DURMUŞ *Prof. Dr. Nurdan Gamze TURAN*	*Ondokuz Mayıs Üniversitesi*	*GIDA SEKTÖRÜNDE ORGANİK ATIKLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİMİ VE GERİ KAZANIM POTANSİYELİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ

SESSION-1 HALL-10

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Arş. Gör., Özlem ÖZGAN	*Iğdır Üniversitesi*	*SAĞLIK YÖNETİMİ VE İŞLETME BÖLÜMLERİNDE OKUYAN ÖĞRENCİLERİN YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI*
Dr, Koray PİRÇEKLİ *Prof. Dr., Filiz ELMAS SARAÇ*	*Hazine ve Maliye Bakanlığı, Hacı Bayram Veli Üniversitesi*	*DIŞ TİCARETTE FİRMA HETEROJENLİĞİ: MİKROİKTİSADİ AKTARIM MEKANİZMALARI*
Ferhat ORAK *Prof. Dr. Filiz ELMAS SARAÇ*	*T.C. Sağlık Bakanlığı, Mali Hizmetler Uzmanı, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi*	*SAĞLIKTA DÖNÜŞÜM PROGRAMI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÜZERİNE TEORİK BİR DEĞERLENDİRME*
Yüksek Lisans Öğrencisi, Yeşim AKÇOKRAK *Prof. Dr. Nesrin AKCA*	*Kırıkkale Üniversitesi*	*SAĞLIK İŞLETMELERİNDE DEĞİŞKEN MALİYET YÖNTEMİNİN TAM MALİYET YÖNTEMİ KARŞISINDAKİ ÜSTÜNLÜKLERİ VE UYGULAMADA KARŞILAŞILAN GÜÇLÜKLER*
Dr. Öğr. Üyesi Işıl KIROĞLU ARSLAN *Öğr. Gör. Dr. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ*	*Ardahan Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi*	*YÖNETİM ALANINDA SOSYAL GİRİŞİMCİLİK ARAŞTIRMALARI: BİBLİYOMETRİK BİR ANALİZ (2017–2026)*
Öğr. Gör. Dr. Miray CELEPLİ SÜTBAŞ *Dr. Öğr. Üyesi Işıl KIROĞLU ARSLAN*	*Akdeniz Üniversitesi, Ardahan Üniversitesi*	*SAĞLIK ÇALIŞANLARINDA TÜKENMİŞLİK ARAŞTIRMALARININ COVID-19 PANDEMİSİ ÖNCESİ VE SONRASI TEMATİK EVRİMİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Serhan CANDEMİR

SESSION-1 HALL-11

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Rashid BADIROV *Dr. Öğr. Üyesi Tuğbay Burçin GÜMÜŞ*	*İstanbul Gedik Üniversitesi*	*YEŞİL PAZARLAMA UYGULAMALARI İLE TÜKETİCİ ALGISI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ÇOK BOYUTLU DEĞERLENDİRİLMESİ*
Doktora Öğrencisi, Eda POLAT, *Doç. Dr, Ferhat BİTLİSLİ*	*Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,*	*DİJİTALLEŞEN MUHASEBE MESLEĞİNDE ETİK SORUNLAR: KAVRAMSAL BİR DEĞERLENDİRME*
Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN *Doç. Dr. Serhan CANDEMİR* *Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU*	*Selçuk Üniversitesi,* *Malatya Turgut Özal Üniversitesi*	*TÜRKİYE'DE TARIMSAL GİRDİ VE ÜRÜN FİYATLARI ARASINDAKİ ÖNGÖRÜ İLİŞKİSİ VE FİYAT MAKASI*
Doç. Dr. Serhan CANDEMİR *Prof. Dr. Hasan Gökhan DOĞAN* *Prof. Dr. Zeki BAYRAMOĞLU*	*Malatya Turgut Özal Üniversitesi,* *Selçuk Üniversitesi*	*TÜRKİYE'DE TARIMSAL İSTİHDAM VE ÇALIŞAN BAŞINA REEL KATMA DEĞER: 1991–2024 DÖNEMİNDEKİ DEĞİŞİM*
Öğr. Gör., Emre CON	*Karabük Üniversitesi*	*YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA YEREL DEMOKRATİK YÖNETİŞİM: KATILIMIN KURUMSAL KOŞULLARI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Ahmet Tuncay Erdem

SESSION-1 HALL-12

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doç. Dr. Ahmet Tuncay Erdem	*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi*	*DİJİTAL İLETİŞİM KONULU TEZLERİN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ*
Doç. Dr. Ahmet Tuncay Erdem	*Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi*	*ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN DİJİTAL İLETİŞİM ALGILARI: BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ İLETİŞİM FAKÜLTESİ ÖRNEĞİ*
Dr., Sema DURAN BAYTAR	*Trakya Üniversitesi*	*GELECEĞİN SINIF ÖĞRETMENLERİ KOLAYLAŞTIRICI KİŞİYLE ÇALIŞMAYA HAZIR MI?*
Dr., Sema DURAN BAYTAR *Prof. Dr., İbrahim COŞKUN* *Doç. Dr., Gökhan ILGAZ*	*Trakya Üniversitesi*	*FİNANSAL OKURYAZARLIĞIN MATEMATİK VE OKUMA BECERİLERİ TARAFINDAN YORDANMA DÜZEYİNİN İNCELENMESİ*
Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN *Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU*	*Gazi Üniversitesi,* *Bağımsız Araştırmacı*	*2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ EĞİLİMLER AÇISINDAN İNCELENMESİ*
Prof. Dr. Ekrem Ziya DUMAN *Dr. Özlem KÜÇÜKŞABANOĞLU*	*Gazi Üniversitesi,* *Bağımsız Araştırmacı*	*2026 SOSYOLOJİ DERSİ ÖĞRETİM PROGRAMINDAKİ ÖĞRENME-ÖĞRETME UYGULAMALARININ DEĞERLER AÇISINDAN İNCELENMESİ*
Dr. Öğr. Üyesi Şaban Can ŞENAY	*Selçuk Üniversitesi*	*İLKÖĞRETİM MATEMATİK ÖĞRETMEN ADAYLARININ GEOMETRİK CİSİMLERLE İLGİLİ OLUŞTURDUKLARI KAVRAM HARİTALARININ İNCELENMESİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç.Dr. Çetin AYKURT

SESSION-1 HALL-13

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doç.Dr. Çetin AYKURT	*Yozgat Bozok Üniversitesi*	*MAHMUD NEDİM PAŞA DÖNEMİNDEKİ REFORMLAR*
Doç.Dr. Çetin AYKURT	*Yozgat Bozok Üniversitesi*	*KUZEY AFRİKA'DA SON PERDE: TRABLUSGARP HARBİ*
Dr. Fikriye KARAMAN	*Samsun Üniversitesi*	*BRIDGING EPOCHS: TUNALI HİLMİ IN THE EARLY REPUBLICAN PERIOD (1920-1928)*
Dr. Arş. Gör., Fatma ÖKSÜZ	*Karabük Üniversitesi*	*OSMANLI DEVLETİ'NDE KAYMAKAMLARIN İŞLEDİKLERİ SUÇLAR: CİDE ÖRNEĞİ (1875-1900)*
Olcay ASLAN	*İzmir Cumhuriyet Savcısı*	*CEZAİ KONULARDA ULUSLARARASI ADLİ İŞ BİRLİĞİ KAPSAMINDA HÜKÜMLÜ NAKLİNDE YABANCI MAHKÛMİYET HÜKMÜNÜN TÜRKİYE'DE İNFAZI: İNFAZIN DEVAMI VE UYARLAMA YARGILAMASI*
Merve COŞKUN	*Süleyman Demirel Üniversitesi*	*ESER SÖZLEŞMESİNDE NAMA İFA*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: **Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Emin ATAY**

SESSION-1 HALL-14

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Dr. Öğr.. Üyesi, Hülya KOÇYİĞİT KAVAK *Dr. Öğr. Üyesi, Şeyda KAZANÇ*	*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi,* *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi*	*YOĞUN BAKIM HEMŞİRELİĞİNDE YAPAY ZEKÂNIN KULLANIM ALANLARI VE HEMŞİRELİK BAKIMINA POTANSİYEL KATKILARI*
Dr. Öğr. Üyesi, Şeyda KAZANÇ *Dr. Öğr.. Üyesi, Hülya KOÇYİĞİT KAVAK*	*Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,* *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi*	*YOĞUN BAKIMDA İLETİŞİM KURULAMAYAN HASTALARDA AĞRI DEĞERLENDİRMESİ VE YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ TEMELLİ YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR*
Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Emin ATAY *Dr. Öğr. Üyesi, Gökhan DEGE*	*Mardin Artuklu Üniversitesi,* *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi*	*YARA İYİLEŞMESİNDE BESLENMENİN ÖNEMİ VE HEMŞİRELİK YAKLAŞIMLARI*
Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Emin ATAY *Dr. Öğr. Üyesi, Gökhan DEGE*	*Mardin Artuklu Üniversitesi,* *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi*	*TOTAL PARENTERAL NÜTRİSYON UYGULAMASINDA HEMŞİRENİN ROLÜ VE ENFEKSİYON KONTROLÜ*
Besra ÖZDEMİR *Kübra DURMAN* *Dr. Öğr. Üyesi, Bahadır TÖRÜN*	*Hakkari Üniversitesi*	*ALLIUM SCHOENOPRASUM VE CHAEROPHYLLUM HAKKIARICUM'UN OTLU PEYNİRİN MİKROBİYAL YÜK VE ÇEŞİTLİLİĞİNE ETKİSİ*
Nur ALP	*Süleyman Demirel Üniversitesi*	*FETAL HAREKET BİYOMEKANİĞİ VE DOĞUM ÖNCESİ KAS-İSKELET SİSTEMİ GELİŞİMİ: FİZYOTERAPİ PERSPEKTİFİ*
Dr. Öğr. Gör. Cemaliye SÜT KURT *Dr. Öğr. Üyesi, Nursena NAHYA SERVİ*	*Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi,* *Lokman Hekim Üniversitesi*	*ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE İŞTAH DURUMUNA GÖRE ULTRA İŞLENMİŞ BESİN TÜKETİMİ VE BEDEN KÜTLE İNDEKSİNİN KARŞILAŞTIRILMASI*
Dr. Öğr. Üyesi Zeliha ÇELİK	*Amasya Üniversitesi*	*LİPÖDEMLİ BİREYLERDE EGZERSİZ ÖNERİLERİNE İLİŞKİN CHATGPT YANITLARININ GÜVENİLİRLİK VE KALİTESİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Melike YAVAŞ ÇELİK

SESSION-1 HALL-15

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Dr. Öğr. Üyesi Onur Seçgin NİŞANCI	*T.C. Kafkas Üniversitesi*	*MANDIBULA İÇ YÜZÜNÜN TOPOGRAFİK ANATOMİSİ: FORAMEN MANDIBULAE VE LINGULA MANDIBULAE'NİN DETAYLI ANATOMİSİ*
Dr. Öğr. Üyesi Onur Seçgin NİŞANCI	*T.C. Kafkas Üniversitesi*	*PALATUM DURUM'UN ANATOMİK YAPISI VE TOPOGRAFİSİ: FORAMEN PALATINUM MAJUS VE CANALIS INCISIVUS*
Uzman Doktor, Neslihan ŞAHİN	*Um Slal health Center, PHCC, Doha, Qatar*	*İNMEYI TAKLIT EDEN DONMUŞ OMUZ SENDROMU: GENÇ BIR ERIŞKINDE TANISAL BIR ZORLUK*
Doç. Dr. Melike YAVAŞ ÇELİK	*Gaziantep Üniversitesi*	*DOĞUM YÖNTEMİNE GÖRE KADINLARIN POSTPARTUM RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ*
Doç. Dr. Melike YAVAŞ ÇELİK	*Gaziantep Üniversitesi*	*GEBE OLAN VE OLMAYAN KADINLARDA GENİTAL HİJYEN DAVRANIŞLARI*
Arş. Gör. Buse BİRBİR *Dr. Öğr. Üyesi Duygu KORKEM YORULMAZ* *Dr. Öğr. Üyesi Özge ÇANKAYA* *Doç. Dr. Duygu TÜRKER*	*Sağlık Bilimleri Üniversitesi*	*KONJENİTAL MUSKÜLER TORTİKOLLİS TANILI BİR BEBEĞİN ICF ÇERÇEVESİNDE FONKSİYONEL DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİZYOTERAPİ YAKLAŞIMI: OLGU SUNUMU*
Arş. Gör. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU	*Selçuk Üniversitesi*	*YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARIN BAKIMINDA KÜMÜLATİF STRES MARUZİYETİNİN PRETERM BEBEKLERİN FİZYOLOJİK, DAVRANIŞSAL VE NÖROGELİŞİMSEL SONUÇLARI: KÜRESEL ÇOCUK SAĞLIĞI PERSPEKTİFİNDEN KAPSAM DERLEMESİ*
Arş. Gör. Dr. Hazal ÖZDEMİR KOYU	*Selçuk Üniversitesi*	*PRETERM DOĞAN YÜKSEK RİSKLİ YENİDOĞANLARDA AİLE ENTEGRE BAKIM: TABURCULUK VE TABURCULUK SONRASI SONUÇLARIN KAPSAM DERLEMESİ*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Serhat TEK

SESSION-1 HALL-16

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doç. Dr. Betül Dilara ŞEKER	*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*	*AFET DÖNEMLERİNDE BELİRSİZLİK VE KESİNLİK ARAYIŞI: BİLİŞSEL KAPALILIK İHTİYACI ÜZERİNE KAVRAMSAL BİR İNCELEME*
Doç. Dr. Serhat TEK	*Bitlis Eren Üniversitesi*	*SOSYAL HİZMETİN ÖZGÜRLEŞTİRİCİ NOSYONU: MESLEKİ ROLLER VE SORUMLULUKLAR*
Doç. Dr. Serhat TEK	*Bitlis Eren Üniversitesi*	*AMBİVALANS DUYGULARIN İKİLEMİNDE SOSYAL HİZMETTE MOTİVASYONEL GÖRÜŞME*
Doç. Dr., Sümeyye SEVİNÇ *Merve KOYUNOĞLU*	*Kütahya Dumlupınar Üniversitesi*	*HADİSLERDE VE MODERN TOPLUMDA SÜNNET MOTİVASYONLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ*
Dr. Öğr. Üyesi Bilal KARTAL *Sevgi AKAR*	*Dicle Üniversitesi,* *Diyanet İşleri Başkanlığı*	*AİLE UYUMU İLE DİNDARLIK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ*
Arş. Gör. Ahsen Begüm ALTUNTAŞ	*Afyon Kocatepe Üniversitesi*	*RURBANİZASYON SÜRECİNDE KIRSALDAN KENTE GEÇİŞ ALANI OLARAK TÜRKİYE'DE KIRSAL MAHALLELEŞME*
Yüksek Lisans Öğrencisi, Elif Nur KAPLAN	*Kırıkkale Üniversitesi*	*EVLİLİKTE DENKLİK (KEFÂET) KONUSUNDA GENÇ KUŞAK VE EBEVEYNLERİNİN TUTUM FARKLILIKLARI: NİTEL BİR ARAŞTIRMA*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 09:00-11:00

HEAD OF SESSION: Doç. Dr. Kerem ATAR

SESSION-1 HALL-17

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Dr. Ceyhun KAÇMAZ	*Bağımsız Araştırmacı*	*İNCİLİ ÇAVUŞ FIKRALARINDA OTORİTE KARŞISINDA DOLAYLI ANLAM VE SÖYLEMSEL STRATEJİLER*
Prof. Dr. ƏBÜLFƏZ ƏZİMLİ	*Naxçıvan Dövlət Universiteti*	*HÜSEYN CAVİD VƏ XX ƏSR: ÜRFANİ UZAQLIQDAN DOĞAN BƏŞƏRİ FACİƏLƏR*
Prof. Dr. ƏBÜLFƏZ TAHİR ƏZİMLİ	*Naxçıvan Dövlət Universiteti*	*ÇANAKKALE HERBİNDEN GELEN FELAKET: TEVFİK FİKRETİN "HARB-İ MUKADDES" ŞİİRİNDE FACİE MƏNZƏRƏLERİ*
Doç. Dr. Kerem ATAR	*Kafkas Üniversitesi*	*ÇAĞDAŞ SANATTA IŞIĞA DUYARLI CANLILARLA GÖRÜNTÜ ÜRETİMİ: BİYOLOJİK SÜREÇLER VE GEÇİCİLİ*
Doç. Dr. Kerem ATAR	*Kafkas Üniversitesi*	*YAPAY ZEKÂ SANATINDA DOĞANIN DÖNÜŞÜMÜ: BİYOMORFİK BİÇİMLER ÜZERİNE BİR İNCELEME*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Dr. Tarana AKBARİ

SESSION-2 HALL-1

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Baş müəllim Arzu Kərimova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*	*DANIŞIQ BACARIĞININ İNKİŞAFINDA SİTUATİV TAPŞIRIQLAR*
Əyubova Sevinc Əli	*Azərbaycan Dövlət pedaqoji Universiteti*	*ALİ MƏKTƏBDƏ TƏLİM PROSESİNƏ NƏZARƏT VƏ QİYMƏTLƏNDİRMƏ*
Dr. Tarana AKBARİ	*Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi*	*OKUL ÖNCESİ EĞİTİM MÜFREDATINDA İÇERİK BİLEŞENLERİNİN YATAY ENTEGRASYONU*
Gunel Shefiyeva	*Azerbaijan State Pedagogical University*	*BECOMING A SELF-REGULATED LEARNER: PSYCHOLOGICAL PRINCIPLES AND EDUCATIONAL IMPLICATIONS*
Gular NURİYEVA	*Azerbaijan State Pedagogical University*	*HƏSSAS ƏHALİ QRUPLARINA YÖNƏLMİŞ SOSİAL PROQRAMLARIN EFFEKTİVLİYİNİN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ: MEYARLAR VƏ İNDİKATORLAR*
EMİLYA Hüseynova	*Azərbaycan Dövlət Pedagoji Universiteti*	*TƏRBİYƏ PROSESİNDƏ MÜASİR PEDAQOJİ TEXNOLOGİYALARIN TƏTBİQİ*
Nəzrin Tahir qızı İsmayılova	*ADPU*	*AZƏRBAYCAN DİLİNDƏ ETNOQRAFİK LEKSİKANIN BİR QOLU KİMİ GEYİM ADLARI*
ULVIYYA NAGHIYEVA	*Nakhchivan Institute of Teachers, Azerbaijan*	*DEVELOPMENT OF THE TEACHER TRAINING SYSTEM IN INDEPENDENT AZERBAIJAN*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA

SESSION-2 HALL-2

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doçent Doktor, AYGUN AHMADOVA	*Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi*	*GƏLƏCƏK ƏDƏBİ NALİYYƏTLƏRƏ QAPI AÇAN "UŞAQ BAXÇASI" VƏ "BƏSİRƏTÜL-ƏTFAL" DƏRSLİKLƏRİ*
Gülşən Nadir qızı Hacıyeva	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*	*DİFERENSİAL YANAŞMA İLƏ ƏLAQƏDAR ELMİ TƏDQİQAT İŞİNİN APARILMASI.*
Mehdiyeva Mətanət Bahadur qızı	*ADPU*	*ORFOEPIK NORMALAR VƏ ONLARIN INKIŞAF MEYILLƏRI*
Kamal Jamalov	*Nakhchivan State University*	*THE LESSON AS THE PRIMARY FORM OF ORGANIZING INSTRUCTIONAL ACTIVITIES: PEDAGOGICAL ESSENCE AND CONTEMPORARY DEVELOPMENT TRENDS*
Könül Məmmədova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*	*MƏKTƏB MÜHİTİNİN PEDAQOJİ DİZAYNI*
Könül Məmmədova	*Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti*	*AZƏRBAYCAN DİLİ DƏRSLƏRİNDƏ MARAQ DAİRƏSİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ YOLLARI*
Doçent Doktor, AMALYA HASANOVA	*Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi*	*ŞƏXSİYYƏTİN FORMALAŞMASINDA SOSİAL DAVRANIŞLARIN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN ROLU*
Doçent Doktor, AMALYA HASANOVA	*Azerbaycan Devlet Pedaqoji Universitesi*	*MOTİVASİYA VƏ EMOSİYALARIN NEYROFİZİOLOJİ ƏSASLARI*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Irina-Ana DROBOT

SESSION-2 HALL-3

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Sándor FÖLDVÁRI, dr.	*Debrecen University, Hungary*	*ROOTS OF THE IDENTITY OF PETRO MOHYLA (1586–1646), METROPOLITAN OF KYIV.*
Sándor FÖLDVÁRI, dr.	*Debrecen University, Hungary*	*A SCHOOL AGAINST THE TIDE: PETRO MOHYLA, THE BROTHERHOOD CONFLICT, AND THE MAKING OF AN ORTHODOX ACADEMIC INSTITUTION (1631–1635)*
Dr. Alan Reed LIBERT	*University of Newcastle, Callaghan, Australia*	*ON THE BABM PREPOSITIONAL CONJUNCTIONS B, D, AND M*
Irina-Ana DROBOT	*Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania*	*AN ANALYSIS OF THE POEM JANUARY BY IOAN N. ROMAN*
Irina-Ana DROBOT	*Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania*	*AN ANALYSIS OF THE POEM YESTERDAY'S LIGHT BY LUCIAN BLAGA*
Irina-Ana DROBOT	*Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania*	*AN ANALYSIS OF THE POEM GAME BY OCTAVIAN PALER*
Zelda Fadhila ZANETA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE PRİNCİPLES OF ISLAMİC ECONOMİCS İN PRODUCTİON ACTİVİTİES*
Kaes Dinina LATIF	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*CONCEPTUAL ANALYSİS OF SHARİA COMPLİANCE İN ISLAMİC BANK FİNANCİNG: A REVİEW OF ISLAMİC LAW AND DSN-MUI FATWAS*
Diva Putri NABILA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE USE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN STUDENTS' LEARNİNG*
Gowri R	*GRT Institute of Pharmaceutical Education and Research,Tiruttani*	*HEALTH PSYCHOLOGY APPROACHES TO STRESS MANAGEMENT AND WELL-BEING*
Professor Dr. Laura Diaconu (Maxim)	*"Alexandru Ioan Cuza" University of Iasi, Romania*	*ECONOMIC GROWTH AND STRUCTURAL TRANSFORMATION IN NORTHERN EUROPEAN STATES*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Muhammad Apri Handika

SESSION-2 HALL-4

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Nala Dian Rosita Zahwa Aulia Khalimi Putri Laela Fazida Evelyn Halilah Faiqoh Nabilla Ayu, Fitriyani	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*REGENERATION OF BATIK ARTISANS*
Adellia Saniyatuz ZAHRO Ika Ismatul HAWA Syaliva Dhu SA'ATIN Mutia Aira RAMADHANI Sabrina ZAHROH	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE OPTIMIZATION OF E-COMMERCE AS A MARKETING TOOL FOR BATIK RIFA'IYAH IN THE GLOBAL MARKET ERA*
Mutiah Puspita Andiny Raya Ajeng Pertiwi M Farrel Azka Wimaramzy Ardan Yudha Wiratama Sultan Daffa Amrulloh	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*BUİLDİNG DİGİTAL CONSUMER COMMUNİTİES*
Rofiqoh Aliyah Arifin Zabrina Elvaretta Nisa Agustin Faizura Syifa, Ramadhani Pinky Nila Nawawiza	*Universitas Islam Negeri K. H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN MARKETİNG*
Diana Kristi Ummu Kholil Prawesti Lia Fatra Nur Laili Kamalin M. Reza Fahrezi Muhammad Romiz Assiddiqi	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*TOURİSM DEVELOPMENT STRATEGİES THROUGH THE CREATİVE ECONOMY TO IMPROVE LOCAL COMMUNİTY WELFAR*
Anizza Mifa Faturrohma Ika Barjah Turnisah Muhamad Irwan Muhammad Nafiudin Muhammad Apri Handika	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*CERTİFİCATİON AND CONSUMER TRUST*
Ummu Kholil Prawesti Lia Fatra Nur Laili Kamalin Diana Kristi M Reza Fahrezi Muhammad Romiz Assiddiqi	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*NATİONAL AND GLOBAL MARKET COMPETİTİON: STRATEGİES FOR STRENGTHENİNG THE CREATİVE ECONOMY AND HALAL INDUSTRY İN CENTRAL JAVA, INDONESİAN*
Tsania Karima Khusna Dela Puspita Sari Khabibah Maria Ulfa Melvi Neviza, Indi Mazaya	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia*	*INNOVATION AND TRANSFORMATION OF CENTRAL JAVA'S TRADITIONAL CULINARY PRODUCTS: STRATEGIES FOR CULTURAL PRESERVATION AND COMPETITIVENESS IN THE DIGITAL ERA*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Rufai Ibrahim Danyaro

SESSION-2 HALL-5

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Komila Ilhamovna	*Branch of the Tashkent Institute of Chemical Technology, Yangiyer, Uzbekistan*	*DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR PRODUCİNG ORGANO-MİNERAL FERTİLİZER BASED ON LİCORİCE ROOT EXTRACTİON WASTE AND PHOSPHORİTE FLOUR*
Msc.Rezarta TOTA Msc.Xhejni KURTİ Msc.Mirela TUSHE Msc.Nevila XIBRI	*Aldent University, Tiranë, Albania, QSUT Hospital, Tirana, Albania*	*DEFINING CORE COMPETENCIES FOR PEDIATRIC ANESTHESIA NURSING IN ALBANIA: A CONSENSUS-BUILDING DELPHI STUDY*
Habiba Abubakar Bello Zahra'u Sani Baba Yusuf Ado Abdullahi Hassan Muhammad Musa Mikail Adam Yahaya and Hamza Suleiman Gaya	*Saadatu Rimi College, Yusuf Maitama Sule College, Federal University Dutsin ma*	*MOLECULARLY IMPRİNTED POLYMERS FOR SELECTİVE DETECTİON OF DİSEASE BİOMARKERS: CHEMİSTRY, RECOGNİTİON MECHANİSMS, AND BİOMEDİCAL APPLİCATİONS*
Adekiya oluwaseun Esther Rufai Ibrahim Danyaro	*Federal College of Education, Odugbo, Federal University Wukari, Nigeria*	*PERSİSTENT BİOLOGİCAL MİSCONCEPTİONS AMONG NİGERİAN SECONDARY SCHOOL STUDENTS: INSTRUCTİONAL CAUSES, CONCEPTUAL BARRİERS, AND EVİDENCE-BASED REMEDİATİON*
Crossdale Stanley Ovwido	*Federal University of Agriculture, Bassambiri, Nigeria*	*BEYOND ANTİMİCROBİAL SCREENİNG: CHEMİCAL ECOLOGY, METABOLİTE INTERACTİONS, AND STRUCTURE–ACTİVİTY RELATİONSHİPS İN MİCROBİAL NATURAL PRODUCTS*
Ezekiel Adeiza Rock	*Kogi State Polytechnic, Lokoja, Kogi State, Nigeria*	*DEVELOPMENT OF A GEOREFERENCED DATABASE FOR MEDICINAL PLANTS AND HERBAL REMEDIES IN KOGI CENTRAL SENATORIAL DISTRICT, KOGI STATE, NIGERIA*

31.10.2026

TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Zahwa Aulia Khalimi Putri

SESSION-2 HALL-6

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Evelyn Halilah Faiqoh Nabilla Ayu Fitriyani Zahwa Aulia Khalimi Putri Laela Fazida Nala Dian Rosita	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia,*	*INDUSTRIAL ECOSYSTEM STRENGTHENING*
M Reza Fahrezi Lia Fatra Nur Laili Kamalin Diana Kristi Muhammad Romiz Assiddiqi Ummu Kholil Prawesti	*Universitas Islam Negeri K. H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*GLOBAL MARKET EXPANSİON STRATEGİES FOR THE DEVELOPMENT OF THE HALAL CREATİVE ECONOMY*
Indi Mazaya Tsania Karima Khusna Dela Puspita Sari Khabibah Maria Ulfa Melvi Neviza	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia*	*COMMUNITY INCLUSION AND EMPOWERMENT*
Raya Ajeng Pertiwi M Farrel Azka Wimaramzy Mutia Puspita Andiny Ardan Yudha Wiratama Sultan Daffa Amrulloh	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*CHALLENGES AND STRATEGİES FOR THE DİGİTAL TRANSFORMATİON OF MSMES İN CENTRAL JAVA, INDONESİA*
Khabibah Maria Ulfa Melvi Neviza Indi Mazaya Tsania Karima Khusna Dela Puspita Sari	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*LOCAL COMMUNITY EMPOWERMENT IN SUSTAINABLE TOURISM DEVELOPMENT*
Dela Puspita Sari Khabibah Maria Ulfa Melvi Neviza Indi Mazaya Tsania Karima Khusna	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Ekonomi Syariah, Indonesia*	*FOOD SAFETY AND PRODUCT QUALITY IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES (SMES)*
Nabilla Ayu Fitriyani Evelyn Halilah Faiqoh Laela Fazida Zahwa Aulia Khalimi Putri Nala Dian Rosita	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*INTERNATIONAL MARKETING: FROM DOMESTIC MARKETS TO GLOBAL MARKETS*
Laela Fazida Nabilla Ayu Fitriyani Zahwa Aulia Khalimi Putri Evelyn Halilah Faiqoh Nala Dian Rosita	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia,*	*HALAL FASHION PRODUCT INNOVATION*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Abdallah Rabiu Mohammed Rabiu

SESSION-2 HALL-7

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
PhD Petronela Daniela FERARU	*National College Iaşi and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania*	*MEMORY EXTERNALIZATION IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE SOCIAL RECONFIGURATION OF THE EXTENDED MIND*
PhD Petronela Daniela FERARU	*National College Iaşi and "Ion Neculce" High School, Târgu Frumos, Romania*	*THE EMANCIPATION OF LEARNING IN THE AGE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE BETWEEN EPISTEMIC AUTONOMY AND ALGORITHMIC DEPENDENCE*
Nafal FIKRI May Naila KHOIROH Syihabud DIN M. Nasrul Rusydi Al ARZAQINAA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*BEYOND DİGİTAL LİTERACY: ARTİFİCİAL INTELLİGENCE, HUMAN CAPİTAL DEVELOPMENT, AND THE FUTURE OF EDUCATİON İN THE DİGİTAL ERA*
Azizil Lichasanah Meita Nadya Aulya Nisa Amalia Sari Aulia Rahmawati Sukma Fathimah Az-Zahro'	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE IMPACT OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE ON FİNANCİAL DECİSİON-MAKİNG AMONG GENERATİON Z*
Zulfa KHAIRIANI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*DİGİTAL TRANSFORMATİON İN ISLAMİC BANKİNG: RESHAPİNG SHARİA-COMPLİANT FİNANCE*
Anasta Nafsi Naeza Fara Diba Nabilatul Fauziyah Zahrotul Milatina Muhammad Reza Kurniawan	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*CULINARY AS A CREATIVE ECONOMY ASSET IN BATANG REGENCY: LOCAL POTENTIAL, INNOVATION, AND CULTURAL SUSTAINABILITY*
risma MELATI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*DİGİTAL READİNESS OF GARMENTMSMES IN SRAG*
Novi MARISKA Fina Himatul KHUSNA Eva KHAERIYAH Kamilah FIDINI HERNAWATI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*HALAL-BASED CREATİVE ECONOMY: STRATEGİES TO ENHANCE THE ADDED VALUE AND COMPETİTİVENESS OF MSMES İN INDONESİA*
zulaycha madina ALIVIA	*UIN K.H. ABDURRAHMAN WAHID PEKALONGAN*	*THE IMPACT OF RİSİNG FOOD PRİCES ON CONSUMER PURCHASİNG POWER*
Abdallah Rabiu Mohammed Rabiu	*State Islamic University (UIN) K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*DEVELOPİNG NİGERİA'S HALAL ECOSYSTEM: LOGİSTİCS FACİLİTATİON, REGİONAL HUBS, AND INSTİTUTİONAL SYNERGY WİTH INDONESİA*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Sekar Astri SEPTIYANI

SESSION-2 HALL-8

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Roisah Al Mutmainah, M. Rafi Fayyadh M. Misbakhul Anam Sulistiya Puji Astuti Fina Husna	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*CREATİVE SPACES, COMMUNİCATİON, AND INNOVATİON İN PROMOTİNG THE CREATİVE ECONOMY*
Muhammad Syafiq Fatulloh Ahmad Noval Kirom I'tirof Fadli Nur Fauzan Galih Mahattirta Saka Dimas Mahdi Fauzan	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*INTEGRATİON OF THE HALAL INDUSTRY WİTH THE SUSTAİNABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)*
Arina Triwijayanti Rohadatul Marsa Shofiana Elfadda Maela Rosa M. Rizqon Firmansyah	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan*	*THE CREATİVE ECONOMY APPROACH TO ECONOMİC GROWTH*
Ahmad Nauval Kirom Muhammad Syafiq Fatulloh I'tirof Fadli Nur Fauzan Galih Mahattirta Saka Dimas Mahdi Fauzan	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*INTEGRATİNG HALAL TECHNOLOGY AND HALAL SCİENCE: ADVANCİNG TRACEABİLİTY, AUTHENTİCATİON, AND ASSURANCE İN THE GLOBAL HALAL INDUSTRY*
Sulistiya Puji Astuti M. Rafi Fayyadh Fina Husna Roisah Al Mutmainah M. Misbakhul Anam	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*BATİK AS A CREATİVE ECONOMY IDENTİTY İN BUİLDİNG THE IMAGE OF PEKALONGAN CİTY*
M. Rafi Fayyadh Sulistiya Puji Astuti Fina Husna Roisah Al Mutmainah M. Misbakhul Anam	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*DEVELOPİNG LOCAL GASTRONOMY AS A STRATEGY FOR STRENGTHENİNG A SUSTAİNABLE CREATİVE ECONOMY*
Sekar WULANDARI	*Universitas Islam Negeri K.H.Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*THE USE OF ARTİFİCİAL INTELLİGENCE İN EDUCATİON: BENEFİTS, CHALLENGES, AND ITS IMPACT ON STUDENTS' LEARNİNG EXPERİENCES*
Sekar Astri SEPTIYANI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE IMPACT OF FOREST AND LAND FİRES ON THE ENVİRONMENT AND ECONOMY İN INDONESİA*
Stefani Novitasari	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN SUPPORTİNG ECONOMİC DEVELOPMENT*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Anggita DEFIANA

SESSION-2 HALL-9

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Slamet Riyadi	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*NAVİGATİNG THE PROMİSE AND PİTFALLS OF GENERATİVE AI İN HİGHER EDUCATİON: EFFECTS ON LEARNİNG OUTCOMES AND ACADEMİC INTEGRİTY*
Nayya Sekti SYAHPUTRI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*FOREST AND LAND FİRES İN KALİMANTAN İN 2026: ENVİRONMENTAL IMPACTS AND PREVENTİON EFFORTS*
Amanda Syifa IZZATI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE INFLUENCE OF SOCİAL MEDİA MARKETİNG AND INFLUENCER ENDORSEMENTS ON YOUTH CONSUMER PURCHASE DECİSİONS*
Alina AZZAHRA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*UNDERSTANDİNG SMALL MİCRO BUSİNESS INTENTİONS TO ACCESS SHARİA CAPİTAL FİNANCİNG: AN EXTENDED TECHNOLOGY ACCEPTANCE AND FİNANCİAL INCLUSİON PERSPECTİVE*
Rahmadani Kurnia FATMA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA*
Malika SALAFI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*AN ANALYSİS OF ISLAMİC FİNANCİAL LİTERACY AMONG UNİVERSİTY STUDENTS*
Novi Marıska Fina Himatul Khusna Eva Khaerıyah Kamilah Fıdını Hernawatı	*Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*DİGİTALİZATİON OF THE HALAL CREATİVE ECONOMY: OPPORTUNİTİES AND CHALLENGES FOR MSMES İN EXPANDİNG MARKET ACCESS İN THE DİGİTAL ERA*
Finalia Mei MILADIA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*COMPARATİVE ANALYSİS OF THE FİNANCİAL PERFORMANCE OF ISLAMİC COMMERCİAL BANKS AND CONVENTİONAL BANKS İN INDONESİA USİNG THE RGEC METHOD*
Shelvia Ari SUSANTI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE ROLE OF FİNANCİAL LİTERACY İN STUDENTS' SPENDİNG HABİTS*
Anggita DEFIANA	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*THE IMPACT OF SOCİAL MEDİA ON STUDENTS' LEARNİNG MOTİVATİON*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Nabila Al MAGHFIROH

SESSION-2 HALL-10

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Khasna SALSABILA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*MARKETİNG STRATEGİES TO IMPROVE THE COMPETİTİVENESS OF MSMES*
Aulia Annisa ZAHRA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE INFLUENCE OF DİGİTAL WALLET USAGE ON STUDENTS' CONSUMER BEHAVİOR*
Kamalia Rhifatul FADILAH	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*ISLAMİC BANKİNG FİNANCİNG AND ITS IMPACT ON ECONOMİC GROWTH*
Vira putri UMAROJI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE INFLUENCE OF FİNANCİAL LİTERACY ON PUBLİC INTEREST İN SAVİNG AT ISLAMİC BANKS*
Deby Fridasari SAPUTRI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE ROLE OF DİGİTAL TECHNOLOGY İN IMPROVİNG EDUCATİON QUALİTY İN THE MODERN ERA*
Nabila Al MAGHFIROH	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java Indonesia*	*THE INFLUENCE OF CASHLESS PAYMENTS ON CONSUMER BEHAVİOR AMONG GENERATİON Z FROM AN ISLAMİC ECONOMİC PERSPECTİVE*
UVI LATIFA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java Indonesia*	*INTERPRETİNG QUR'ANİC LEGAL RULİNGS AND DEVELOPİNG HALAL ECONOMİC ETHİCS: A STUDY OF QUR'ANİC VALUES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE THE INFLUENCE OF ONLİNE SHOPPİNG ON STUDENTS' BUYİNG HABİTS*
Annika Diva Kustiyani EVI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java Indonesia*	*STRATEGİES TO IMPROVE UNİVERSİTY STUDENTS READİNG INTEREST İN THE DİGİTAL ERA*
Siti Nayla Bilqis	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*QUR'ANİC VALUES İN HALAL ECONOMİC ACTİVİTİES İN THE KALİ PAİNGAN KHAS ZONE*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: El Mahdi Bouabdalli

SESSION-2 HALL-11

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Faiza Akhter *Dr. Farhad Ali*	*Kohat University Of Science Technology, Kohat-2600, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan*	*DİSCOVERİNG SYMMETRİES OF ODES BY SYMBOLİC REGRESSİON*
Sahar Anwar *Saqib Waheed* *Muhammad Shafiq*	*Kohat University, Pakistan*	*ON THE PARAMETER AND RELİABİLİTY ESTİMATİON OF OBULEZİ DİSTRİBUTİON BASED ON FUZZY LİFE TİMES*
Tanzeela *Saqib Waheed* *Muhammad Shafiq*	*Kohat University of Science & Technology, Kohat*	*ON THE DEVELOPMENT OF POWER TYPE ACCELERATİON FUNCTİON FOR THE WEİBULL DİSTRİBUTİON İN ACCELERATED LİFE TESTİNG FOR FUZZY LİFE TİMES*
El Mahdi Bouabdalli *Mohamed El Jouad* *Samira Touhtouh* *Ilyass El kadmiri* *Nathalie Gaumer* *Mostapha Siniti* *Abdelowahed Hajjaji*	*Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco., Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco., Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco. Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier, F-49045 Angers Cedex 01, France.*	*ELUCİDATİNG STRUCTURE–OPTİCAL PROPERTY RELATİONSHİPS İN EU 3+ -DOPED STRONTİUM PHOSPHATE GLASSES: PROSPECTS FOR ADVANCED PHOTONİC AND PHOTOVOLTAİC APPLİCATİONS*
El Mahdi Bouabdalli *Mohamed El Jouad* *Samira Touhtouh* *Fouad Belhora* *Nathalie Gaumer* *El Kebir Hlil* *Abdelowahed Hajjaji*	*Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco., Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco., Université d'Angers, 2 bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 01, France. CNRS et Université Grenoble Alpes, BP 166, 38042, Grenoble, France.*	*MULTİPHYSİCS–JUDD–OFELT SYNERGY FOR UNDERSTANDİNG AND OPTİMİZİNG RED LUMİNESCENCE İN EU 3+ -DOPED SİLİCOPHOSPHATE SOL–GEL GLASSES*
Safwan Ali Rafi *Dr. Farhad Ali*	*Kohat University Of Science Technology, Kohat-2600, Khyber Pakhtunkhwa,Pakistan*	*ANALYSİS OF APPROXİMATE NOETHER SYMMETRİES İN THE FRAMEWORK OF HORNDESKİ GRAVİTY*
S. Asadi *A.Farajzadeh*	*Razi University, Kermanshah, Iran.*	*CONVERGENCE AND COMPARİSON OF NOOR, SP AND A-PLUS ITERATİONS FOR PARTİAL CONTRACTİONS*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

HEAD OF SESSION: Kayla Marsha AMELIA

SESSION-2 HALL-12

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Kayla Marsha AMELIA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*DEVELOPMENT AND ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN FOSTERİNG INCLUSİVE ECONOMİC GROWTH*
Agri Syifa' Lovianadinka	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid, Pekalongan*	*THE İMPLEMENTATİON OF İNTERACTİVE LEARNİNG MEDİA TO İMPROVE STUDENTS' UNDERSTANDİNG OF SUBJECT MATTER AT SMA 1 BOJONG*
Kayla Fitriani	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE IMPACT OF FİNANCİAL TECHNOLOGY INTEGRATİON ON SMALL AND MEDİUM ENTERPRİSE PERFORMANCE*
anisa MAWATI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE ROLE OF ISLAMİC BANKİNG İN SUPPORTİNG SUSTAİNABLE ECONOMİC DEVELOPMENT İN LOCAL COMMUNİTİES*
M. Nasrul Rusydi Al Arzaqina May Naila Khoiroh Nafal Fikri Syihabud Din	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*ECONOMİC GROWTH AND ECONOMİC DEVELOPMENT: STRATEGİES FOR INCLUSİVE AND SUSTAİNABLE PROSPERİTY*
Adhi Wira Pradana Sugiyantoro Muhammad Naziih Haniif Irfandi Rizqullah Sauqi Masda Qama Miftakhudin	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*TRADİTİONAL CULİNARY REGENERATİON İN BATANG REGENCY: CHALLENGES AND ADAPTİVE STRATEGİES İN THE GLOBALİZATİON ERA*
Syihabud Din Nafal Fikri May Naila Khoiroh M. Nasrul Rusydi Al Arzaqinaa	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*HALAL BRANDİNG AND DİGİTAL MARKETİNG FOR ENHANCİNG THE VALUE OF LOCAL CRAFT PRODUCTS: EVİDENCE FROM SARUNG GOYOR İN PEMALANG REGENCY*
Tabik Asghar Ramadhani Haikal Adzimil Anam Muhammad Hidayatullah Ghatfaan Alhamda Rahman M. Abdul Latif	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia,*	*THE KİRAB SEDEKAH BUMİ TRADİTİON İN GETAS PEJATEN VİLLAGE: PRESERVİNG LOCAL WİSDOM, RELİGİOUS MODERATİON, AND SOCİAL HARMONY*
Zahwa Aulia Khalimi Putri Evelyn Halilah Faiqoh Nala Dian Rosita Nabilla Ayu Fitriyani Laela Fazida	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia,*	*BATİK İN THE DİGİTAL ECONOMY*

31.10.2026
TÜRKİYE Local Time: 13:00-15:30

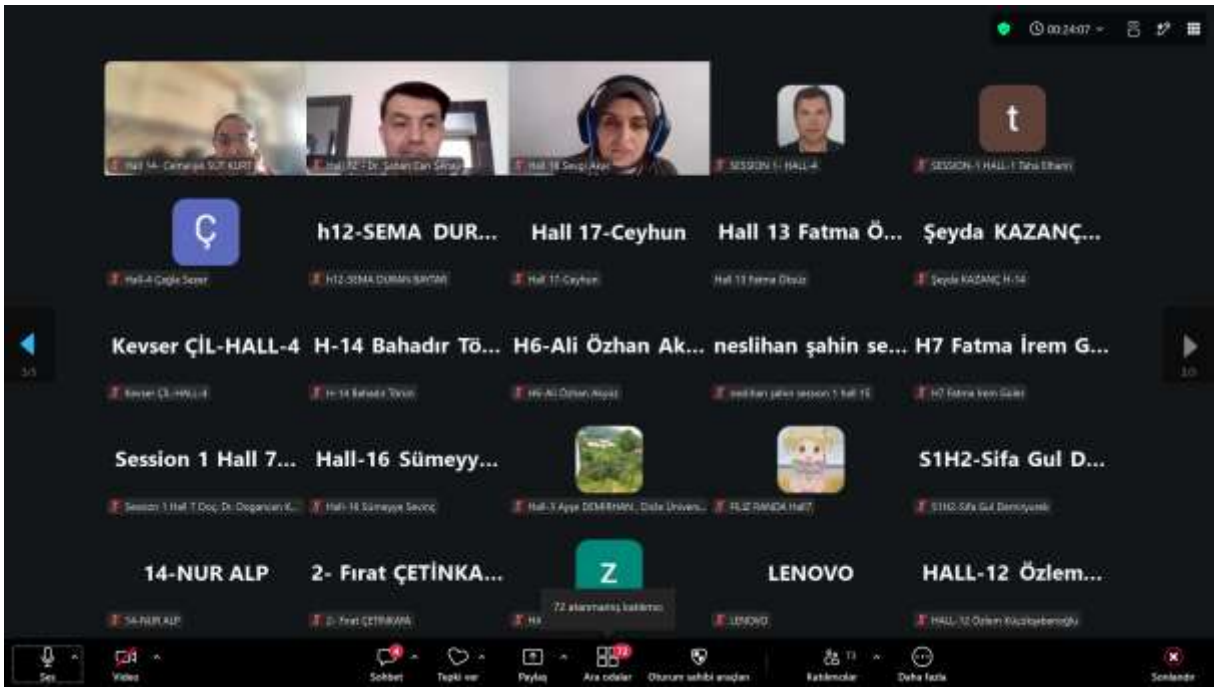
HEAD OF SESSION: Fahra OKTAVIANI

SESSION-2 HALL-13

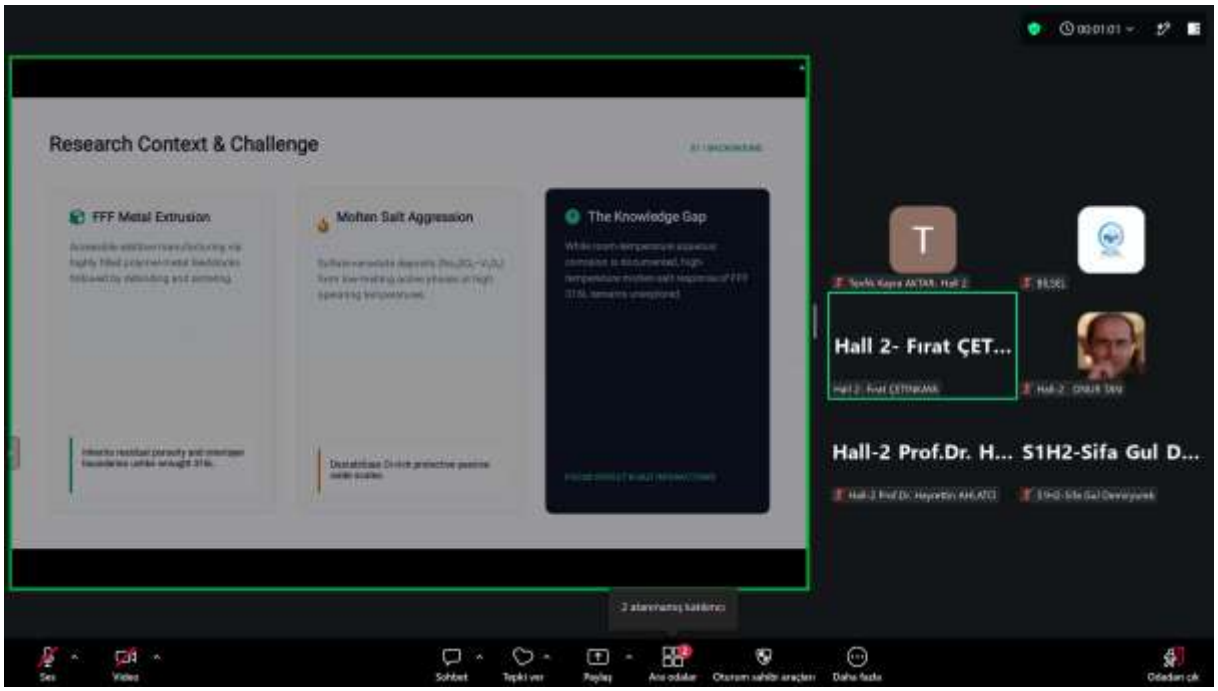
AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Fahra OKTAVIANI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*DİGİTAL TRANSFORMATİON AND BUSİNESS SUSTAİNABİLİTY STRATEGİES AMONG CULİNARY MSMES: OPPORTUNİTİES AND CHALLENGES*
Rahmadani Kurnia FATMA	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*AN ANALYSİS OF THE INFLUENCE OF ISLAMİC MOBİLE BANKİNG CONVENİENCE ON UNİVERSİTY STUDENTS' SAVİNG INTEREST İN THE DİGİTAL BANKİNG ERA*
Fina Husna Sulistiya Puji Astuti M. Rafi Fayyadh Roisah Al Mutmainah M. Misbakhul Anam	*Universitas Islam Negeri K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*DİGİTAL TRANSFORMATİON OF BATİK HERİTAGE AS A DRİVER OF CULTURAL IDENTİTY AND CREATİVE ECONOMY RESİLİENCE İN INDONESİA*
Galih Mahattirta Saka Ahmad Nauval Kirom Muhammad Syafiq Fatulloh I'tirof Fadli Nur Fauzan Dimas Mahdi Fauzan	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*ISLAMİC BANKİNG AND MSME FİNANCİNG*
Namira Clara Alicia Aninda Rahma Oktaviani Desy Perdani Yuris Puspitarani Saffana Fakhirah Norma Kartika Putri	*State Islamic University of KH Abdurrahman Wahid Pekalongan, Indonesia*	*DİGİTAL TRANSFORMATİON AS A MARKETİNG STRATEGY FOR INDONESİAN HALAL PRODUCTS İN THE INTERNATİONAL MARKET*
Lailatul FADHILAH	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE ROLE OF ISLAMİC FİNANCE İN PROMOTİNG FİNANCİAL INCLUSİON İN INDONESİA*
Fanni NURBAITI	*Islamic State University of K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Central Java, Indonesia*	*THE IMPACT OF SOCİAL MEDİA ON STUDENTS' ACADEMİC PERFORMANCE*

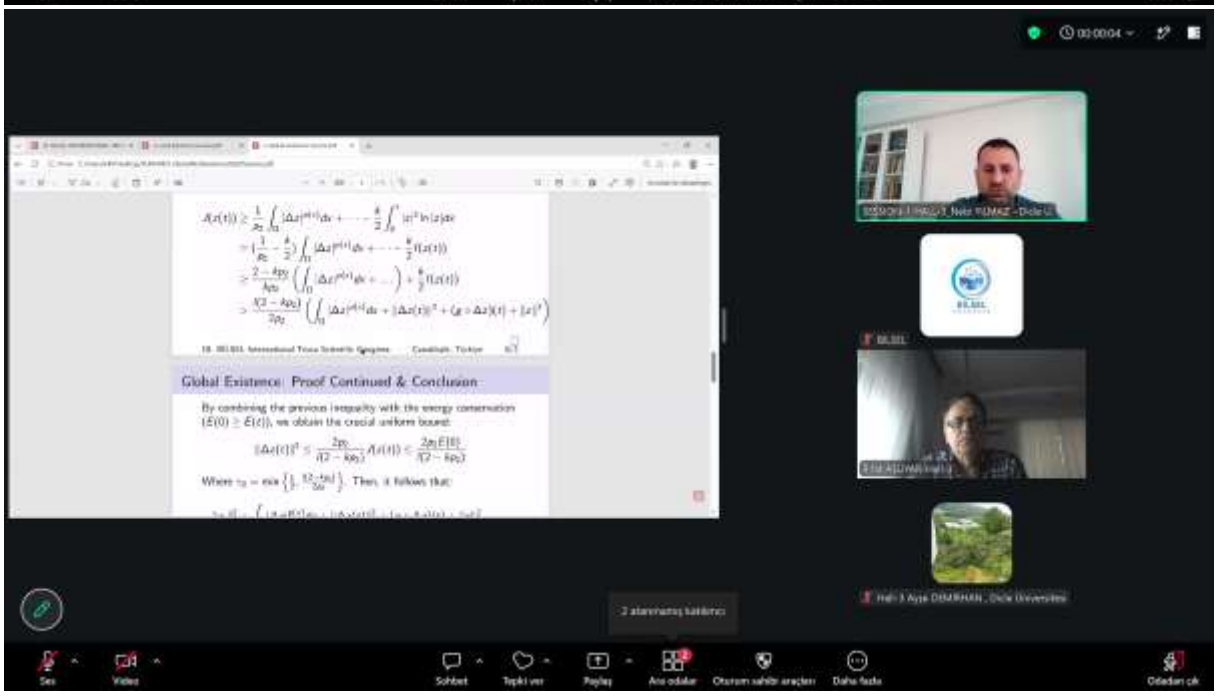


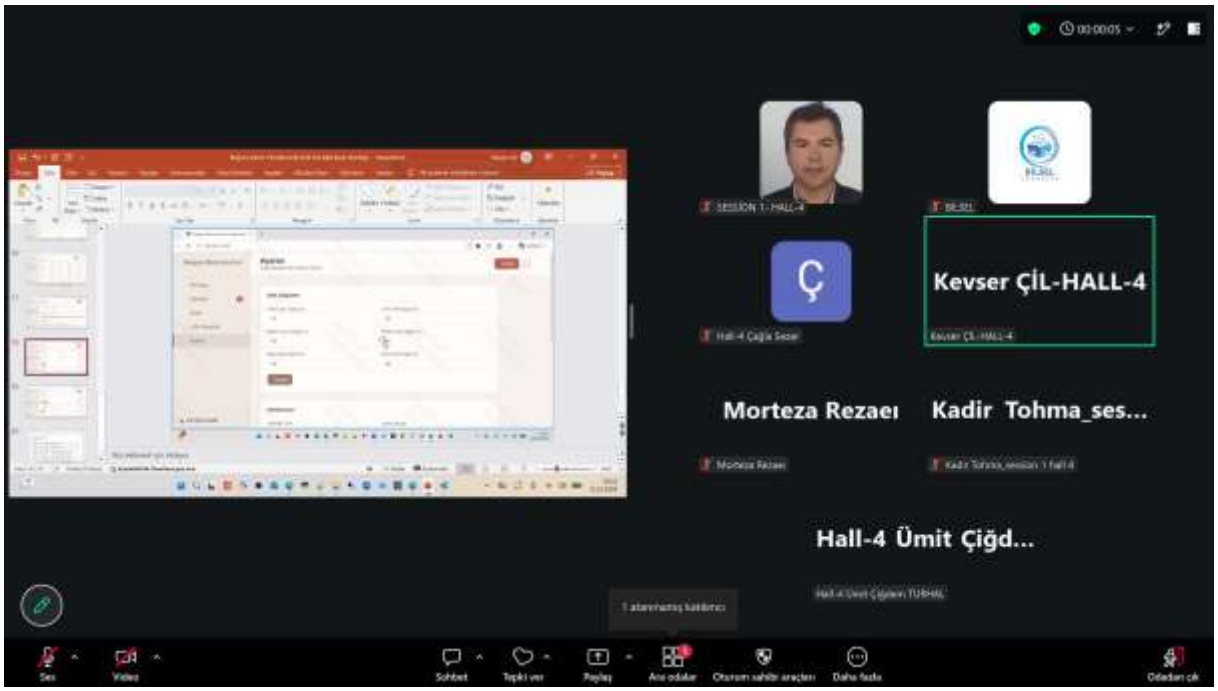


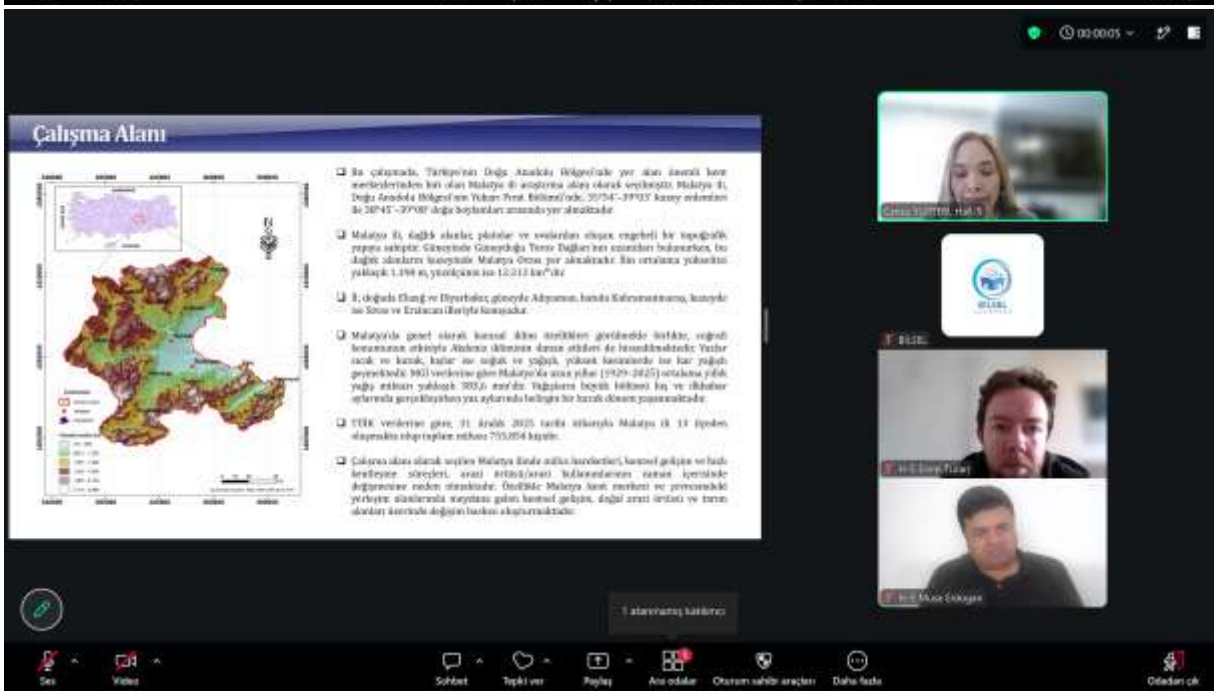

h12-SEMA DUR...
Hall 17-Ceyhun
Hall 13 Fatma Ö...
Şeyda KAZANÇ...
Kevser ÇİL-HALL-4
H-14 Bahadır Tö...
H6-Ali Özhan Ak...
neslihan şahin se...
H7 Fatma İrem G...
Session 1 Hall 7...
Hall-16 Sümeyy...
S1H2-Sifa Gul D...
14-NUR ALP
2- Fırat ÇETİNKA...
LENOVO
HALL-12 Özlem...

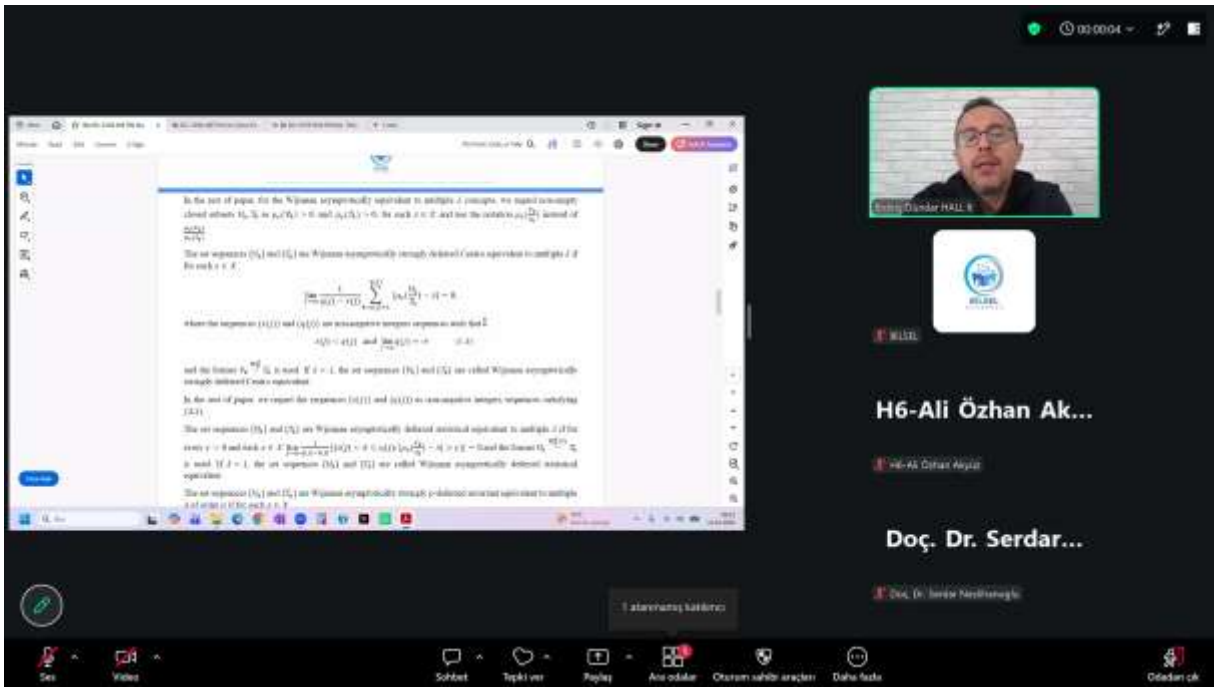

Yağ asidi sınıfları (toplam pik alanı, %)
Mesut GÖK sessi...
H1 Prof. Dr. Yusu...

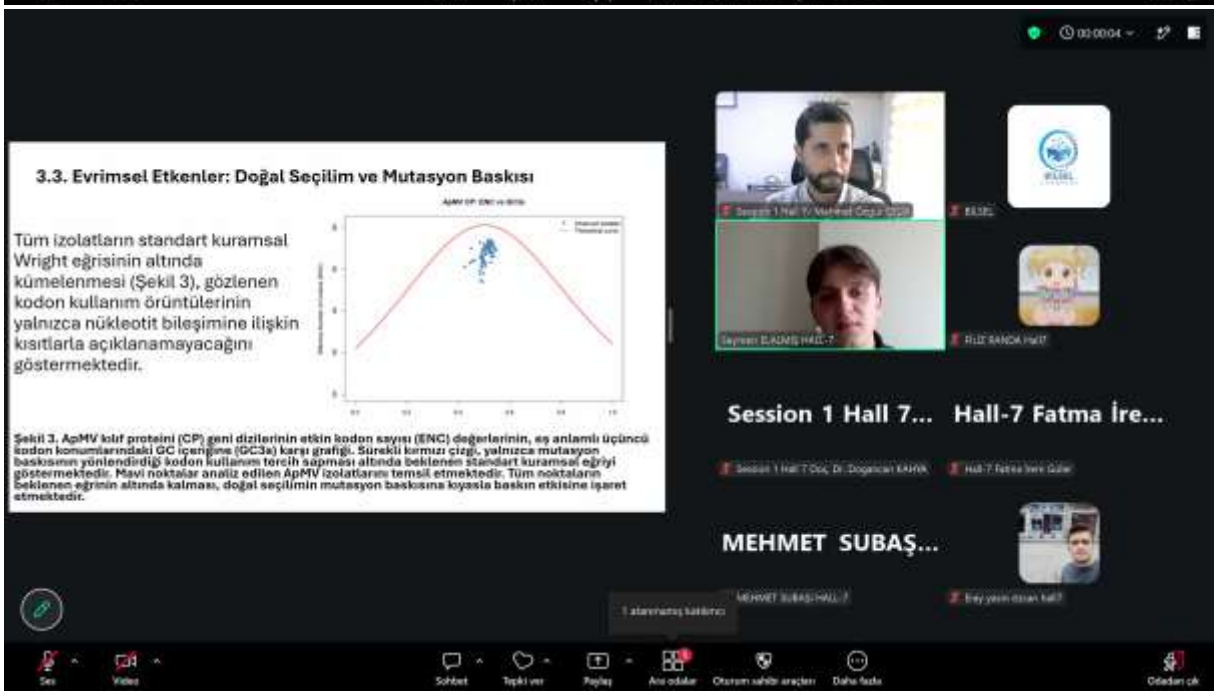

Research Context & Challenge
FFF Metal Extrusion
Molten Salt Aggression
The Knowledge Gap
Hall 2- Fırat ÇET...
Hall-2 Prof.Dr. H...
S1H2-Sifa Gul D...

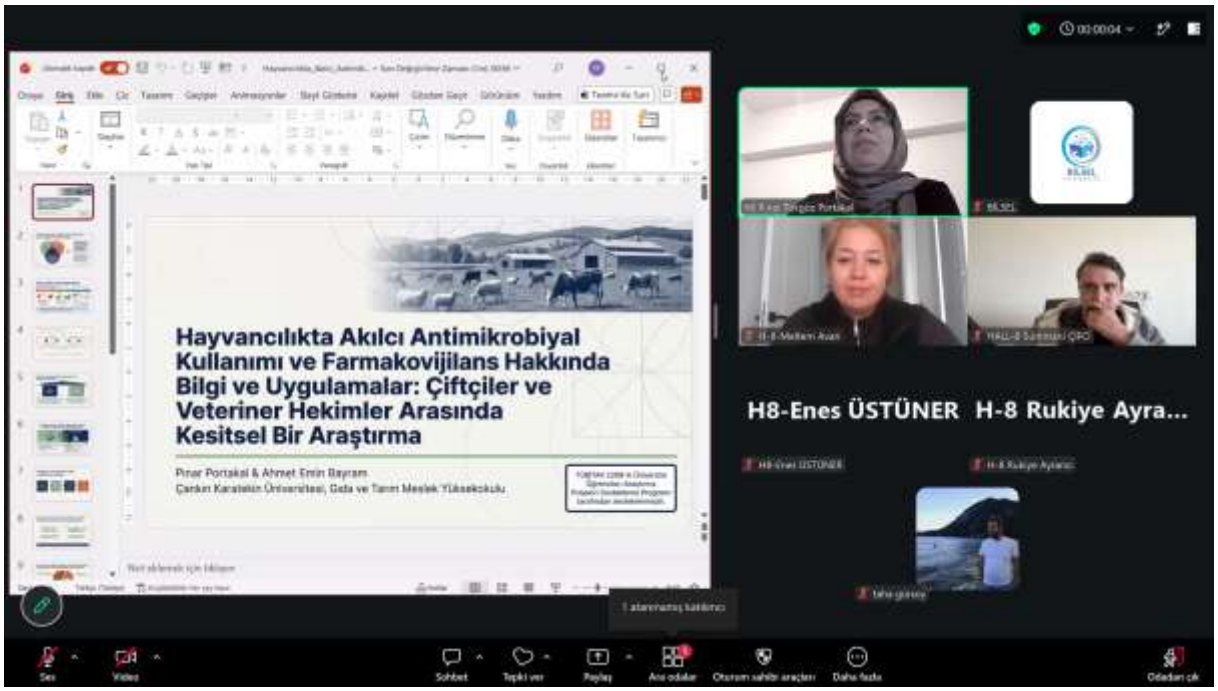

Global Existence: Proof Continued & Conclusion

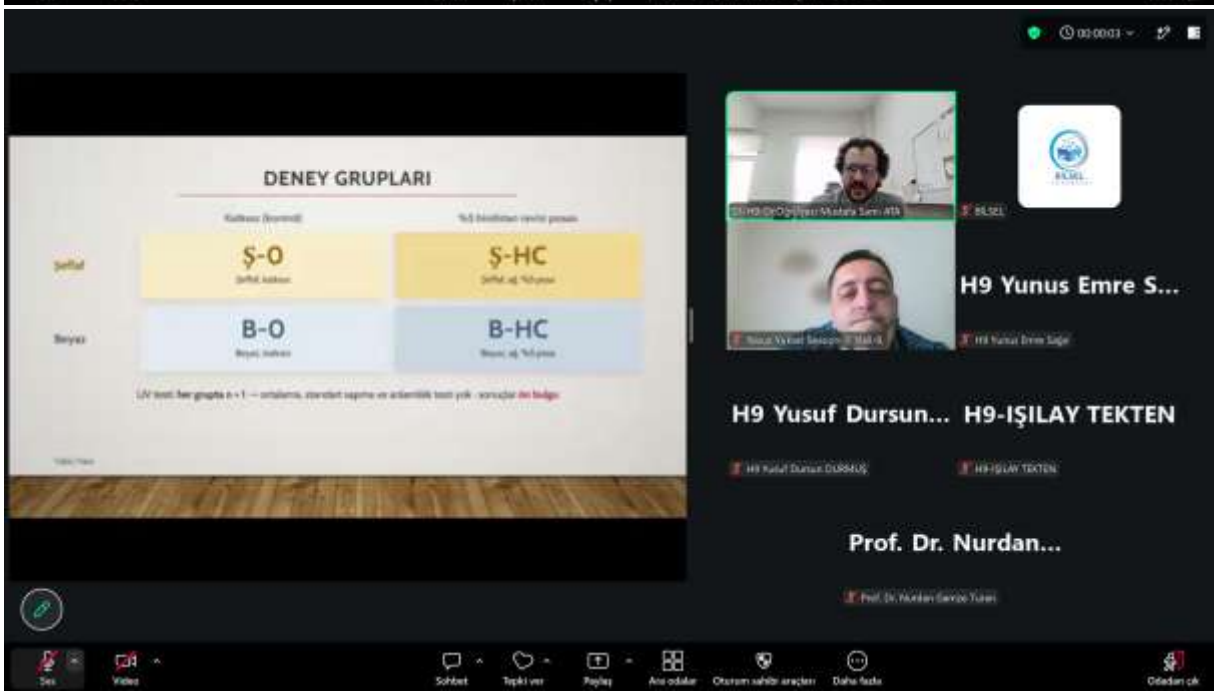

Kevser ÇİL-HALL-4
Morteza Rezaei
Kadir Tohma_ses...
Hall-4 Ümit Çiğd...


Çalışma Alanı

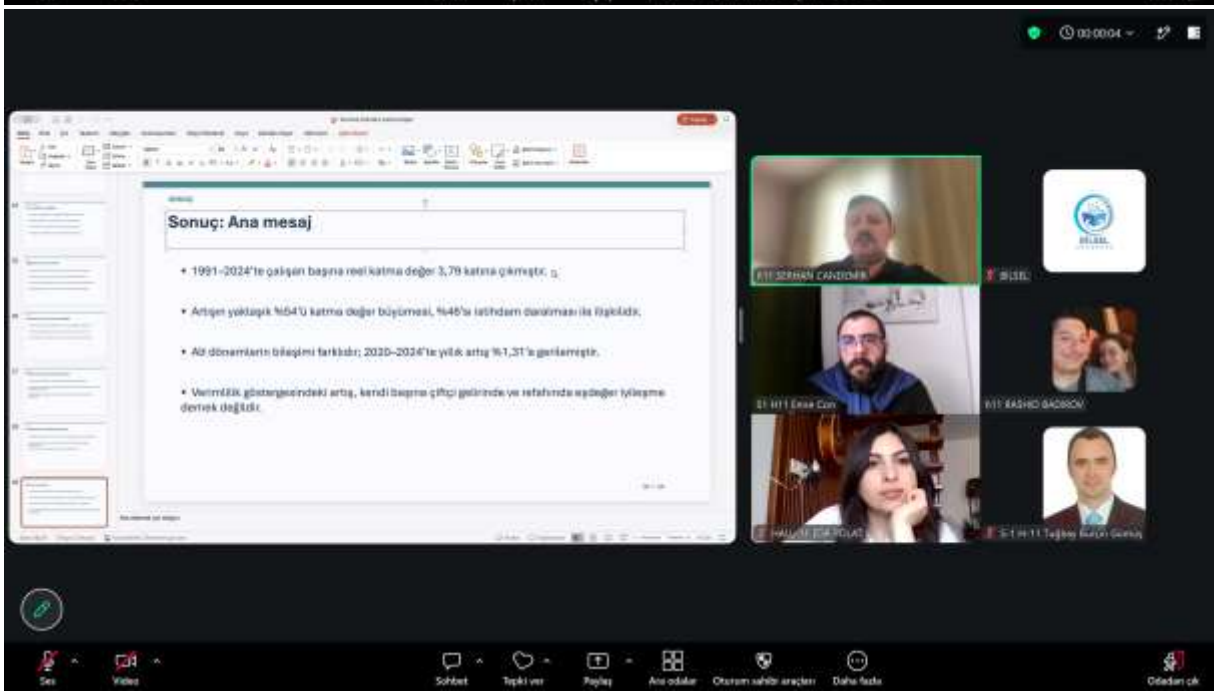

H6-Ali Özhan Ak...
Doç. Dr. Serdar...
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık

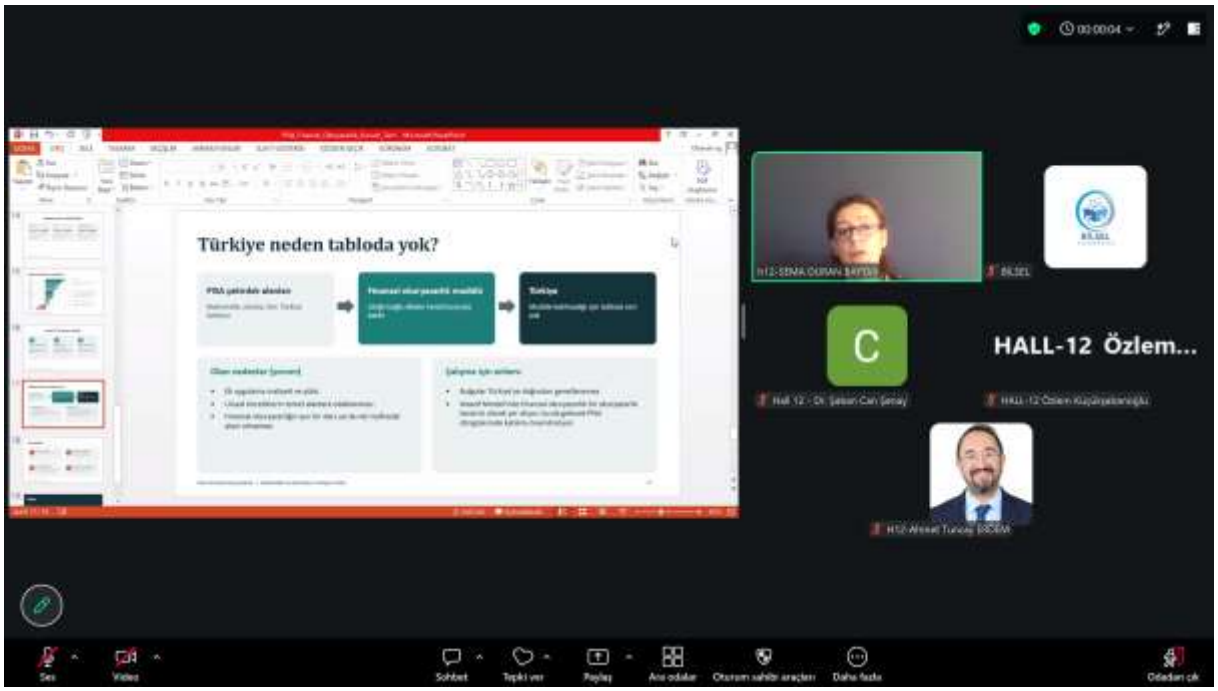

3.3. Evrimsel Etkenler: Doğal Seçilim ve Mutasyon Baskısı
Tüm izolatların standart kuramsal Wright eğrisinin altında kümelenmesi (Şekil 3), gözlenen kodon kullanım örüntülerinin yalnızca nükleotit bileşimine ilişkin kısıtlarla açıklanamayacağını göstermektedir.
Şekil 3. ApMV kılıf proteini (CP) geni dizilerinin etkin kodon sayısı (ENC) değerlerinin, eş anlamlı üçüncü kodon konumlarındaki GC içeriğine (GC3s) karşı grafiği. Sürekli kırmızı çizgi, yalnızca mutasyon baskısının yönlendirdiği kodon kullanım tercih sapması altında beklenen standart kuramsal eğriyi göstermektedir. Mavi noktalar analiz edilen ApMV izolatlarını temsil etmektedir. Tüm noktaların beklenen eğrinin altında kalması, doğal seçilimin mutasyon baskısına kıyasla baskın etkisine işaret etmektedir.
Session 1 Hall 7...
Hall-7 Fatma İre...
MEHMET SUBAŞ...
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık


Hayvancılıkta Akılcı Antimikrobiyal Kullanımı ve Farmakovijilans Hakkında Bilgi ve Uygulamalar: Çiftçiler ve Veteriner Hekimler Arasında Kesitsel Bir Araştırma
Pınar Portakal & Ahmet Emin Bayram
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu
H8-Enes ÜSTÜNER H-8 Rukiye Ayra...
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık

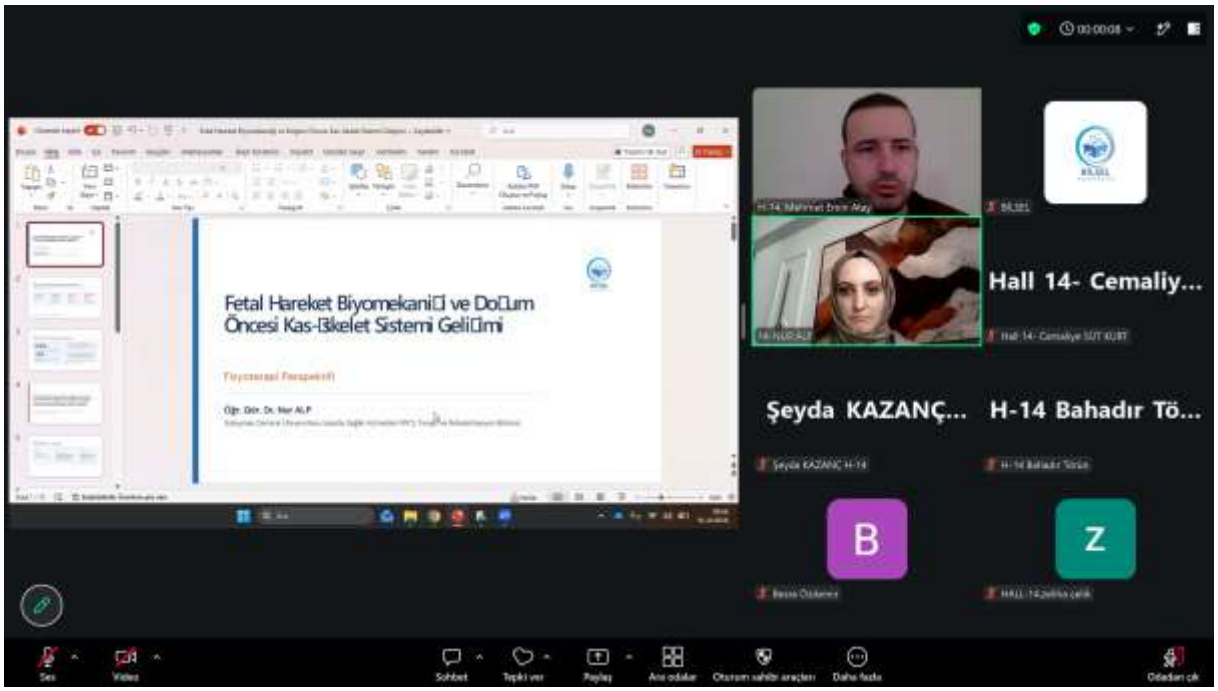

DENEY GRUPLARI
Şeftali
Ş-O
Ş-HC
Beyaz
B-O
B-HC
H9 Yunus Emre S...
H9 Yusuf Dursun... H9-IŞILAY TEKTEN
Prof. Dr. Nurdan...
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık

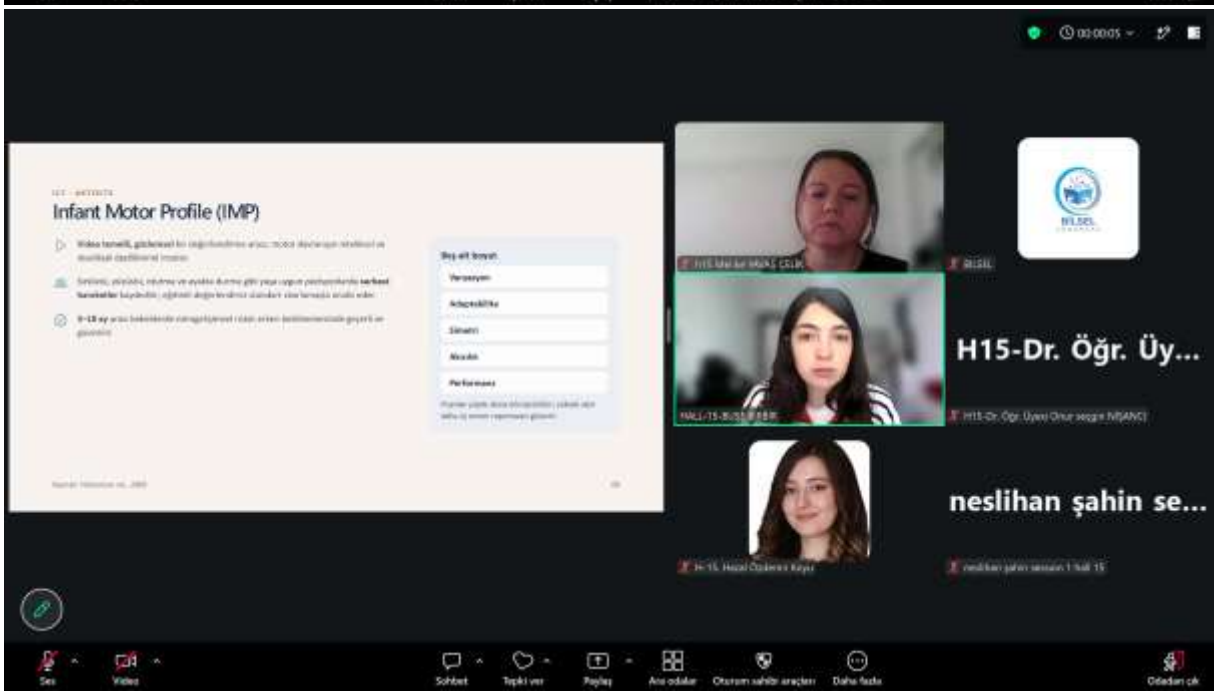

Değişken maliyet, tam maliyeti tamamlayan bir karar destek aracıdır
Tam maliyet bilgisi
Değişken maliyet bilgisi
Değişken maliyet yöntemi, tam maliyetin yerine geçen bir seçenek olarak değil, kısa vadeli kararlarda onu tamamlayan bir araç olarak ele alınmalıdır.
Hall 10 Özlem Ö...
C

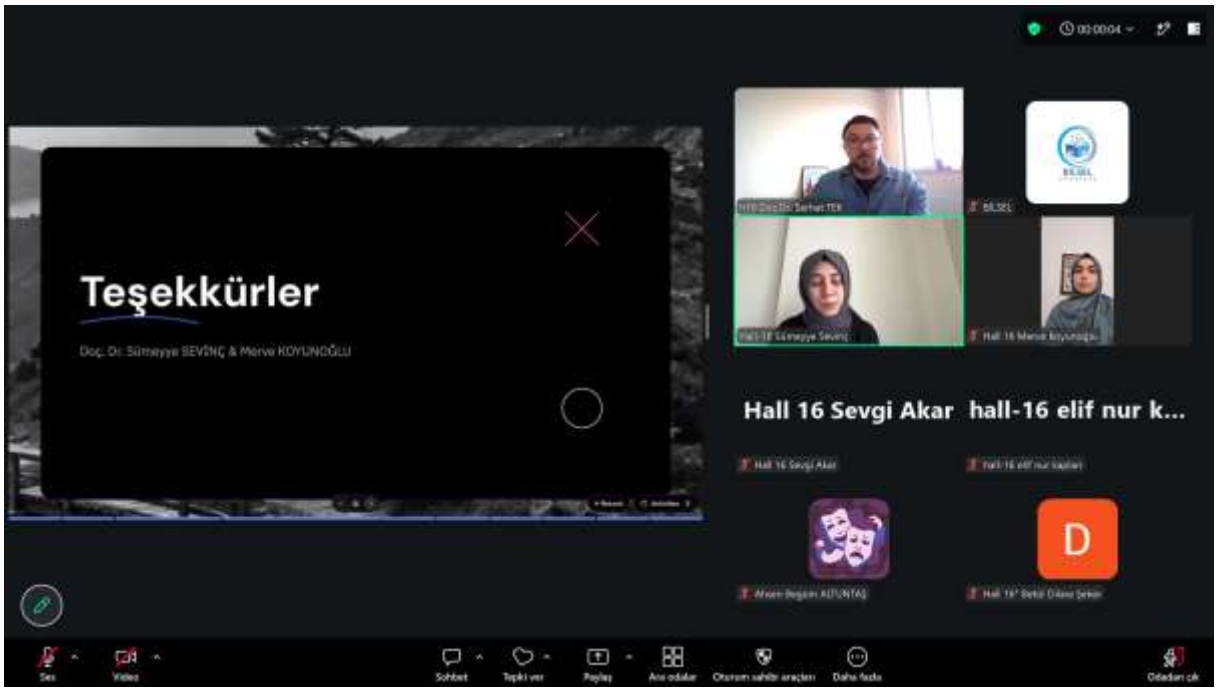

Sonuç: Ana mesaj
• 1991–2024'te çalışan başına reel katma değer 3,79 katına çıkmıştır.
• Artışın yaklaşık %64'ü katma değer büyümesi, %46'sı istihdam daralması ile ilişkilidir.
• Alt dönemlerin bileşimi farklıdır; 2020–2024'te yıllık artış %1,31'e gerilemiştir.
• Verimlilik göstergelerindeki artış, kendi başına çiftçi gelirinde ve refahında eşdeğer iyileşme demek değildir.

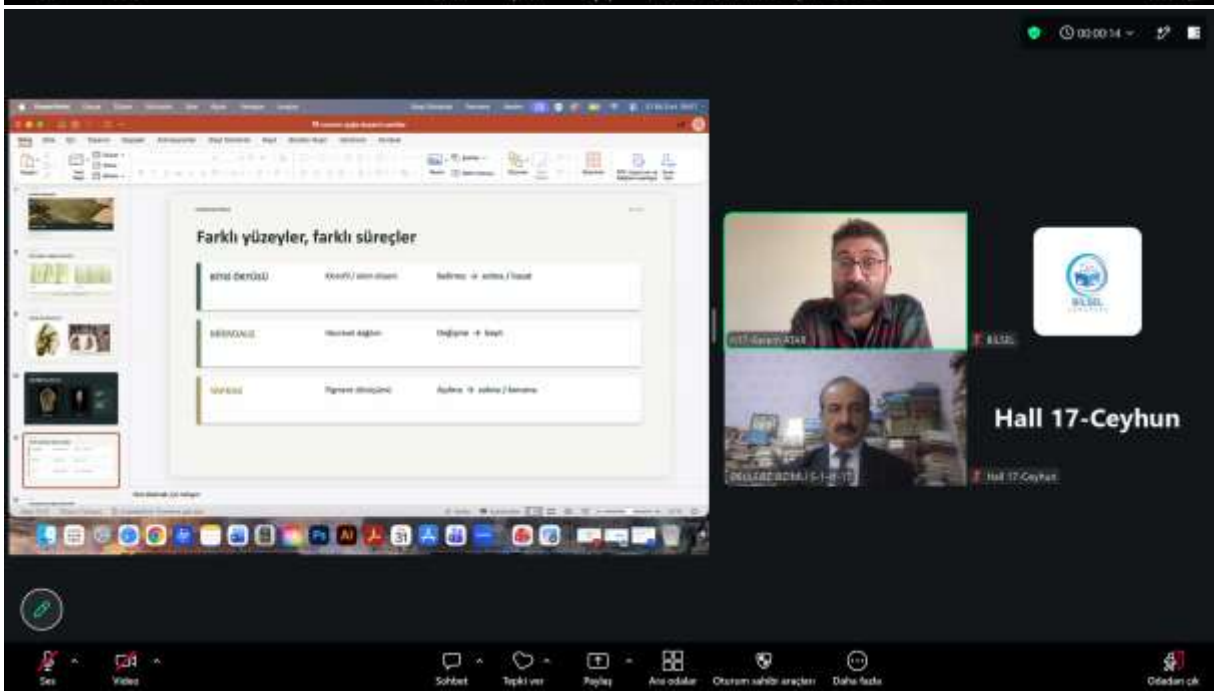

Türkiye neden tabloda yok?
HALL-12 Özlem...

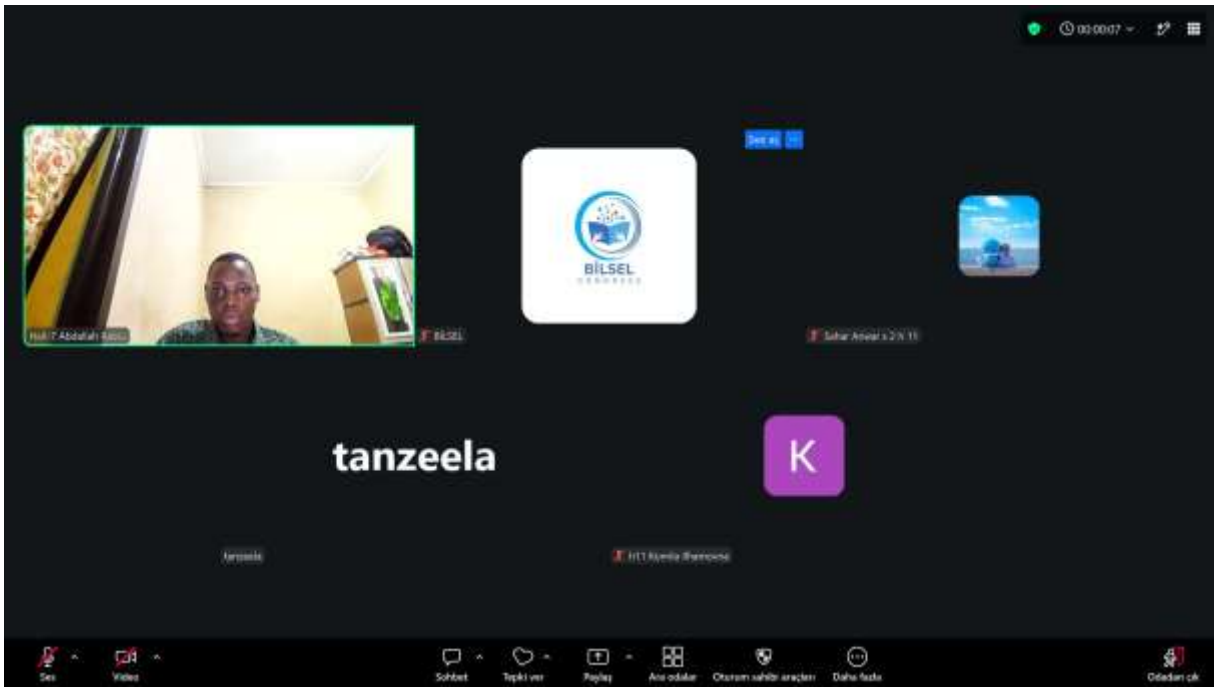


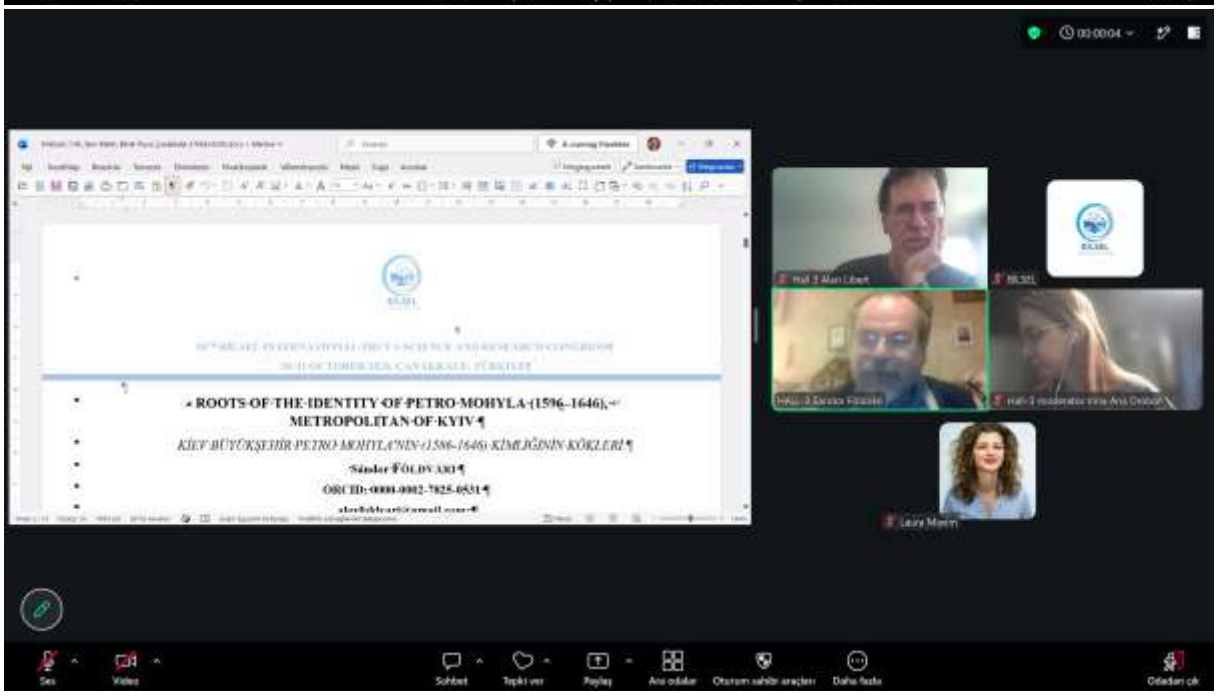

Fetal Hareket Biyomekani□ ve Do□um Öncesi Kas-İskelet Sistemi Geli□imi
Hall 14- Cemaliy...
Şeyda KAZANÇ...
H-14 Bahadır Tö...
B
Z
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık

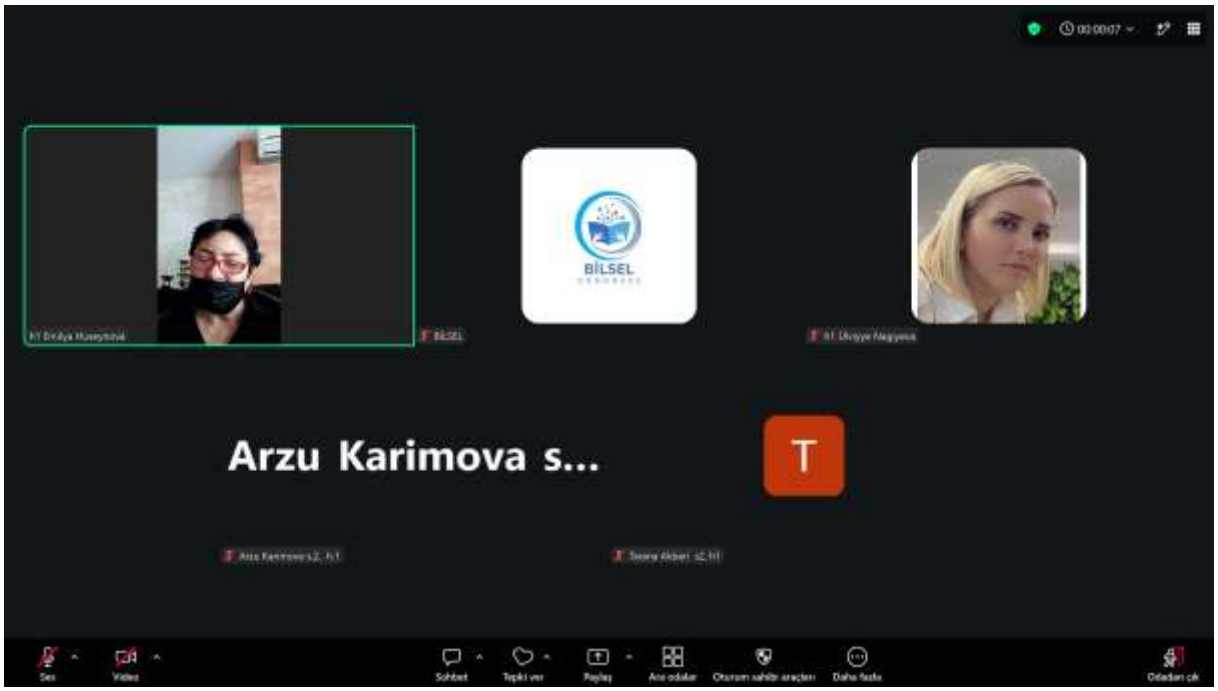

Infant Motor Profile (IMP)
H15-Dr. Öğr. Üy...
neslihan şahin se...
Ses
Video
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Ana odalar
Otorum sahibi araçları
Daha fazla
Odadan çık

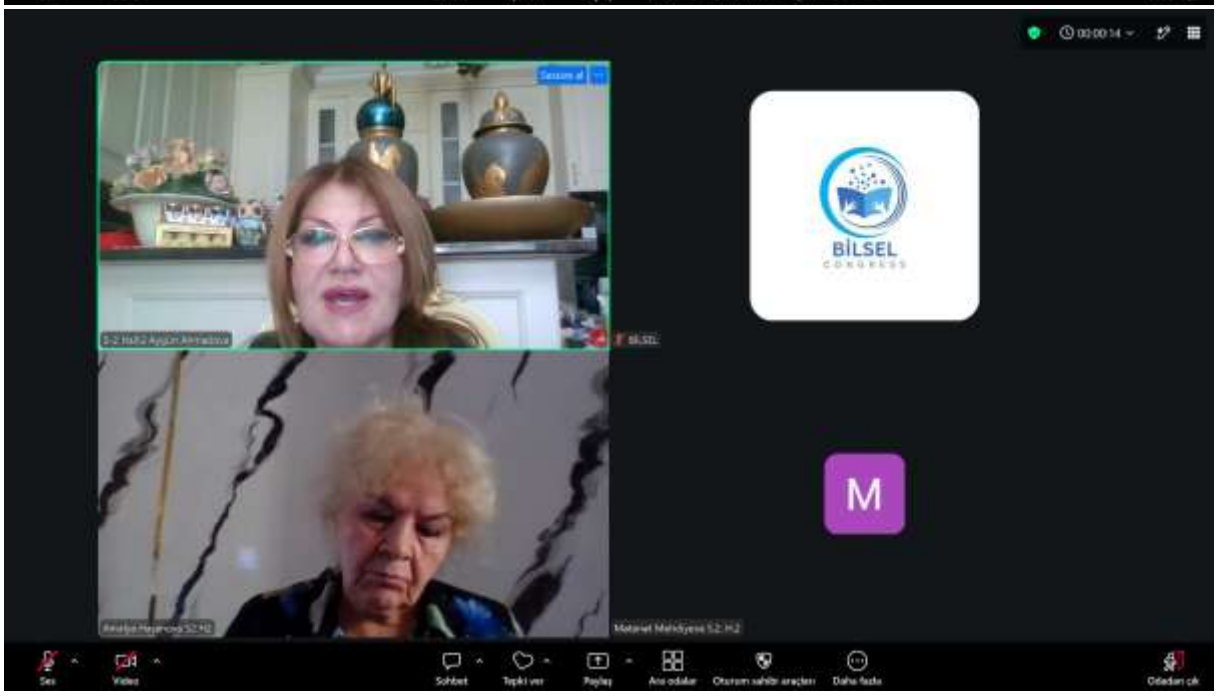

Teşekkürler
Doç. Dr. Süreyya SEVİNÇ & Merve KOYUNOĞLU
Hall 16 Sevgi Akar
hall-16 elif nur k...
D


Farklı yüzeyler, farklı süreçler
Hall 17-Ceyhun


tanzeela
K


ROOTS OF THE IDENTITY OF PETRO MOHYLA (1596–1646),
METROPOLITAN OF KYIV
KİEV BÜYÜKŞEHİR PETRO MOHYLA'NIN (1596-1646) KİMLİĞİNİN KÖKLERİ
Sünder FOLDVARI
ORCID: 0000-0002-7825-0531


Arzu Karimova s...
T
BİLSEL


BİLSEL
M