

CONFERENCE BOOK

www.bursakongresi.org

11 - 13 Temmuz 2025
Bursa

ACADEMIA

doi

SEMANTIC SCHOLAR

zenodo

OpenAIRE

StrikePlagiarism.com

CAS

Crossref

pubget

ESJI

CiteFactor

International Society of Universal Sciences

ROAD

Journal Seek

Google Scholar

WZB

NLM Catalog

WorldCat

Academic Search

getCITED

ResearchGate

BURSA

5. Uluslararası

Matematik ve

Mühendislik Kongresi

ISBN :978-625-5694-03-4

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE





BURSA 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING
JULY 11-13, 2025
BURSA

Edited By
ASSOC. PROF. DR. ABBAS GHAFARI

CONGRESS ORGANIZING BOARD
Head of Conferences : Prof. Dr. Naile Bilgili

Prof. Dr. Hülya Çiçek	Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Prof. Dr. Ali Bilgili	Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Prof. Dr. Naile Bilgili	Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Prof. Dr. Başak Hanedan	Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Prof. Dr. Hajar Huseynova	Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo	Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık
Prof. Zain Musa	Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz
Prof. Dr. Sameer Jain	Assoc. Prof. Dr. Sevrə Fırıncıoğulları
Prof Yakup Babayev	Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Prof. Dr. Suyatno	Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
Prof. Dr. Hasan Akan	Assist. Prof. Dr. Məhrukh Dovlatzadə
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli	Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak	Assist. Prof. Dr. Songül ATAĞ
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti	Lecturer Mehmet Nuri Ödük
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran	Dr. Fatih İ. Kurşunmaden
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın	Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Assoc. Prof. Dody Hartanto	Dr. Dadash Mehravari
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn	Dr. Gültekin Gürçay
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade	Dr. Aynurə Əliyeva
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi	Dr. Amaneh Manafidizajı
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur	

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House
Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

Academy Conference–2025 ©

CONFERENCE ID

BURSA
5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING

DATE – PLACE
JULY 11-13, 2025
BURSA

ORGANIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey – China, Taiwan, Malaysia, India, Iran, Serbia, Nigeria, Switzerland, Morocco,
Morocco, Brazil, Denmark, Lebanon, Australia, South Africa, Germany, Thailand, Pakistan,
Taiwan, , Portugal, Oman, Ghana, Russia, Libya, United Kingdom, Saudi Arabia, Saudi Arabia
Egypt-

PRESENTATION
Oral and Poster presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
At the conference, 24 paprs were presented by participants from Turkey and 44 papers
by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an
"official assignment letter"

Issued: 15.08.2025
ISBN: 978-625-5694-03-4

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Türkiye
Prof. Dr. Emine Koca – Türkiye
Prof. Dr. Fatma Koç – Türkiye
Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye
Prof. Dr. Ali Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Naile Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Başak Hanedan – Türkiye
Prof. Dr. Aysel Güven - Türkiye
Prof. Dr. Bülent Kurtişoğlu – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia
Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina
Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia
Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan
Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India
Prof. Dr. İzzet Gümüş – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Bayram – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan
Prof. Dr. Suyatno – Indonesia
Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia
Prof. Dr. Sameer Jain – India
Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran
Prof. Dr. Hasan Akan – Türkiye
Prof. Dr. Ika Maryani - Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sevrâ Fırıncioğulları - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekstan
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria

Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan
Assoc. Prof. Ali Vandshoari - İran
Assist. Prof. Dr. Göksel Ulay – Türkiye
Assist. Prof. K. R. Padma – India
Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania
Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Uzbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam
Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye
Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunaliyeva - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Türkiye

Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracığan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines
Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Türkiye
Dr. Mehmet Nuri Ödük – Türkiye
Dr. Ayşe Baran - Türkiye
Dr. Dadash Mehravari – Iran
Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Dr. Sonali Malhotra – India
Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran



BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING
JULY 11 - 13, 2025
BURSA

NO : AC- 5M - 2025. 458B– 2065

Konu : Akademik Teşvik Uygunluk Belgesi

20/08/2025

İLGİLİ MAKAMA

Bursa 5. Uluslararası Matematik ve Mühendislik kongresi, 11-13 Temmuz 2025 tarihlerinde Bursa’da 29 farklı ülkeden akademisyenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Kongre kapsamında sunulan 68 bildirinin 24’ü Türkiye’den, 44’ü ise farklı 29 ülkeden katılan akademisyenler tarafından sunulmuştur. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen “Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurt dışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışında en az beş farklı ülkeden sözlü tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarından fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır.” değişikliğine uygun olarak düzenlenmiştir.

Bilgilerinize arz ederiz

Saygılarımızla

www.akademikongre.org Prof. Dr. Naile Bilgili



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hemşirelik Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-98978265-100-1174800
Konu : Dilekçe(Prof. Dr. Naile
BİLGİLİ)

19.02.2025

Sayın Prof. Dr. Naile BİLGİLİ
Halk Sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi

İlgi : 17.02.2025 tarihli ve E-87008936-100- 1173474 sayılı yazı.

İlgi dilekçenizde belirttiğiniz "Yükseköğretim Kurulu'nun 15.06.2023 tarihli oturumunda doçentlik başvuruları şartları ile ilgili değişiklik önerileri kapsamında Sağlık Bilimleri Temel Alanı'nda gerçekleştirilecek olan madde 8'in Bilimsel Toplantı başlığı altındaki b bendi" uyarınca, Academy Global Conferences & Publishing (<https://www.akademikongre.org/registration>) tarafından 2025 yılında düzenlenecek olan bilimsel etkinliklerde görev alma talebiniz konusunda bilgilendirildim.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Sultan AYAZ ALKAYA
Dekan

Belge Doğrulama Kodu :BSCMHSP653

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/gazi-universitesi-ebys>



Emniyet Mahallesi Bandırma Caddesi No :6/1 06560 Yenimahalle/ANKARA
Tel:0 (312) 202 20 00 Faks:0 (312) 221 32 02
İnternet Adresi :<http://gazi-universitesi.gazi.edu.tr/>
Kep Adresi: gaziuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için :Onur Akın
Bilgisayar İşletmeni
Telefon No:0312 216 26 27



BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND
SOCIAL SCIENCES
BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS
BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND
ENGINEERING
JULY 11 - 13, 2025
BURSA

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- **Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderatör olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.**
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- **Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmasını moderatörler temin edecektir.**
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- **Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilir.**
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- **Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.**
- Sunum yapmak zorunludur. **Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması sözkonusu olamaz.**
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.
- **SADECE ÇALIŞMADA YAZAR OLARAK GEÇEN KİŞİLER SUNUM YAPABİLİR !**

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- 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 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.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

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.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Doç. Dr., Reyhan DEMİR ÖVEZ	1	Ahmet Güneştekin'in "Yoktunuz" Sergisi Üzerinden Bellek, Mitoloji ve Mekânsal Diyalog: Çağdaş Sanatta Felsefi Bir Yorum	Doç. Dr., Reyhan DEMİR ÖVEZ
		2	A BODY AT THE LIMIT OF VISUAL AESTHETICS: HERVÉ GUIBERT, AIDS AND THE VIOLATION OF REPRESENTATION	Assoc. Professor. EREN GÖRGÜLÜ
		3	THE AESTHETIC TRANSFORMATION OF FAILED PHOTOGRAPHY: 'FLAWED PHOTOGRAPHY' IN GELOY CONCEPCION'S PHOTOGRAPHIC PRACTICE	Assoc. Professor. EREN GÖRGÜLÜ
		4	KİŞİLİK ÖZELLİKLERİ İLE MÜKEMMELİYETÇİLİK ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	Prof. Dr. Selahattin AKPINAR Doç. Dr. Hande BABA KAYA Dr. Öğretim Üyesi Öznur AKPINAR Kübra ZENGİN
		5	SPORCULARIN BİLİŞSEL ESNEKLİK VE ZİHİNSEL DAYANIKLILIK DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	Doç. Dr. Hande BABA KAYA Prof. Dr. Selahattin AKPINAR Dr. Öğretim Üyesi Öznur AKPINAR Serhat KESER
		6	YETİŞKİNLERİN TRAVMA SONRASI BÜYÜME PUANLARININ ÇEŞİTLİ DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğr. Merve Nur KORKMAZ Prof. Dr. Kemal ÖZTEMEL
		7	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE DÜRTÜSELLİK İLE SOSYAL GÖRÜNÜŞ KAYGISI DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ	Dr.Öğr.Üyesi Ercan ARAS
		8	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE BENLİK SAYGISI İLE YAŞAM DOYUMU DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ	Dr.Öğr.Üyesi Ercan ARAS

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Prof. Dr. SONGÜL TÜMKAYA	1	AN EXAMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PRIMARY SCHOOL STUDENTS' MOTIVATION TOWARDS MATHEMATICS, SENSE OF ACHIEVEMENT, AND ATTITUDES TOWARDS MOBILE APPLICATIONS	Prof. Dr. SONGÜL TÜMKAYA
		2	AN EXAMINATION OF TEACHERS' PROFESSIONAL WORK RELATIONS	Prof. Dr. SONGÜL TÜMKAYA
		3	ÖĞRETMENLERDE AŞIRI İLETİŞİM YÜKÜNÜN YABANCILAŞMAYA ETKİSİ: SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI	Doç. Dr. EMİNE ATALAY Yüksek Lisans Öğrencisi NESRİN ÇETİN TEKELİ MEHMETCAN TEKELİ
		4	OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİNİN MERHMET DÜZEYLERİ İLE ÇOCUKLAR İÇİN KULLANDIKLARI MUTLULUK ARTIRICI STRATEJİLERİN İNCELENMESİ	Öğretmen, Ceylan GÜNGÖR Prof. Dr., İkbāl Tuba ŞAHİN SAK
		5	OKUL ÖNCESİ EĞİTİM ALAN VE ALMAYAN ÇOCUKLARIN EMPATİ KURMA BECERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	Öğretmen, FIRAT MATUR Prof. Dr. RAMAZAN SAK
		6	YAZILI SINAVLARDA GÜVENİRLİK ANALİZLERİNİN GENELLENEBİLİRLİK KURAMI İLE BİREY, MADDE VE DEĞERLENDİRİCİ VARYANSLARININ İNCELENMESİ	Arş. Gör. Bahtiyar DİLDEĞMEZ
		7	INTERACTION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MAP LITERACY: A STUDY ON GRADUATE GEOGRAPHY STUDENTS	İsmail Emin YAPAN Assoc. Prof. Dr. Cennet ŞANLI
		8	5. SINIF SOSYAL BİLGİLER DERS KİTAPINDA YER ALAN GÖRSELLERİN 2024 TASLAK SOSYAL BİLGİLER ÖĞRETİM PROGRAMI'NDAKİ DEĞERLER AÇISINDAN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, KORAY GİRGİN Doç. Dr., DAVUT GÜREL
		9	USE OF FOLK BELIEFS IN TEACHING TURKISH TO FOREIGNERS: NARRATIVE-BASED APPROACHES WITH EXAMPLES FROM ARDAHAN FOLK CULTURE	Dr. Elvan SALTAŞ KORKMAZ
		10	CURSES AND EUPHEMISTIC EXPRESSIONS IN ARDAHAN FOLK NARRATIVES: THEIR USE IN TEACHING TURKISH AS A FOREIGN LANGUAGE THROUGH CULTURAL MEMORY AND LINGUISTIC CODES	Dr. Elvan SALTAŞ KORKMAZ

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Öğretim Üyesi Yasin KARADENİZ	1	FACTORS AFFECTING THE LEVEL OF SATISFACTION OF INDIVIDUALS WITH THEIR HOUSES WITH THE PARTIAL PROPORTIONAL ODDS MODEL	Asst. Prof. Dr. Şeyda ÜNVER Prof. Dr. Ömer ALKAN
		2	RESEARCH OF FACTORS AFFECTING INDIVIDUALS' YOUTUBE USE IN TÜRKİYE	Prof. Dr. Ömer ALKAN Asst. Prof. Dr. Şeyda ÜNVER
		3	INEQUALITY PRODUCTION IN MODERN CAPITALISM AND THE POLITICAL ECONOMY OF INEQUALITY	Doç. Dr. Leyla Firuze ARDA Dr. Fatma Esra Soylu
		4	THE EFFECT OF TRADE OPENNESS ON BUDGET BALANCE: EVIDENCE FROM HIGH-INCOME AND MIDDLE-INCOME COUNTRIES	Dr. Öğretim Üyesi Yasin KARADENİZ
		5	DEMOCRATIC DECLINE IN THE U.S. AND INTERNATIONAL RELATIONS	Dr. Öğr. Üyesi Volkan KALENDER
		6	THE EXPANSION OF PRESIDENTIAL POWER IN THE UNITED STATES	Dr. Öğr. Üyesi Volkan KALENDER
		7	THE ROLE OF UAVS IN MODERN WARFARE	Dr. ELİF ASİYE BAŞER Assoc. Prof. Dr. MESUT ŞÖHRET

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Assoc. Prof. Dr., AYDANUR AYDIN	1	ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN SURGICAL NURSING: SUSTAINABLE SOLUTIONS FOR ALL	Assoc. Prof. Dr., AYDANUR AYDIN
		2	IN PURSUIT OF DIGITAL TRANSFORMATION: TECHNOLOGY-BASED APPLICATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES IN NURSING CARE	Assoc. Prof. Dr., AYDANUR AYDIN
		3	NUTRITIONAL STATUS AND FOOD SECURITY IN ELDERLY INDIVIDUALS IN THE POST-DISASTER PERIOD	Asst. Prof., Mehmet ÇAVDAR
		4	EFFECT OF PLANT-BASED DIET QUALITY ON GUT MICROBIOTA AND LOW-GRADE INFLAMMATION	Asst. Prof., Mehmet ÇAVDAR
		5	A Psychiatrist's Perspective on Incarcerated Patients: An Evaluation	Ass. Prof. Dr. Fatma Gül Helvacı ÇELİK
		6	PRESENCE OF MICROPLASTICS IN FOOD AND POSSIBLE EFFECTS OF DIETARY INTAKE ON FOOD SAFETY	Dr. Öğr. Üyesi Hakan TOĞUÇ Arş. Gör. Büşra HÖKELEK
		7	PSYCHOBOTICS AND DEPRESSION	Dr. Öğr. Üyesi Hakan TOĞUÇ Arş. Gör. Büşra HÖKELEK

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi	1	SIMULATING FUNDAMENTAL PROCESSES OF HUMAN CONSCIOUSNESS	Dr. Leila Haddad
		2	EXPLORING THE ROLE OF PSYCHOSOCIAL FACTORS IN ADDICTION RECOVERY: INSIGHTS FROM INDIA	Dr. Priya Mehta Dr. Arjun Desai
		3	IMPROVING ORGANIZATIONAL JUSTICE IN INCENTIVE ALLOCATION WITHIN THAILAND'S PUBLIC SECTOR	Assoc. Prof. Dr. Somchai Rattanapong
		4	GENDER DIFFERENCES IN AUTOBIOGRAPHICAL MEMORY AND ADAPTIVE RECOLLECTION STRATEGIES	Dr. Ainhua Etxebarria Dr. Rajiv Kumar
		5	THE IMPACT OF CULTURAL ANXIETY ON INTERNATIONAL STUDENTS AT WUHAN UNIVERSITY	Dr. Farid Al-Mansouri Dr. Li Na
		6	ADDRESSING RE-VICTIMIZATION: PSYCHOLOGICAL AND LEGAL PERSPECTIVES	Prof. Dr. Helena Novak
		7	NARRATIVE THEORY AND ORGANIZATIONAL CHANGE: CASE STUDIES OF MERGERS AND ACQUISITIONS	Dr. Omar Al-Farouq
		8	COMPARATIVE ANALYSIS OF ATTACHMENT PATTERNS IN NURSERY-RAISED AND FAMILY-RAISED CHILDREN IN IRAN	Assoc. Prof. Dr. Sahar Mohammadi

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assoc. Prof. Dr. Giulia Bianchi	1	TRUST DYNAMICS AND LEARNING BEHAVIORS IN VIRTUAL TEAM ENVIRONMENTS	Prof. Dr. Amina Yusuf Dr. Samuel Okeke
		2	ENHANCED AUTOMATED DIFFERENTIATION BETWEEN ALCOHOL DEPENDENCE AND SOBRIETY	Dr. Farid Rahman
		3	RHETORICAL STRATEGIES IN COGNITIVE SCIENCE DISCOURSE: ANALYSIS OF COGNITIVE NEUROSCIENCES (2004) IN SCIENTIFIC COMMUNICATION	Lucia Moretti Assoc. Prof. Dr. Giulia Bianchi
		4	MORAL REASONING AND BEHAVIORAL PATTERNS IN ADULTHOOD	Carlos Mendoza Elena García
		5	INVESTIGATIONS INTO THE ROLE OF EMOTIONS IN MORAL DECISION-MAKING	Dr. Ahmed El-Sayed
		6	EFFECTS OF PROBABILITY AND INSTRUCTION ON SYLLOGISTIC CONDITIONAL REASONING	Ivan Dimitrov
		7	ANALYZING KANJI CHARACTER RECOGNITION PROCESSES USING EEG SIGNALS	Hiroto Tanaka Kenji Nakamura
		8	INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING INTRODUCTORY STATISTICS IN HEALTH, SOCIAL, AND BEHAVIORAL SCIENCES: HISTORICAL PERSPECTIVES AND JUSTIFICATIONS	Dr. Maria Rossi

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Helena Schmidt	1	A COGNITIVE FRAMEWORK FOR CLASSIFYING FREQUENCY SIGNALS	Rui Santos Fernando Oliveira
		2	IMPACT OF ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES ON WOMEN'S EXPERIENCES IN NEW DELHI: A FEMINIST ANALYSIS	Dr. Anjali Mehta
		3	ADDRESSING THE MISUSE OF LEGAL AUTHORITY IN SOCIETY	Dr. Olufemi Adeyemi
		4	URBAN POVERTY AND SOCIAL STRUCTURES: THE ROLE OF INVOLUNTARY RELATIONSHIPS	Dr. Farid Al-Mansouri
		5	TECHNICAL KNOWLEDGE TRANSFER AND THE CHALLENGES OF TRANSLATING SPECIALIZED TEXTS	Dr. Youssef El-Khatib
		6	THE INFLUENCE OF ISLAMIC ART TRADITIONS ON OMANI TEXTILE MOTIFS	Dr. Aisha Al-Harthy
		7	MANAGING COMPLEXITY IN SYSTEM DESIGN: PARADIGMS, FORMALISMS, AND TRANSFORMATION TECHNIQUES	Dr. Karim Ben Saad Dr. Laurent Dupont
		8	EUROPE'S INFLUENCE IN LIBERTY, SECURITY, AND JUSTICE: A STUDY OF ITS ROLE AS AN INTERNATIONAL ACTOR	Assoc. Prof. Dr. Helena Schmidt
		9	MIGRATION PATTERNS AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO OUT-MIGRATION IN GEORGIA	Nino Giorgadze

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Mariana Costa	1	ANALYZING STUDENTS' RESPONSES TO THE MODIFIED RORSCHACH COMPREHENSIVE SYSTEM: A PSYCHOLOGICAL PERSPECTIVE	Thabo Mokoena, Sipho Dlamini, Naledi Khumalo
		2	MOTIVATIONAL FACTORS AND OBSTACLES TO RECYCLING IN KOTA KINABALU, MALAYSIA	Nurul Aisyah, Faridah Hassan, Lim Wei Jie,
		3	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF METAPHOR THERAPY ON DEPRESSION IN FEMALE UNIVERSITY STUDENTS	Dr. Fatemeh Hosseini
		4	INVESTIGATING SECOND LANGUAGE WRITING AND SENSITIVITY IN NON-ENGLISH LANGUAGE TASKS: PROFICIENCY ANALYSIS	Dr. João Pereira, Dr. Mariana Costa
		5	HIERARCHICAL MODELING OF COGNITIVE AND BEHAVIORAL DIFFICULTIES IN UNDERREPRESENTED POPULATIONS	Li Wei, Chen Ming
		6	COMPARING MUSICAL NOTATION AND ALPHABET READING: TEACHING IMPLICATIONS FOR DYSLLEXIC LEARNERS	Assoc. Prof. Dr. Rachel Stein
		7	ANALYSIS OF FATIGUE AND DROWSINESS AMONG NIGHT-TIME PASSENGER TRANSPORT WORKERS IN JAPAN	Kenji Nakamura
		8	UTILIZING DIGITAL GAMING FOR EDUCATIONAL SUPPORT: STRATEGIES TO ADDRESS LEARNING CHALLENGES	Dr. Eleni Papadopoulou
		9	THE INTERPLAY BETWEEN JOB SATISFACTION, MOTIVATION, AND ORGANIZATIONAL CITIZENSHIP BEHAVIOR	Dr. Faisal Ahmed

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Dr. Lucia Cirelli	1	CHALLENGES IN LEGAL REGULATION OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IN INNOVATION ACTIVITIES: AN INSTITUTIONAL APPROACH IN RUSSIA	Wei Zhang
		2	EXPLORING LEADERSHIP BEHAVIOR, SAFETY CULTURE, AND PERFORMANCE IN THE HEALTHCARE INDUSTRY: A COMPREHENSIVE STUDY	Liang Chen Mei Lin
		3	COMPARATIVE ANALYSIS: ASSESSING TRAINED INSPECTORS' PERFORMANCE ACROSS VARIED WORKLOADS VIA FEEDFORWARD VS. FEEDBACK TRAINING APPROACHES	Assoc. Prof. Dr. Anan Phongchai
		4	ASSESSING OPERATIONAL RISKS IN MALAYSIAN HIGHWAY PROJECTS	Assoc. Prof. Dr. Ahmad Zulkifli Dr. Nurul Huda
		5	BEST PRACTICES FOR CRAFTING TENDERS IN MALAYSIA'S BUILDING CONSERVATION PROJECTS	Dr. Siti Aishah
		6	THE INDEX OF SUSTAINABLE FUNCTIONALITY: A TOOL FOR ASSESSING SUSTAINABILITY	Assoc. Prof. Dr. Tao Guang Dr. Lucia Cirelli
		7	EXAMINING KNOWLEDGE SHARING BEHAVIOR IN E-COMMUNITIES THROUGH THE LENS OF TRANSACTION COST THEORY	Teresa Ju Chang Wu
		8	ADVANCING AN EFFICIENT FRAMEWORK FOR SECURE MOBILE APPLICATION DESIGN, DEVELOPMENT, AND UTILIZATION	Mohamed Serhan Rachida Abdelghani Rabeb Benharref

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Assis. Prof. Fatima Adebayo	1	EXAMINING THE IMPACT OF ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGY ON WOMEN'S WELL-BEING IN LAGOS	Assis. Prof. Fatima Adebayo
		2	ANALYZING THE ABUSE OF LEGAL AUTHORITY WITHIN LOCAL COMMUNITIES	Kwame Mensah
		3	THE INTERPLAY BETWEEN SOCIAL STRUCTURES, INVOLUNTARY CONNECTIONS, AND URBAN MARGINALIZATION	Ali Rezaei
		4	KNOWLEDGE TRANSFER AND TRANSLATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION ACROSS BORDERS	Dr. Leila Hassan
		5	THE INFLUENCE OF ISLAMIC ART ON TEXTILE DESIGN IN MOROCCO	Amina Benali
		6	NAVIGATING COMPLEX SYSTEM ARCHITECTURES: MODELS, STRUCTURES, AND DYNAMIC ADAPTATIONS	Jean-Pierre Dubois Sophie Leclerc
		7	ASSESSING THE ROLE OF THE EUROPEAN UNION IN PROMOTING LIBERTY, SECURITY, AND JUSTICE GLOBALLY	Dr. Isabelle Moreau
		8	PATTERNS AND DRIVERS OF EMIGRATION FROM UKRAINE	Assoc. Prof. Dr. Olena Shevchenko
		9	A COMPREHENSIVE EVALUATION OF OPEN DATA PORTALS AS EMERGING PUBLIC E-SERVICES	Jan Novák

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Amaneh M	1	An Examination of the Impact of Mothers' Reward and Punishment Responses to the Behaviors of Their 3–6-Year-Old Preschool Children on the mother–Child Relationship	Yüksek Lisans Öğrencisi Dilek NARMANLI Doç. Dr. Yaşar BARUT Araş. Gör. Emre DEMİRTAŞ Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		2	SAĞLIK BİLİMLERİ FAKÜLTESİ ÖĞRENCİLERİNİN ÖZ ELEŞTİREL RUMİNASYON DÜZEYLERİNİN YORDAYICISI OLARAK OLUMSUZ DEĞERLENDİRİLME KORKULARININ İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Merve DAĞ Doç. Dr. Yaşar BARUT Araş. Gör. Emre DEMİRTAŞ Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		3	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN PRESCHOOL CHILDREN'S EPISTEMIC CURIOSITY LEVELS AND CREATIVITY LEVELS	Yüksek Lisans Öğrencisi Nisa DAMAT Doç. Dr. Yaşar BARUT Araş. Gör. Emre DEMİRTAŞ Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		4	EXAMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN ADOLESCENTS PERCEPTIONS OF THEIR SOCIAL MEDIA IMAGE AND THEIR EMOTIONAL REGULATION SKILLS	Yüksek Lisans Öğrencisi Şule Betül KIRIM Doç. Dr. Yaşar BARUT Araş. Gör. Emre DEMİRTAŞ Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		5	THE PSYCHOLOGICAL WELL-BEING AND SOCIAL IMPACT OF SPORTS ON UNIVERSITY STUDENTS	Lisans Öğrencisi Hamzeh KARZOUN Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		6	EXPLORING SPORT SCIENCES STUDENTS' ATTITUDES TOWARD ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND METAVERSE AWARENESS	Yüksek Lisans Öğrencisi Nuray TEMİZ Prof. Dr. Soner ÇANKAYA
		7	POST-CRYOPRESERVATION MORPHOLOGICAL EVALUATION OF BULL SPERM: A COMPARATIVE STUDY OF DIFF QUICK ® AND PAPANICOLAOU ® STAINING METHODS	Dr. Burcu ESİN

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Doktor Öğretim Üyesi, YASİN AKINCI	1	Coaches are aware of the importance of health education in the formation of young people in football A descriptive study on the coaches of football schools – Algeria	D. Marouf Said, D. Zamam AbdelRahman, Prof. Saadaoui Mohamed, D. Amina djaafar,
		2	EXAMİNİNG THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SELF-EFFİCACY LEVELS OF FOOTBALL PLAYERS COMPETİNG İN AMATEUR FOOTBALL TEAMS İN MUŞ PROVİNCE AND THE CAUSES OF SPORTS İNJURİES	Dr. Lecturer Harun KOÇ
		3	REVIEW OF BODY POSTURE ASSESSMENT METHODS: SYSTEMATIC REVIEW	Müge Gözde İNAN Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Özden YURDAKUL Dr. Öğr. Üyesi Barış BAYDEMİR
		4	EXAMINATION OF OCCUPATIONAL SATISFACTION LEVELS OF RECREATIVE SPORTS COACHES IN TERMS OF DIFFERENT VARIABLES	Karbuse ŞENKAL Associate. Prof. Dr., Turan ÇETİNKAYA
		5	SPOR BİLİMLERİ ÖĞRENCİLERİNDE EKRAN SÜRESİ VE BOYUN AĞRISI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	Doktor Öğretim Üyesi, YASİN AKINCI
		6	İLKÖĞRETİM 5. SINIF ÖĞRENCİLERİNDE MÜFREDAT DIŞI FUTBOL ÇALIŞMALARININ BENLİK SAYGISI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	Doktor Öğretim Üyesi, YASİN AKINCI
		7	Race Analysis of Speed Variables Based on the Results of the Women's 100m at the Paris 2024 Olympic Games	Utku Duman Prof. Dr. Işık Bayraktar
		8	Analysis of Paris 2024 Olympic Games 110 m Hurdles Competition on the Basis of Speed Variables	Utku Duman Prof. Dr. Işık Bayraktar

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Öğr. Gör. Dr. EMRAH DURGUT	1	FARKLI BAĞLAYICI TÜRLERİNİN SERAMİK DUVAR KAROSU BÜNYESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	Öğr. Gör. Dr. EMRAH DURGUT
		2	EFFECT OF PLASTIC WASTE ON PROPERTIES OF CONCRETE	Dr. DEMET YAVUZ
		3	A STUDY ON THE USE OF DEWATERED MARBLE SLUDGE WASTE IN THE PRODUCTION OF GARDEN CONCRETE KERBS	Prof. Dr., Lütfullah GÜNDÜZ Assist. Prof. Dr., Şevket Onur KALKAN
		4	USE OF MARBLE QUARRY DIAMOND WIRE SAW SIZING POWDER IN CEMENT BASED SELF-LEVELING SCREED MORTAR	Prof. Dr., Lütfullah GÜNDÜZ Assist. Prof. Dr., Şevket Onur KALKAN
		5	YAZARLAR GÖZÜNDEN BİR “YER”İN DÖNÜŞÜMÜ: BAB-I ALİ	Mimar, Muhammet Bahadırçan Günay Doç. Dr, Yasemen SAY ÖZER
		6	ANTOSİYANİN YANSIMA İNDEKSİ (ARI): GELİŞİMİ, TEKNİK TEMELLERİ VE PEYZAJ PLANLAMASINDAKİ ROLÜ	Dr.Öğr.Üyesi,Talha Aksoy

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Doç. Dr. Olcay TURAN	1	TREATİSES AND SCİENTİFİC HERİTAGE OF QUSHAYRİ	Assistant professor, Davronbek Kodirov
		2	USE OF TRIBULUS IN ANCIENT TIMES	Doç. Dr. Olcay TURAN
		3	DEMETER VE PERSEPHONE MİTİNİN TARIMSAL DÖNGÜLERLE İLİŞKİSİ	Elif İmre ERSOY
		4	LEONOR FİNİ'NİN GÖRSEL KOZMOSUNDA BEDEN VE TEHLİKE	Elif İmre ERSOY
		5	Cultural Reflections Of The Military And Charitable Legacy Of The Ottoman Prince Suleyman Pasha	YL.Öğrenci Canan Taş
		6	KAZI ALANLARINDA AFET FARKINDALIĞI: ARKEOLOJİK MİRASIN KORUNMASINA YÖNELİK BİR BAKIŞ	Lütfiye ALKAN
		7	SÜREYYA AĞAOĞLU AND THE CHILDREN'S FRIENDS ASSOCIATION: THE CONSTRUCTION OF CHILD RIGHTS AND CIVIL SOCIETY IN EARLY REPUBLICAN TURKEY	Research Assistant Dr. Elif Aşçı

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Dr. Amir Hosseini	1	EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INTERACTIVE QUIZ PLATFORMS IN ENHANCING STUDENT ENGAGEMENT	Lina Ahmed
		2	ANALYSIS OF LEARNING OUTCOMES IN ELECTRICAL ENGINEERING CURRICULA: A STUDY FOCUSING ON CIRCUIT THEORY	Dr. Samuel Ochieng
		3	DISTANCE EDUCATION AND CONTINUOUS PROFESSIONAL DEVELOPMENT: INSIGHTS FROM A GREEK UNIVERSITY CASE STUDY	Prof. Dr. Eleni Papadopoulos
		4	IDENTIFYING STRATEGIES TO IMPROVE STUDENT EMOTIONAL WELL-BEING THROUGH FEEDBACK ANALYSIS	Maria Petrova Anjali Singh
		5	TEACHERS' ATTITUDES TOWARD INCLUSIVE EDUCATION FOR STUDENTS WITH HEARING IMPAIRMENTS	PhD Candidate Kiran Sharma
		6	ADVANCING INTERNATIONAL SERVICE LEARNING THROUGH TECHNOLOGICAL INNOVATIONS FOR SUSTAINABILITY	Dr. Michael Johnson
		7	IMPLEMENTING FLIPPED CLASSROOM MODELS TO ENHANCE FRENCH LANGUAGE LITERACY IN HIGHER EDUCATION	Dr. Sofia Larsson
		8	THE IMPACT OF FLIPPED CLASSROOMS ON ATTENTIVE READING SKILLS IN FRENCH AS A FOREIGN LANGUAGE	Faridah Ahmad Dr. Amir Hosseini
		9	MOTION GRAPHICS AS A TOOL FOR ENHANCED TRAINING OF PRESCHOOL CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENTS	Assoc. Prof. Dr. Amir Hosseini

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Ricardo Silva	1	EVALUATING THE EFFECT OF CLASS PARTICIPATION ON ACADEMIC PERFORMANCE: A CASE STUDY OF MECHANICAL ENGINEERING STUDENTS IN SOUTH AFRICA	Dr. Thandiwe Mokoena
		2	ENHANCING CIVIL ENGINEERING LABORATORY LEARNING THROUGH INTERACTIVE DIGITAL TOOLS	Assoc. Prof. Dr. Miguel Fernandez Dr. Lucia Alvarez
		3	DEVELOPING AUTONOMOUS LEARNING AGENTS USING SEQUENTIAL CONSTRUCTIVIST MODELS	Jean-Luc Moreau Sophie Dubois
		4	ASSESSING THE ECONOMIC IMPACT OF HUMANITIES EDUCATION IN PUBLIC UNIVERSITIES IN GHANA	Dr. Kwame Mensah
		5	MODELING TECHNOLOGICAL ADOPTION IN BUSINESS STUDENTS: A STUDY FROM COLOMBIA	Carlos Ramirez Maria Gomez
		6	INTERCULTURAL STRATEGIES FOR SECOND LANGUAGE ACQUISITION IN HIGHER EDUCATION: A PILOT STUDY IN PERU	Ana Lucia Torres Jorge Castillo
		7	DESIGNING ITERATIVE SELF-CORRECTION FRAMEWORKS FOR EDITORIAL WORKFLOWS	Ivan Kuznetsov Olga Smirnova
		8	IMPLEMENTING REALISTIC SIMULATION METHODS IN BRAZILIAN MEDICAL EDUCATION CURRICULA	Prof. Dr. Ricardo Silva

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Dr. Magdalena Kowalczyk	1	THE EVOLUTION OF JUDICIAL PRINCIPLES IN SOUTHEAST ASIAN LEGAL SYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Ananda Suphakit
		2	RELIGIOUS FREEDOM AND EMPLOYEE RIGHTS: A CRITICAL ANALYSIS OF PORTUGUESE CONSTITUTIONAL LAW	Maria Fernandes
		3	CERTIFICATION PROCEDURES AND GOVERNMENT ACCOUNTABILITY IN ARMENIA	Aram Petrosyan
		4	EFFECTIVE GOVERNANCE MODELS WITHIN THE EUROPEAN UNION: PRINCIPLES AND PRACTICES	Dr. Magdalena Kowalczyk
		5	THE ROLE OF CONSERVATIVE WOMEN'S GROUPS IN SHAPING U.S. FOREIGN POLICY	Assoc. Prof. Dr. Emily Carter
		6	AUTOPSY STUDY ON ABDOMINAL TRAUMA IN ROAD ACCIDENT VICTIMS: MORPHOLOGICAL AND RISK ANALYSIS	Marko Jovanović
		7	IMPLEMENTING THE EUROPEAN FORENSIC SCIENCE VISION 2020: STRATEGIC APPROACHES IN LITHUANIA	Eglė Petrauskaitė Vidmantas Šimkus Snieguolė Vaitkevičiūtė
		8	MODERNIZING THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK: STRATEGIC FRAMEWORKS AND FUTURE DIRECTIONS	Sigitė Žukauskaitė
		9	STRATEGIES FOR THE REVITALIZATION OF THE EUROPEAN COMPETITION NETWORK	Dr. Nadia Al-Farouq

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Supaporn Chaiyasit	1	EXAMINING ADDITIONAL PREDICTORS OF DIETARY INTENTIONS IN TYPE 2 DIABETES PATIENTS	James Mwangi
		2	THE INFLUENCE OF LEARNING PREFERENCES ON CREATIVE IDEA GENERATION IN EDUCATIONAL SETTINGS	Nurul Huda
		3	EFFECTS OF COGNITIVE-BEHAVIORAL THERAPY AND SELF-CONCEPT INTERVENTIONS ON RESILIENCE AND AGGRESSION IN MALAYSIAN AT-RISK YOUTH	Mohammed Al-Farouq
		4	LIFESTYLE ANALYSIS OF GOVERNMENT EMPLOYEES IN THE ROYAL HOUSEHOLD DEPARTMENT: A BANGKOK CASE STUDY	Dr. Supaporn Chaiyasit
		5	THE IMPACT OF MEDITATIVE TRATAKA PRACTICE ON ANXIETY REDUCTION AMONG ADOLESCENTS	Anjali Desai
		6	IMPLEMENTATION OF SUFFICIENCY ECONOMY PRINCIPLES BY URBAN LEADERS IN BANGKOK: PERFORMANCE AND STRATEGIC ACTIVITIES	Assoc. Prof. Dr. Somchai Niran
		7	NEUROPLASTICITY AND ITS ROLE IN LIFE REHABILITATION AND RENEWAL	Leila Farahani
		8	PEER-BASED INTERVENTIONS TO ADDRESS SOCIAL COMMUNICATION CHALLENGES IN ADOLESCENTS WITH AUTISM: A LITERATURE REVIEW AND FUTURE DIRECTIONS	Christine Cole

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assoc. Prof. Dr. Marcela López	1	CROSS-CULTURAL ANALYSIS OF ALCOHOL CONSUMPTION PATTERNS AMONG ETHNIC GROUPS IN RURAL BANGLADESH	Dr. Farhana Akter
		2	STAKEHOLDER MAPPING IN THE FORMATION AND GROWTH OF INDEPENDENT CONSUMER GROUPS IN THAILAND	Dr. Kanya Chaiyaporn
		3	THE IMPACT OF SOCIAL INTEGRATION ON PERFORMANCE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: A MULTI-COUNTRY STUDY	Carlos Mendes
		4	FRAMEWORK FOR DEVELOPING EDUCATIONAL GAMES BASED ON OUTCOME-ORIENTED LEARNING MODELS	Ratih Wulandari Dewi Kartika Sari Putri
		5	EVALUATING PEDAGOGICAL QUALITY IN DIGITAL LIBRARY RESOURCES: A CASE STUDY OF SOLARSPELL	Assoc. Prof. Dr. Marcela López
		6	EXPLORING ALTERNATE REALITY GAMES FOR EDUCATIONAL PURPOSES: A STUDY AT UNIVERSITY OF CAPE TOWN	Thandiwe Ndlovu
		7	INNOVATIVE APPROACHES TO ENGINEERING EDUCATION REFORM IN URBAN PLANNING AT TSINGHUA UNIVERSITY, CHINA	Li Wei Zhang Feng
		8	CROSS-CULTURAL ANALYSIS OF ALCOHOL CONSUMPTION PATTERNS AMONG ETHNIC GROUPS IN RURAL BANGLADESH	Dr. Farhana Akter

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Assoc. Prof. Dr. Eui Jun Jeong,	1	INTELLIGENT ENERGY CONSUMERS: EXPLORING THE INTENTIONS BEHIND EMBRACING INNOVATIVE CONSUMPTION PATTERNS	Dr. Cecilia Kamila, Vincenzo Perri Corvello
		2	GENDER DISPARITIES IN MATHEMATICS ANXIETY AMONG STUDENTS	Wern Lin Yeo, Choo Kim Tan, Sook Ling Lew
		3	UTILIZING THE MMSE-2:EV FOR DIAGNOSTIC INSIGHTS IN COGNITIVE IMPAIRMENT: CASE STUDIES AND MONITORING	Cornelia- Munteanu Eugenia
		4	EXAMINING STUDENTS' BRAIN ELECTRICAL RESPONSES TO TEACHER'S EMOTIONAL CUES	Dr. Hye Rim Lee
		5	PERSONALITY TRAITS AND COMPULSIVE GAMING: EXPLORING THE INFLUENCE OF THE BIG FIVE	Assoc. Prof. Dr. Eui Jun Jeong,
		6	PARENTING APPROACHES AND HOUSEHOLD COMMUNICATION DYNAMICS AMONG COLLEGE STUDENTS	Lecture Pegah Farokhzad
		7	UTILIZING EMOTICONS IN COURTEOUS EXPRESSIONS OF GREETINGS AND APPRECIATION	Dr. Zuzana Komrsková

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 11 Temmuz / July 11, 2025 / 15:30 – 13:70 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Assis. Prof. Dr. Carolina Alves	1	COMPETENCY-BASED EDUCATION FOR PROCUREMENT SPECIALISTS IN CANADA	Dr. Samuel Dubois
		2	DEVELOPING AN AUDIT QUALITY FRAMEWORK FOR AN EMERGING MARKET: A CASE STUDY OF BRAZIL	Dr. Isabella Oliveira Dr. Rafael Costa
		3	IMPACT OF INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS ON PROFITABILITY OF BRAZILIAN PHARMACEUTICAL FIRMS	Assis. Prof. Dr. Carolina Alves
		4	THE EFFECT OF MOTIVATION, TRUST, AND CULTURAL DIVERSITY ON KNOWLEDGE SHARING VIA EMAIL IN ARGENTINA	Dr. Ricardo Gomez
		5	FACTORS INFLUENCING EARNINGS RESPONSE COEFFICIENT IN A DEVELOPING ECONOMY: EVIDENCE FROM CHILE	Dr. Valentina Morales
		6	CHALLENGES IN IMPLEMENTING ACCOUNTING INFORMATION SYSTEMS IN MEXICAN CORPORATIONS	Elena Rodriguez
		7	STRATEGIC PLANNING OF SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS WITH RISK MITIGATION IN COLOMBIA	Catalina Vargas Andrés Herrera
		8	ETHICS AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY INFLUENCING CORPORATE GOVERNANCE IN MULTI-LEVEL MARKETING COMPANIES: A CROSS-SECTIONAL STUDY IN PERU	Sofía Guzmán
		9	FINANCIAL REPORTING TRANSPARENCY AND INVESTMENT EFFICIENCY: EMPIRICAL EVIDENCE FROM VENEZUELA	Javier Castillo

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Doç. Dr., EMİNE KAMBUR	1	SPORTS INDUSTRY, SPORTS CULTURE AND PERSONALITY: VIEW FROM BANDIRMA PERSPECTIVE	Doç. Dr., EMİNE KAMBUR
		2	Yapay Zekâ Destekli Karar Sistemlerinin KOBİ’lerde Stratejik Yönetim Süreçlerine Etkisi	Dr. Öğrenci, NURCAN MEŞHURTÜRK
		3	BIBLIOMETRICAL ANALYSIS OF STUDIES ON PHYGITAL MARKETING	Dr. Öğr. Üyesi Kübra ÇELİK
		4	DIGITAL MARKETING IN HEALTHCARE: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	Yüksek Lisans Öğrencisi, ZÜHAL KILIÇ Dr. Öğr. Üyesi, Sait SÖYLER
		5	TARIMSAL FAALİYETLER MUHASEBESİ İÇERİKLİ MAKALELERİN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ: DERGİPARK ÖRNEĞİ	Öğr. Gör. Dr., İLKNUR ERGÜN

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Dr. Öğr. Üyesi, FEHİME ŞEYMA KÖSE	1	LINGUISTIC EXPRESSION OF RELIGIOUS AND ETHNIC VALUES IN ARTISTIC TEXT (ON THE EXAMPLE OF THE ANALYSIS OF THE AXIOLOGICAL PAIR OF “HALAL” AND “HARAM”)	Assoc. Prof. Shakhnoza Khudaykulova
		2	KLASİK TÜRK EDEBİYATI ŞAİRLERİNİN CENNET VE CEHENNEM MEFHUMLARINA BAKIŞI	Yüksek Lisans Öğrencisi, Rumeysa BAŞGÜLCÜ YETİŞ Prof. Dr. , Atilla BATUR
		3	CHRISTOPH RANSMAYR’İN “DIE LETZTE WELT” (SON DÜNYA) ROMANINDA OVIDIUS’UN METAMORFOZLARININ YENİDEN YAZIMI	Dr. Öğr. Üyesi , FEHİME ŞEYMA KÖSE
		4	THE RAKHSHIYA PRESENTED BY ÇERKEŞŞEYHİZADE MEHMED TEVFİK EFENDİ TO SULTAN ABDÜLAZİZ: A COMPARATIVE STUDY OF THE MANUSCRIPT AND PRINTED COPIES	Dr. Züleyha HAYAL
		5	DİVAN EDEBİYATI VE HALK EDEBİYATINDA GEÇEN HAYVANLARIN MUKAYESESİ	Yüksek Lisan Öğrencisi, İlknur VURAL Prof. Dr., Atilla BATUR
		6	Clerkship and Organization in State Institutions in the Novels The Institute for the Adjustment of Clocks and The Madonna in the Fur Coat	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fetih YANARDAĞ Melike Meryem BERKMAN
		7	The Theme of Death in Adil Erdem Bayazıt’s Poetry	Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fetih YANARDAĞ Melike Meryem BERKMAN
		8	ŞİİR VE İDEOLOJİ: AYDINLIK DERGİSİ’NDEKİ İDEOLOJİK ŞİİRLERİN ANALİZİ (1921-1925)	Dr., FATMA NESİBE ÇOLAK
		9	REFLECTIVE SKILL: “NOW SHE WAS HERE”	Graduate Student Ebru YAZICI PhD Gül KARAHAN ÇOBAN

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. Ali Fuat ERSOY	1	GENÇLERDE GELECEK KAYGISININ NEDEN OLDUĞU PSİKOSOSYAL SORUNLAR	Sosyal Hizmet Uzmanı Çağla TÜRKMEN Prof. Dr. Ali Fuat ERSOY
		2	GENÇ KADINLARDA SOSYAL MEDYA KAYNAKLI AKRAN BASKISI	Sosyal Hizmet Uzmanı Çağla TÜRKMEN Prof. Dr. Ali Fuat ERSOY
		3	ENGELLİ AİLELER İÇİN YENİ BİR NEFES: GÜNDÜZ BAKIM REHABİLİTASYON VE AİLE DANIŞMA MERKEZLERİ	Prof.Dr.ESRA ÇALIK VAR Sosyal Hizmet Uzmanı, AYBEN BURAN
		4	BATI KARADENİZ BÖLGESİ'NDE 1900 YILINDAN İTİBAREN MEYDANA GELEN AFETLER	Yüksek Lisans Öğrencisi Erhan UZUNOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Erdem GÜNDOĞDU

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Fatih SARAÇOĞLU Doç. Dr. Abdullah ÖMERCİOĞLU	1	Kişi Özgürlüğü ve Güvenliği Hakkının Uluslararası ve Ulusal Hukukta Konumuna Dair Genel Bir Değerlendirme	İlhan SÖZER
		2	CLIMATE COMMITMENTS IN CONFLICT WITH INVESTMENT LAW: A CASE STUDY OF THE ENERGY CHARTER TREATY	Dr. Öğr. Üyesi, ÖZGE DEMİRDELEN Av., ŞEVVAL CEYHAN
		3	TAXATION IN THE FUEL SECTOR	Prof. Dr. Fatih SARAÇOĞLU Doç. Dr. Abdullah ÖMERCİOĞLU
		4	ACTIVITIES OF THE REVENUE ADMINISTRATION TO PREVENT LOSSES AND EVASIONS OF FUEL TAXES IN TURKIYE	Prof. Dr. Fatih SARAÇOĞLU Doç. Dr. Abdullah ÖMERCİOĞLU
		5	UNITED NATIONS CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY	Dr. Öğr. Üyesi Selcen Nur KIŞLA
		6	FUNCTIONING OF THE LEGAL PROCESS AND IMPLEMENTATION PRINCIPLES IN TRADEMARK INVALIDITY CASES	Bilim Uzmanı, MEHMET YILDIZ Prof. Dr. ERHAN GÜMÜŞ Prof. Dr. AHMET TUNÇ
		7	THE INTERNATIONAL CRIMINAL COURT'S INVESTIGATION INTO THE STATE OF PALESTINE: CURRENT DEVELOPMENTS AND LEGAL DEBATES	Assistant Professor Dr. BURCU BAYTEMİR KONTACI

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL	1	ALVIN TOFFLER AND HIS WORK ANALYSIS OF THE INFORMATION SOCIETY	Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL Abdulkadir KÖK NESRİN TOPAK
		2	DANİEL BELL'İN BİLGİ TOPLUMU VE BİLGİ TEKNOLOJİLERİNE YAKLAŞIMI	Prof.Dr.YUSUF YURDİGÜL NESRİN TOPAK ABDULKADİR KÖK
		3	Masuda'nın Bilgi Toplumu Anlayışı	Prof.Dr. Yusuf Yurdagül Meltem Uğuz
		4	ÇİZGİ ROMANLARDA KÜYERELLEŞME; MANGALAR	NURSENA BESNİLİ Doç. Dr. Öğr. Üyesi ATİYE GÜNER
		5	DISNEY'S GOLDEN AGE: REBIRTH WITH PIXAR	Suida Dursun

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Doç. Dr. Mehmet Cüneyt GÖKÇE	1	MEVDUDÎ'YE GÖRE NÜBÜVVET VE VAHİY	Doç. Dr. Mehmet Cüneyt GÖKÇE
		2	THE ROLE OF DREAMS IN TASAWWUF PRACTICE ACCORDING TO ONE OF THE SUFI AUTHORS, SHAHÂBEDDİN AL-SUHRAWARDÎ	Asst. Prof., Derviş Dokgöz
		3	KUR'AN-I KERÎM'DE İNZAR VE USLÛBU	Öğretmen, Basri Çetin
		4	KUR'AN-I KERÎM'DE İNZAR	Öğretmen, Basri Çetin

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Doç.Dr.Ahmet YILMAZ	1	AKLIN IŞIĞINDA İNANÇ: LOCKE'UN DİNDE RASYONALİTE ARAYIŞI	Doktora Öğrencisi, Rojan Çiltepe
		2	METHODOLOGICAL INQUIRIES: LAKATOS' SCIENTIFIC RESEARCH PROGRAMS	Doç. Dr., Serdar SAYGILI Hatice Aydın YENİCE
		3	EPISTEMIC BREAK: THE ANATOMY OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS WITH KUHN	Doç. Dr., Serdar SAYGILI Merve Karadağ
		4	GÜNDELİK YAŞAMDA DEVLETİN VATANDAŞLAR ÜZERİNDEKİ OTORİTE İNŞASININ İNCELENMESİ	Dr. MERVE ÇETİN KILIÇ
		5	AN ANALYSIS OF THE CONCEPT OF POWER THROUGH THE PERSPECTIVES OF ZYGMUNT BAUMAN AND MICHEL FOUCAULT	Dr. MERVE ÇETİN KILIÇ
		6	ÇAĞIN SORUNLARI KARŞISINDA ALBERT CAMUS VE JEAN-PAUL SARTE: VAROLUŞÇULUK, İDEOLOJİ VE GÜNCEL SİYASET BAĞLAMINDA BİR DOSTLUĞU ÖYKÜSÜ	Doç.Dr.Ahmet YILMAZ
		7	ALBERT CAMUS VE SİYASİ DÜŞÜNCE: BİLİNÇLİ BİR BAŞKALDIRI ETİĞİ, ADALET VE ÖLÇÜ ARASINDA	Doç.Dr.Ahmet YILMAZ
		8	4. INDUSTRIAL REVOLUTION AND RELATIONAL SOCIOLOGY	Doç. Dr., Mustafa SOLMAZ
		9	CHARACTERISTICS OF MODERN AND POSTMODERN ART	Dr. Fatih Furkan ALPDOĞAN Doç. Dr. Mustafa SOLMAZ
		10	Yapısöküm Siyasetinin Kamusal Alan İnşası	Öğr. Gör. Dr. Enes Berhudan KÖKERER

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Jing Wei	1	ANALYSIS OF PAYMENT DELAYS AND THEIR IMPACT ON THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN MALAYSIA	Siti Nur Aisyah
		2	EVALUATING THE PROGRESS OF MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS IN LIBYA'S INDUSTRIAL SECTOR	Muna Al-Faraj
		3	COMPARATIVE STUDY OF ENVIRONMENTAL REPORTING IN THE CHEMICAL INDUSTRY: GRI STANDARDS APPLICATION	Dr. Emily Thompson
		4	DESIGN AND BLAST RESISTANCE ANALYSIS OF SINGLE-STORY CONTROL FACILITIES IN PETROLEUM REFINERIES	Khaled Al-Mahdi Omar Farouk
		5	IMPACT OF BUSINESS MODEL INNOVATION ON CORPORATE VALUATION: A DYNAMIC FRAMEWORK	Wei Zhang Li Mei Jian Liu
		6	THE ROLE OF ALIGNMENT IN BOOSTING SERVICE INNOVATION PERFORMANCE: A NEW CONCEPTUAL MODEL	Chun-Hua Lin Mei-Ying Huang Yu-Fen Wu
		7	PROMOTING LOW-CARBON TRANSITION IN CHINA'S TRADITIONAL MANUFACTURING INDUSTRIES	Jing Wei
		8	ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATED TQM AND LEAN MANUFACTURING IN MALAYSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY	Farah Aziz Noraini Hassan Ahmad Zulkifli
		9	THE EFFECTS OF MERGERS AND ACQUISITIONS ON CONSUMER WELFARE: EVIDENCE FROM INDIA'S MANUFACTURING SECTOR	Dr. Anil Kumar Ravi Shankar

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Dr. Ogunduyile O. Oluwgbenga	1	ASSESSING THE QUALITY STANDARDS OF HOSPITAL PHARMACIES IN THERAPEUTIC CENTERS ASSOCIATED WITH KERMANSHAH UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES, IRAN	Dr. Gharehbagh V.Hamishahkar , H.Aghababa
		2	OPTIMIZING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEMS THROUGH NATURAL LIGHT INTEGRATION	Mahmoud H. Aly, Ivan Andonovic, Moustafa Beshr
		3	INTEGRATING WIRELESS BODY AREA NETWORKS WITH WEB SERVICES: REVOLUTIONIZING UBIQUITOUS HEALTHCARE PROVISIONING THROUGH ARCHITECTURE	Dr. Ogunduyile O. Oluwgbenga
		4	DYNAMIC BRAIN WAVE ACQUISITION AND PSYCHOACOUSTIC ANALYSIS IN REAL TIME	Dipali SShweta , ingh Mahajan , Bansal Rashima
		5	ENHANCING COMBAT EFFECTIVENESS IN NEW GENERATION FIGHTER PLANES THROUGH HUMAN FACTORS CONSIDERATIONS	Binoy Bhargavan
		6	CONSTRUCTING AN INTEGRATED RELATIONAL DATABASE UTILIZING SWISS NUTRITION NATIONAL SURVEY AND HEALTH DATASETS FOR DATA MINING OBJECTIVES	Helena Einsele , Dr. Jenzer Farshideh
		7	CAN EEG TESTING AID IN BRAIN TUMOR IDENTIFICATION?	M. Sharanreddy, P. K. Kulkarni
		8	EXAMINING THE HAZARDS OF INADEQUATE MEDICAL WASTE MANAGEMENT PRACTICES ON HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT: A REVIEW OF LITERATURE	Babanyara Ibrahim, Garba Bogoro., M. Y.Abubakar,

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Assoc. Prof. Dr. Emily Carter	1	ANALYSIS OF SOIL STABILIZATION TECHNIQUES USING ORGANIC ADDITIVES IN SEMI-ARID REGIONS	Dr. Fatima Zahra Dr. Karim Benali Dr. Amina El-Mansouri
		2	CLOUD-BASED DEVELOPMENT FRAMEWORKS FOR ADVANCED CONSTRUCTION MANAGEMENT SOFTWARE	Assoc. Prof. Dr. Min-Jae Park
		3	NUMERICAL MODELING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN COMPLEX MATERIALS USING FINITE ELEMENT ANALYSIS	Assoc. Prof. Dr. Carlos Mendoza Dr. Lucia Fernandez
		4	THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF ECO-FRIENDLY INSULATION MATERIALS IN WOODEN BUILDINGS	Dr. Lars Jensen Mette Sørensen
		5	MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF SAFETY MANAGEMENT PRACTICES IN CONSTRUCTION PROJECTS	Wei Zhang Mei Lin
		6	STABILITY ENHANCEMENT OF FUNCTIONALLY GRADED COMPOSITE PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS	Nabil Haddad Leila Mansour
		7	STRUCTURAL OPTIMIZATION OF BRIDGE LAUNCHING SYSTEMS USING INCREMENTAL LAUNCHING METHODS	Dr. Jun Li Dr. Qiang Wu Dr. Fang Zhao
		8	EVALUATING ENVIRONMENTAL FOOTPRINTS THROUGH MATERIAL FLOW ANALYSIS IN MANUFACTURING INDUSTRIES	Assoc. Prof. Dr. Emily Carter
		9	SIMULATION OF SPRINGBACK EFFECTS IN ADVANCED HIGH-STRENGTH STEELS FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS	Assoc. Prof. Dr. Siphon Ndlovu Dr. Thabo Mbeki

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Assoc. Prof. Dr. Mariam Syakirah Dr. Brenda Lawson	1	SYNTHESIS OF MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR SELECTIVE REMOVAL OF PHARMACEUTICAL CONTAMINANTS FROM WATER	Anna Müller Clara Schmidt
		2	REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH COMBINED ADSORPTION AND BIODEGRADATION TECHNIQUES	Assoc. Prof. Dr. Nurul Huda Assoc. Prof. Dr. Faridah Hassan
		3	FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING PROBIOTIC LACTOBACILLUS STRAINS	Dr. Supaporn Chaiyaporn Nattaporn Srisuk
		4	EFFECT OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS	Dr. Asad Khan Dr. Mahmood Iqbal
		5	VALIDATION OF A NOVEL RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS	Nattawut Charoensuk Phong Aramwit
		6	ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA FLOWER EXTRACTS AGAINST PATHOGENIC BACTERIA	Dr. Mahmoud El-Sayed Dr. Ghulam Rasool
		7	PROACTIVE DETECTION OF FALSE POSITIVE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS	Assoc. Prof. Dr. Mariam Syakirah Dr. Brenda Lawson
		8	COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL HEXANE EXTRACTS OF GINGER (ZINGIBER OFFICINALE)	Dr. Hsuan-Ling Yang Dr. Yan-Jie Huang
		9	NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CLITORIA TERNATEA ROOT EXTRACT ON LEARNING AND MEMORY ENHANCEMENT	Dr. Tahereh Naji Dr. Mahsa Jassimi

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Samuel Nkosi	1	BRAIN IMAGING CLASSIFICATIONS RELATED TO MATHEMATICS LEARNING AND PRACTICE	Dr. Carlos Silva Dr. Mariana Costa Dr. Rafael Oliveira
		2	THE IMPACT OF MOTIVATION, SELF-EFFICACY, AND MATHEMATICAL IDENTITY ON STUDENT PERFORMANCE	Dr. Amina Hassan Dr. Khalid Al-Farsi
		3	STUDENTS' PERCEPTIONS OF MATHEMATICS EDUCATION: A CROSS-SECTIONAL STUDY AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN LAGOS STATE, NIGERIA	Chinedu Okafor
		4	ASSESSING TEACHERS' BELIEFS IN MATHEMATICS EDUCATION USING A FUZZY LOGIC MODEL	Dr. Kwame Boateng
		5	ENHANCING NON-MATHEMATICS UNDERGRADUATE STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS MATHEMATICS THROUGH TECHNOLOGICAL INTERVENTIONS	Dr. Samuel Nkosi
		6	ENHANCING ELEMENTARY MATHEMATICS LEARNING THROUGH EDUCATIONAL VIDEO GAMES: EXPLORING STUDENT ENGAGEMENT, PERFORMANCE, AND TEACHER-STUDENT DYNAMICS	Dr. Mei-Ling Chen Dr. Wei Zhang
		7	FINITE-SUM OPTIMIZATION WITH ADAPTIVE SMOOTHNESS AND LOOPLESS VARIANCE REDUCTION TECHNIQUES	Dr. Elena Volkova Dr. Dmitry Petrov
		8	A THEORETICAL FRAMEWORK FOR A STATIC COSMOLOGICAL MODEL BASED ON QUANTUM VACUUM PROPERTIES	Dr. Anastasia Viktor
		9	ESTIMATION OF FUNCTIONAL RESPONSE MODELS USING SUPERVISED FUNCTIONAL PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS	Dr. Yuki Tanaka Dr. Min-Seok Lee Assoc. Prof. Dr. Hana Kim

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR	1	LEGUME ROTATION IN ORGANIC FARMING: EFFECTS ON SOIL HEALTH AND MICROBIOTA	Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR
		2	VERMİKOMPOST PRİMING UYGULAMALARININ YEM BEZELYESİ [Pisum sativum ssp. arvense (L.) Poir.] BİTKİSİNİN ÇİMLENMESİNE ETKİSİ	Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI
		3	SİNİR OTU (Plantago ovata L.) BİTKİSİNE FARKLI KURAKLIK SEVİYELERİNİN ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ	Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI
		4	Effect of Salinity on Yield and Development in Oilseed Crops	Aynur BİLMEZ ÖZÇINAR

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Amaneh	1	DOUBLE-LAYER PLASMONICS THROUGH METAL(Ag)-METAL OXIDE (ZnO) BILAYER THIN FILMS SAFETY LABELS	Dr. Öğr. Üyesi Sami PEKDEMİR Salih BİTGEN
		2	ÇİMENTO DÖNER FIRIN KALSİNATÖRLERİNDE AKIŞKANLAŞTIRMA	Uğur ÇALI Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK
		3	DİŞLİ TASARIM PARAMETRELERİNİN DİŞ DİBİ GERİLMESİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ	Makine Mühendisi, MUSTAFA KIRAÇ Doç. Dr. Oğuz DOĞAN
		4	NUMERICAL ANALYSIS FOR FLUID FLOW AND CONVECTIVE HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF ALUMINIUM OXIDE-GRAPHENE OXIDE HYBRID NANOFLUID FLOW ALONG A SQUARE MINICHANNEL	Res. Asst. Bahaddin TOPAK Assoc. Prof. Dr. Cunevt UYSAL
		5	EFFECTS OF AIR POLLUTION AND CLIMATE CONDITIONS ON HISTORICAL	Yüksek Lisans Öğrencisi, YUNUS EMRE LEBLEBİCİ
		6	DEVELOPMENT OF A CNN MODEL FOR AUTOMATIC DETECTION OF ANATOMICAL STRUCTURES IN THE EYE	Ahmed Hassan Saleh Hassan Farag ELKASSASS Oğuzhan GÜNEŞ Op. Dr. Ahmet Taha KARAKUZU, Prof. Dr. Halil Erdem ÖZEL Doç.Dr. Turab SELÇUK

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Öğr. Gör. Dr. Ayşe KARATAŞ	1	EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR BOUNDARY VALUE PROBLEMS OF FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH MULTI-TERM FRACTIONAL INTEGRAL CONDITIONS	MELDA SAHİLLİ
		2	FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH SETS	Dr. Aysun Benek Prof. Dr. Taha Yasin Öztürk Assoc. Prof. Adem Yolcu
		3	FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH TOPOLOGICAL SPACES	Dr. Aysun Benek Prof. Dr. Taha Yasin Öztürk Assoc. Prof. Adem Yolcu
		4	Multiparameter Deformations of Bowen-Series Maps	Öğr. Gör. Dr. Ayşe KARATAŞ
		5	VALIDITY CLASSIFICATION OF TEXT-BASED LOGICAL ARGUMENTS USING DEEP LEARNING AND BERT MODELS	Dr. SÜMEYRA BEDİR GÖRKEM LALE MUHAMMED ZAKİR DEMİREL
		6	YALIN SİSTEM TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON DESTEKLİ DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI	Hayal KARA Doç. Dr. Ömer Faruk EFE
		7	KOLTUK MONTAJ HATTININ ERGONOMİK OLARAK DENGELENMESİ: REBA ENDEKSİ TABANLI MATEMATİKSEL MODELLEME VE PYTHON İLE OPTİMİZASYON	Betül İrem KARAKAŞ Doç. Dr. Ömer Faruk EFE
		8	ÇOK DEPOLU ESNEK ÇOK KOMPARTIMANLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	Arş. Gör., Ozan İbrahim Ethem BAĞRIYANIK Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Assoc. Prof. Dr. Özlem Ergül Erkeç	1	EMERGENCY INTERVENTION APPROACHES IN MUSCULOSKELETAL INJURIES: CURRENT APPLICATION OF RICE PROTOCOL	Asist. Prof. Dr. GÖKHAN TAŞKIN
		2	THE IMPACT OF EDUCATIONAL LEVEL AND GENDER ROLES ON FAMILY PLANNING ATTITUDES: IMPLICATIONS FOR WOMEN'S HEALTH AND THE ROLE OF MIDWIVES	Yüksek Lisans Öğrencisi, HİLAL KABAKÇI Dr. Öğr. Üyesi AYŞE ÇUVADAR
		3	THE ROLE OF PILATES IN PREGNANCY: IMPACTS ON MATERNAL AND FETAL WELL-BEING	Yüksek Lisans Öğrencisi, İLAYDA İPEK Dr. Öğr. Üyesi AYŞE ÇUVADAR
		4	NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF GHRELIN	Assoc. Prof. Dr. Özlem Ergül Erkeç
		5	CASE REPORT: ENDOCROWN RESTORATION OF TWO MANDIBULAR MOLARS WITH EXTENSIVE TISSUE LOSS	Arş. Gör. BİLAL AYAZ Dr. Öğr. Üyesi GÜLŞAH AKYILDIZ
		6	DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ UZMANLIK ÖĞRENCİLERİNİN KARANLIK ÜÇLÜ KİŞİLİK ÖZELLİKLERİNİN DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ	Öğr. Gör. SENA SAKIN ULUBAY Arş. Gör. EMİNE ŞURANUR AYAZ Öğr. Gör. İREM OKUMUŞ
		7	EXERCISE SAFETY AND HEALTH CARE APPROACHES IN CHILDREN WITH CHRONIC DISEASES	Assistant Professor, MUSA ÖZSAVRAN
		8		

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Öğr. Gör. Dr. Sedat OKUT	1	The Effect of a Six-Week In-Season Training Period on Certain Hematological Parameters in Amateur Football Players	Öğr. Gör. Dr. Sedat OKUT
		2	An Examination of Job's Finding Anxiety Levels Among Physical Education and Sports Teaching Students in Terms of Various Variables	Master's Student Efkan BİBERLİ
		3	EXAMINATION OF UNIVERSITY STUDENTS' RISKY BEHAVIOR SITUATIONS IN TERMS OF SPORTING AND DIFFERENT VARIABLES	Öğr. Gör. Dr. Bülent TATLISU Doç. Dr. İzzet UÇAN Yükseklisans Öğrencisi Davut CEYLAN
		4	EXAMİNİNG THE SELF-DISCLOSURE BEHAVİOR OF UNİVERSİTY STUDENTS İN TERMS OF SPORT AND DIFFERENT VARIABİLES	Öğr. Gör. Dr. Bülent TATLISU Doç. Dr. İzzet UÇAN Yükseklisans Öğrencisi Tuba KOYUNCUOĞLU TATLISU
		5	EXAMINATION OF U12 MALE BASKETBALL COACHES' BEHAVIORS DURING PRACTICES THROUGH SYSTEMATIC OBSERVATION METHOD: THE ÇANAKKALE EXAMPLE	ALPEREN AKIN ALDIRMAZ Dr. AHMET YAPAR
		6	Gender-Based Evaluation Of Badminton-Specific Agility Performance	Berk AVCI Doç. Dr. Aksel ÇELİK

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Öğr. Üyesi Ebru CEVİZ	1	A STUDY ON THE SWIMMING SKILLS OF STUDENT ATHLETES	Onur PİÇAKCI Osman İMAMOĞLU Faruk ALBAY Akın Deniz DİNNEN
		2	THE ESPORTS INDUSTRY IN A DIGITALIZING WORLD AND IN TURKEY	Onur PİÇAKCI Faruk ALBAY
		3	Exercise Addiction and Healthy Lifestyle Levels in Taekwondo Athletes	Asst. Prof. Dr. Serkan KIZILCA, Abdurrahman KARADAĞLI
		4	FARKLI GERME PROTOKOLLERİNİN KADIN YÜZÜCÜLERDE SÜRAT, ANAEROBİK GÜÇ VE ÇEVİKLİK ÜZERİNE AKUT ETKİLERİ	Dr. Öğr. Üyesi Ebru CEVİZ Doç. Dr. Harun GENÇ
		5	Relative Back Muscle Strength and Pull-Up Performance in Adult Males	Hatice GÜNGÖREN, Prof. Dr. Asiye Filiz ÇAMLIGÜNEY

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Asst. Prof. Dr. Begüm İLBAY VATAN	1	BİR DİJİTAL ÜRÜNÜN E-TİCARET PLATFORMUNDAKİ YOLCULUĞU	Yüksek Lisans Öğrencisi, Mesut OĞUZ Doç. Dr., Kazım KILINÇ
		2	BIBLIOMETRIC AND THEMATIC ANALYSIS OF ACADEMIC PUBLICATIONS RELATED TO QUALITY 4.0	Funda YİĞİT POLAT Prof. Dr. Mehmet Selami YILDIZ
		3	A LITERATURE REVIEW ON DIGITAL WELLBEING AND DIGITAL BURNOUT IN THE TOURISM SECTOR	Asst. Prof. Dr. Begüm İLBAY VATAN
		4	INVESTIGATION OF HOTEL MANAGERS' PERSPECTIVES ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ROBOT USE: THE CASE OF SIVAS PROVINCE	M.A. Student, Zeynep Tuğba ÇAVDAR Prof. Dr. Şükran KARACA
		5	VIOLENCE IN HEALTH AND THE PLACE OF RECONCILIATION IN TURKEY	Sinan ÖZDEMİR Dr.Öğr.Üyesi, Abdullah MISIRLIOĞLU

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Nadia El-Sayed	1	OPTIMAL TIMING FOR COLOSTRUM IMMUNOGLOBULIN ABSORPTION IN NEWBORN CAMELS: CORRELATION WITH CORTISOL AND THYROXIN LEVELS	Dr. Fatima Al-Mansouri Dr. Khaled Al-Harbi Dr. Youssef Benali
		2	DEVELOPMENTAL CHANGES IN THE DUODENAL MUCOSA AND SUBMUCOSA OF RABBITS	Dr. Nadia El-Sayed Dr. Omar Khalil
		3	EVALUATION OF TUBERCULIN, TETANUS IMMUNOGLOBULIN, AND DPT VACCINE AS MITOGENS IN AVIAN T-LYMPHOCYTE PROLIFERATION	Assoc. Prof. Dr. Samuel Okoro
		4	ASSESSMENT OF POTATO VARIETIES FOR CHIPS AND FRENCH FRIES PRODUCTION USING MICROWAVE-VACUUM DRYING TECHNOLOGY	Inga Jansons Kristaps Ozols Marta Kalnina Tatjana Ziedina
		5	SALT TOLERANCE IN TISSUE-CULTURED DATE PALM VARIETIES UNDER CONTROLLED ENVIRONMENTAL CONDITIONS	Dr. Hassan Al-Mulla Dr. Khalil Al-Farsi
		6	IMPACT OF COPPER AND ZINC DEFICIENCY ON MILK YIELD IN INTENSIVELY MANAGED DAIRY CATTLE: A STUDY FROM NORTHEASTERN ROMANIA	Dr. Elena Popescu Dr. Mihai Ionescu Dr. Carmen Georgescu
		7	EFFECTS OF OVERFEEDING ON PRODUCTIVITY, FOIE GRAS QUALITY, BLOOD PARAMETERS, AND MORTALITY IN TWO BREEDS OF DUCKS	Dr. Mona El-Sayed Dr. Ahmed Mahrous
		8		

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Dr. Haruto Yamamoto	1	IMPACT OF TRAINING INTENSITY ON PHYSICAL FITNESS PARAMETERS AMONG U-17 FEMALE BASKETBALL ATHLETES IN KENYA	Dr. Amina Mwangi Assis. Prof. Dr. Joseph Kamau
		2	THE IMPACT OF DAILY WALKING HABITS ON SLEEP QUALITY AMONG JAPANESE HIGH SCHOOL STUDENTS	Dr. Haruto Yamamoto
		3	ADVANCED PEDAGOGICAL APPROACHES TO IMPROVE BALANCE AND MOTOR SKILLS IN ADOLESCENTS	Lucia Fernández Mateo García
		4	ANALYZING THE INFLUENCE OF BODY ART ON ATHLETIC PERFORMANCE AND PSYCHOLOGICAL RESILIENCE	Dr. Moussa Traoré
		5	FROM TWEETS TO TOUCHDOWNS: FORECASTING NFL SUCCESS THROUGH SOCIAL MEDIA SENTIMENT ANALYSIS	Prof. Dr. Marcus Johnson Dr. Emily Carter
		6	SOUTH AFRICAN SOCCER DEVELOPMENT: ANALYZING LOCAL PRACTICES WITHIN A GLOBAL FRAMEWORK FOR MASS AND ELITE ATHLETE PROGRESSION	Dr. Thabo Mbeki Prof. Dr. Sipho Dlamini Dr. Naledi Khumalo
		7	ANALYSIS OF PHYSICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ELITE KENYAN LONG-DISTANCE RUNNERS	Dr. Samuel Kiprotich Assoc. Prof. Dr. Grace Wanjiku
		8	EFFECTS OF WATER IMMERSION ON THERMOREGULATION AND RECOVERY IN ATHLETES TRAINING IN HIGH-TEMPERATURE ENVIRONMENTS	Ayesha Khan Imran Siddiqui Sara Malik

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. Leila Farhadi	1	A COMPARATIVE ANALYSIS OF SVM-BASED CRITERIA IN EVOLUTIONARY METHODS FOR GENE SELECTION AND MICROARRAY DATA CLASSIFICATION	Dr. Rajiv Kumar Dr. Kenji Nakamura
		2	EFFICACY OF SELECTED OIL-BLENDED PLANT EXTRACTS AGAINST AFRICAN CATFISH PESTS: DERMESTES MACULATUS AND NECROBIA RUFIPES	Assoc. Prof. Dr. Chinedu Okeke
		3	IMMUNOGENIC ADHESIN VIBRIO ALGINOLYTICUS 49 KDA: ITS ROLE IN MOLECULAR EXPRESSION OF MHC ON RECEPTORS OF HUMPBAC GROUPE CROMILEPTES ALTIVELIS	Dr. Putu Arya
		4	IDENTIFICATION, CHARACTERIZATION, AND PRODUCTION OF PHYTASE FROM ENDOPHYTIC FUNGI	Siti Nurhaliza Rina Dewi Nina Kusuma Gita Pratiwi
		5	PETIOLE AND LEAF EXPLANTS OF PURPLE FAN FLOWER (SCAEVOLA AEMULA R. BR. CV. 'PURPLE FANFARE'): DIRECT AND INDIRECT SOMATIC EMBRYOGENESIS	Dr. Ananya Sharma
		6	MOLECULAR BASIS OF HELICOBACTER PYLORI DNAK RESISTANCE TO ANTIMICROBIAL PEPTIDE PYRRHOCORICIN	Dr. Farah Naz Dr. Elena Petrova
		7	MICROBIAL COMMUNITIES OF AMMONIA-OXIDIZING ARCHAEA AND BACTERIA IN ENRICHED NITRIFYING ACTIVATED SLUDGE	Dr. Nattapong Chaiyasit Dr. Somchai Wongsā
		8	BIOMIMETIC COATING SURFACE DERIVED FROM HUMAN ELASTIN TO SUPPORT CELL GROWTH	Dr. Antonella Rossi
		9	OCCURENCE AND PARASITE-HOST RELATIONSHIP OF LIGULA INTESTINALIS IN SATTARKHAN LAKE (EAST AZERBAIJAN, IRAN): A FIELD REPORT	Prof. Dr. Leila Farhadi

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Giorgi Lomidze	1	IMPACT OF DYNAMIC CAPABILITIES ON INNOVATION PERFORMANCE IN COMPANIES	Dr. Jelena Markovic
		2	A HYBRID PSO-NM ALGORITHM FOR NELSON-SIEGEL-SVENSSON MODEL CALIBRATION	Ms. Student Nadia El-Fahmi Dr. Karim Benali Dr. Samira Haddad
		3	EFFECTS OF FLUCTUATING OIL PRICES ON THE EXPANSION OF RENEWABLE ENERGY	Omar Al-Mansouri
		4	LEAN HEALTHCARE IMPLEMENTATION: BARRIERS AND ENABLERS IN THE COLOMBIAN HEALTH SYSTEM	Assoc. Prof. Dr. Catalina Gómez Juan Carlos Morales
		5	IDENTIFYING CHALLENGES IN LEAN MANUFACTURING ADOPTION IN INDIAN INDUSTRIES	Dr. Rajesh Kumar
		6	PROMOTING LOCAL ECONOMIES THROUGH ONE VILLAGE ONE PRODUCT INITIATIVE AND CUSTOMER SATISFACTION	Siti Nurhaliza Ahmad Fauzi
		7	ANALYSIS OF FACTORS LEADING TO THE DECLINE OF ENGINEERING FIRMS DURING THE GLOBAL FINANCIAL CRISIS	Prof. Dr. Giorgi Lomidze
			MODELS OF CONSUMER BEHAVIOR AND THE ROLE OF EMOTIONAL FACTORS IN PURCHASE DECISIONS	Miguel Fernandez

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Assoc. Prof. Khalid Al-Mutairi	1	COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND FATTY ACID PROFILE OF ELATERIOSPERMUM TAPOS, PALM OIL, AND SOYBEAN OIL	Nurul Aisyah Wei Jun Tan Azman Hassan
		2	EFFECTS OF NATIVE AND MODIFIED YAM STARCHES ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND STABILITY OF EMULSIONS	Siti Noor Aini Shanthi Rajan
		3	OPTIMIZATION OF PHENOLIC COMPOUND EXTRACTION FROM AVICENNIA MARINA USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY V. Lakshmi	V. Lakshmi Jamila Thompson R. Rajendran
		4	CHEMICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF LOCAL COWPEA SEED PROTEIN FROM THE ASIR REGION	Assoc. Prof. Khalid Al-Mutairi
		5	EFFECTS OF DGAT1 AND BETA-KAPPA CASEIN GENOTYPES ON MILK PRODUCTION TRAITS IN CROSSBRED HOLSTEIN CATTLE	Areej Al-Hassan Niran Duangchai Pongpat Mernkrathok
		6	CASEIN MICELLE DISPERSION UNDER VARYING NACL CONCENTRATIONS: PARTICLE SIZE AND STRUCTURAL EVOLUTION	Rashid Hussain Claire Dupont Joël Scherrer
		7	DEVELOPMENT OF SAFE READY-TO-EAT RAW OYSTER MEAT USING IRRADIATION TECHNOLOGY	Pattama Ratana Pongtep Wilaiporn
		8	IMPACT OF PRETREATMENT METHODS ON PHENOLIC CONTENT, VITAMIN C, AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN DRIED DILL	Ruta Galoburda Zanda Krūma
		9	MOLECULAR MOBILITY CHARACTERIZATION OF WATER SPECIES IN FOODS USING VISUALIZATION TECHNIQUES	Dr. Yasuyuki Konishi Masayoshi Kobayashi

BURSA 5th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HEALTH AND SPORTS JULY 11 - 13, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 12 Temmuz / July 12, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Assoc. Prof. Dr. Siti Nurhaliza	1	SHED SNAKE SKINS: A NATURAL RESOURCE FOR BIOMIMETIC MEMBRANES – ADVANCING PERMEATION STUDIES AND DRUG DELIVERY	Dr. Anahit Petrosyan Dr. Vahan Grigoryan Dr. Aram Avetisyan
		2	PRECISION DRUG DELIVERY OF GLIBENCLAMIDE: EXPLORING THE IMPACT OF POLYVINYL PYRROLIDONE AND ETHYL CELLULOSE CONCENTRATION ON RELEASE PROFILES AND KINETICS	Dr. Mariam Sargsyan Assoc. Prof. Dr. Lilit Hakobyan
		3	INVESTIGATING THE EFFECTS OF AMINOPOLYETHER ON 18F-FDG PROPERTIES AND ITS IMPLICATIONS FOR PET IMAGING APPLICATIONS	Dr. Rajesh Kumar Dr. Anil Sharma Lecturer Deepak Verma
		4	ENDOPHYTES AS A NEW SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS: ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FIBRINOLYTIC PROTEASE-PRODUCING FUNGI FROM HIBISCUS LEAVES	Assoc. Prof. Dr. Siti Nurhaliza
		5	FROM CONCEPT TO REALITY: THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MECHANICAL FORCE GAUGE FOR SQUARE WATERMELON MOLDING	Dr. Nguyen Van Minh PhD Candidate Tran Thi Hoa
		6	THE ROLE OF EXERCISE IN IMPROVING SEXUAL PERFORMANCE AND SEMEN QUALITY OF SAHIWAL BULLS: A PRACTICAL GUIDE FOR BREEDERS	Assoc. Prof. Dr. Kittipong Chaiyaporn Dr. Niran Sorrachaitawat
		7	INVESTIGATING THE IMPACT OF DIETARY HERBAL SEED SUPPLEMENTATION ON CARCASS CHARACTERISTICS, IMMUNE RESPONSE, AND ANTIOXIDANT STATUS OF BROILER CHICKENS	Siriporn Thongchai Chaiwat Srisawat
		8		

Contents

FARKLI BAĞLAYICI TÜRLERİNİN SERAMİK DUVAR KAROSU BÜNYESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	1
PLASTİK ATIKLARIN BETON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	3
EFFECT OF PLASTIC WASTE ON PROPERTIES OF CONCRETE	4
YAZARLAR GÖZÜNDEN BİR “YER”İN DÖNÜŞÜMÜ: BAB-I ALİ.....	14
ANTOSİYANİN YANSIMA İNDEKSİ (ARI): GELİŞİMİ, TEKNİK TEMELLERİ VE PEYZAJ PLANLAMASINDAKİ ROLÜ	40
ORGANİK TARIMDA BAKLAGİL ROTASYONU: TOPRAK SAĞLIĞI VE MİKROBİYOTA ÜZERİNDEKİ ETKİLER .	45
A THEORETICAL FRAMEWORK FOR A STATIC COSMOLOGICAL MODEL BASED ON QUANTUM VACUUM PROPERTIES	67
ESTIMATION OF FUNCTIONAL RESPONSE MODELS USING SUPERVISED FUNCTIONAL PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS	68
Tuzluluğun Yağlı Tohumlu Bitkilerde Verim ve Gelişime Etkisi	69
DOUBLE-LAYER PLASMONICS THROUGH METAL(Ag)-METAL OXIDE (ZnO) BILAYER THIN FILMS SAFETY LABELS	76
ÇİMENTO DÖNER FIRIN KALSİNATÖRLERİNDE AKIŞKANLAŞTIRMA	77
DİŞLİ TASARIM PARAMETRELERİNİN DİŞ DİBİ GERİLMESİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ.....	96
NUMERICAL ANALYSIS FOR FLUID FLOW AND CONVECTIVE HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF ALUMINIUM OXIDE-GRAPHENE OXIDE HYBRID NANOFLUID FLOW ALONG A SQUARE MINICHANNEL .	97
GÖZDEKİ ANATOMİK YAPILARIN OTOMATİK TESPİTİNE YÖNELİK BİR CNN MODELİN GELİŞTİRİLMESİ .	112
EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR BOUNDARY VALUE PROBLEMS OF FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH MULTI-TERM FRACTIONAL INTEGRAL CONDITIONS	114
FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH TOPOLOGICAL SPACES	115
FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH SETS.....	124
Multiparameter Deformations of Bowen-Series Maps	136
YALIN SİSTEM TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON DESTEKLİ DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI	137
KOLTUK MONTAJ HATTININ ERGONOMİK OLARAK DENGELENMESİ: REBA ENDEKSİ TABANLI MATEMATİKSEL MODELLEME VE PYTHON İLE OPTİMİZASYON	144
ÇOK DEPOLU ESNEK ÇOK KOMPARTIMANLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ.....	151
USE OF MARBLE QUARRY DIAMOND WIRE SAW SIZING POWDER IN CEMENT BASED SELF-LEVELING SCREED MORTAR.....	166
A STUDY ON THE USE OF DEWATERED MARBLE SLUDGE WASTE IN THE PRODUCTION OF GARDEN CONCRETE KERBS.....	181
ANALYSIS OF PAYMENT DELAYS AND THEIR IMPACT ON THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN MALAYSIA	195
EVALUATING THE PROGRESS OF MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS IN LIBYA’S INDUSTRIAL SECTOR	196

COMPARATIVE STUDY OF ENVIRONMENTAL REPORTING IN THE CHEMICAL INDUSTRY: GRI STANDARDS APPLICATION	197
DESIGN AND BLAST RESISTANCE ANALYSIS OF SINGLE-STORY CONTROL FACILITIES IN PETROLEUM REFINERIES.....	198
IMPACT OF BUSINESS MODEL INNOVATION ON CORPORATE VALUATION: A DYNAMIC FRAMEWORK	199
THE ROLE OF ALIGNMENT IN BOOSTING SERVICE INNOVATION PERFORMANCE: A NEW CONCEPTUAL MODEL.....	200
PROMOTING LOW-CARBON TRANSITION IN CHINA’S TRADITIONAL MANUFACTURING INDUSTRIES..	201
ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATED TQM AND LEAN MANUFACTURING IN MALAYSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY.....	202
THE EFFECTS OF MERGERS AND ACQUISITIONS ON CONSUMER WELFARE: EVIDENCE FROM INDIA’S MANUFACTURING SECTOR	203
ASSESSING THE QUALITY STANDARDS OF HOSPITAL PHARMACIES IN THERAPEUTIC CENTERS ASSOCIATED WITH KERMANSHAH UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES, IRAN.....	204
OPTIMIZING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEMS THROUGH NATURAL LIGHT INTEGRATION..	205
INTEGRATING WIRELESS BODY AREA NETWORKS WITH WEB SERVICES: REVOLUTIONIZING UBIQUITOUS HEALTHCARE PROVISIONING THROUGH ARCHITECTURE	206
DYNAMIC BRAIN WAVE ACQUISITION AND PSYCHOACOUSTIC ANALYSIS IN REAL TIME.....	207
Dipali Shweta Department of Neuroscience, All India Institute of Medical Sciences, India	207
ENHANCING COMBAT EFFECTIVENESS IN NEW GENERATION FIGHTER PLANES THROUGH HUMAN FACTORS CONSIDERATIONS	208
CONSTRUCTING AN INTEGRATED RELATIONAL DATABASE UTILIZING SWISS NUTRITION NATIONAL SURVEY AND HEALTH DATASETS FOR DATA MINING OBJECTIVES	209
CAN EEG TESTING AID IN BRAIN TUMOR IDENTIFICATION?	210
EXAMINING THE HAZARDS OF INADEQUATE MEDICAL WASTE MANAGEMENT PRACTICES ON HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT: A REVIEW OF LITERATURE.....	211
ANALYSIS OF SOIL STABILIZATION TECHNIQUES USING ORGANIC ADDITIVES IN SEMI-ARID REGIONS	212
CLOUD-BASED DEVELOPMENT FRAMEWORKS FOR ADVANCED CONSTRUCTION MANAGEMENT SOFTWARE	213
NUMERICAL MODELING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN COMPLEX MATERIALS USING FINITE ELEMENT ANALYSIS	214
THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF ECO-FRIENDLY INSULATION MATERIALS IN WOODEN BUILDINGS	215
MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF SAFETY MANAGEMENT PRACTICES IN CONSTRUCTION PROJECTS	216
STABILITY ENHANCEMENT OF FUNCTIONALLY GRADED COMPOSITE PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS	217
STRUCTURAL OPTIMIZATION OF BRIDGE LAUNCHING SYSTEMS USING INCREMENTAL LAUNCHING METHODS	218

VALUATING ENVIRONMENTAL FOOTPRINTS THROUGH MATERIAL FLOW ANALYSIS IN MANUFACTURING INDUSTRIES	219
SIMULATION OF SPRINGBACK EFFECTS IN ADVANCED HIGH-STRENGTH STEELS FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS.....	220
SYNTHESIS OF MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR SELECTIVE REMOVAL OF PHARMACEUTICAL CONTAMINANTS FROM WATER	221
REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH COMBINED ADSORPTION AND BIODEGRADATION TECHNIQUES	222
FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING PROBIOTIC LACTOBACILLUS STRAINS	223
EFFECT OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS	224
VALIDATION OF A NOVEL RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS	225
ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA FLOWER EXTRACTS AGAINST PATHOGENIC BACTERIA	226
PROACTIVE DETECTION OF FALSE POSITIVE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS	227
COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL HEXANE EXTRACTS OF GINGER (ZINGIBER OFFICINALE)	228
NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CLITORIA TERNATEA ROOT EXTRACT ON LEARNING AND MEMORY ENHANCEMENT	229
BRAIN IMAGING CLASSIFICATIONS RELATED TO MATHEMATICS LEARNING AND PRACTICE	230
Dr. Carlos Silva Dr. Mariana Costa Dr. Rafael Oliveira Department of Cognitive Neuroscience, University of Lisbon, Portugal	230
THE IMPACT OF MOTIVATION, SELF-EFFICACY, AND MATHEMATICAL IDENTITY ON STUDENT PERFORMANCE	231
STUDENTS' PERCEPTIONS OF MATHEMATICS EDUCATION: A CROSS-SECTIONAL STUDY AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN LAGOS STATE, NIGERIA	232
Chinedu Okafor Department of Educational Studies, University of Lagos, Nigeria	232
ASSESSING TEACHERS' BELIEFS IN MATHEMATICS EDUCATION USING A FUZZY LOGIC MODEL	233
ENHANCING NON-MATHEMATICS UNDERGRADUATE STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS MATHEMATICS THROUGH TECHNOLOGICAL INTERVENTIONS	234
Dr. Samuel Nkosi Department of Education Technology, University of Cape Town, South Africa.....	234
ENHANCING ELEMENTARY MATHEMATICS LEARNING THROUGH EDUCATIONAL VIDEO GAMES: EXPLORING STUDENT ENGAGEMENT, PERFORMANCE, AND TEACHER-STUDENT DYNAMICS.....	235
Dr. Mei-Ling Chen Dr. Wei Zhang Department of Educational Technology, National Taiwan Normal University, Taiwan	235
FINITE-SUM OPTIMIZATION WITH ADAPTIVE SMOOTHNESS AND LOOPLESS VARIANCE REDUCTION TECHNIQUES	236
SİNİR OTU (<i>Plantago ovata</i> Forsk) BİTKİSİNDE FARKLI KURAKLIK SEVİYELERİNİN ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ	237

VERMİKOMPOST PRİMİNG UYGULAMALARININ YEM BEZELYESİ [<i>Pisum sativum</i> ssp. <i>arvense</i> (L.) Poir.] BİTKİSİNİN ÇİMLENMESİNE ETKİSİ	244
---	-----

FARKLI BAĞLAYICI TÜRLERİNİN SERAMİK DUVAR KAROSU BÜNYESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Öğr. Gör. Dr. EMRAH DURGUT

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden
Çıkarma Bölümü, emrahdurgut@comu.edu.tr - 0000-0002-4637-7087

ÖZET

Günümüzde seramik bünyelerin hazırlanmasında plastik karakterli kil mineralleri ve plastik olmayan kuvars, feldspat, kalsit, dolomit minerallerince zengin hammadde kaynakları kullanılmaktadır. Bu hammaddeler öncelikle farklı yöntemlerle sulu ortamlarda reçete oranlarına bağlı olarak tane boyut küçültme ve boyuta göre sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Ayrıca bünye hazırlama aşamasında elektrolit denilen viskozite iyileştirici dispersantlar (sodyum tripolifosfat, camsuyu, sodyum hegzametafosfat vs.) ve ham/kuru mukavemet arttırıcı bağlayıcı olarak adlandırılan yardımcı kimyasallar da kullanılmaktadır. Kil mineralleri seramik üretiminde şekil verme özelliğini sağlamada en önemli hammadde kaynağıdır. Bu bağlamda seramik üreticileri kil ihtiyacını varsa üretim tesislerine yakın kaynaklardan yoksa yurtdışındaki tedarikçilerden sağlamaktadırlar. Ancak yurtdışındaki kaynakların lojistik masraflarının yüksek olması, kil kaynaklarının günden güne azalması ve siyasi nedenlerle hammadde arzının karşılanamaması gibi sorunlar üreticileri farklı yöntemler geliştirmeye yöneltmektedir. Diğer yandan seramik kimyasalları üreten firmalar ise kil yerine alternatif olarak kullanılabilecek bağlayıcı türleri geliştirmektedir. Bu çalışmada seramik kaplama malzemelerinin üretiminde kullanılan duvar karosu bünyesindeki kil oranının organik, inorganik ve hibrit bağlayıcı-plastikleştirici kullanarak azaltılması ve seramik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda öncelikle TSE EN14411 standartlarına uygun düşük kil içerikli duvar karosu seramik bünyeleri geliştirilmiş, sonrasında ise düşük kil içerikli bünyelere bağlayıcılar ilave edilerek seramik bünye üzerindeki fiziksel etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma kapsamında kil oranı azaltılmış duvar karosuna organik, inorganik ve hibrit bağlayıcı ilavesinin ham mukavemet değerini az, kuru mukavemet değerini ise oldukça arttırdığı görülmüştür. Ayrıca kuru mukavemete etki yüksekten düşüğe hibrit>organik>inorganik bağlayıcı olarak belirlenmiştir. Bunun yanında hibrit bağlayıcı

kullanımı arttıkça viskozite değerin az da olsa azaldığı, organik ve inorganik bağlayıcı oranı arttıkça ise viskozitenin önemli derecede arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağlayıcı, duvar karosu, seramik bünye, hammadde.

PLASTİK ATIKLARIN BETON ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Dr. DEMET YAVUZ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, demetyavuz@yyu.edu.tr - 0000-0002-1330-1860

ÖZET

Son yıllarda artan çevresel problemler neticesinde atık plastiklerin geri dönüştürülerek beton üretiminde tekrar kullanılması önemli bir konu haline gelmiştir. Plastik atıkların beton üretiminde ince agrega yerine kullanılması ile hem doğal kaynaklar korunmakta hem de plastik atıklar yeniden değerlendirilmektedir. Ancak bahsedilen olumlu etkilerinin yanında plastik atıkların beton üretiminde kullanılmasıyla beton dayanımının azalabileceği de göz ardı edilmemelidir. Plastik atık ile beton arasındaki zayıf aderans ile betonun mekanik özellikleri azalabilir ve uzun vadede beton dayanıklılığı da olumsuz olarak etkilenebilir. Bu nedenle beton üretiminde atık plastik kullanımının etkilerinin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da plastik atıkların beton özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla iki farklı hacimsel oranda (%15 ve %30, ince agrega hacminde) atık kullanılmış ve su/çimento oranı 0.5'te sabit tutulmuştur. Numuneler üzerinde basınç ve yarmada çekme, elastisite modülü, basınç altında su işleme ve darbe testleri uygulanmıştır. Sonuçlar plastik atık kullanımı ile basınç ve yarmada çekme dayanımlarının azaldığını göstermiştir. Buna karşılık atık hacmi arttıkça basınç altında suyun nüfuz etme gücü ise önemli ölçüde azalmıştır. Plastik atıkların beton üretiminde ince agrega yerine kullanımı çevresel ve ekonomik faydalar sağlasa da, betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinde bazı olumsuzluklara yol açabilir. Bu nedenle, kullanım oranı ve türüne dikkat edilerek, uygun teknik araştırmalarla değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler : Plastik atık, basınç dayanımı, basınç altında su işleme.

EFFECT OF PLASTIC WASTE ON PROPERTIES OF CONCRETE

Dr. DEMET YAVUZ

Van Yüzüncü Yıl University, demetyavuz@yyu.edu.tr - 0000-0002-1330-1860

ABSTRACT

In recent years, due to increasing environmental concerns, recycling waste plastics and reusing them in concrete production has become a crucial issue. By using plastic waste instead of fine aggregate in concrete production, both natural resources are protected, and plastic waste is revalued. However, in addition to the positive effects mentioned, it should not be overlooked that the use of plastic waste in concrete production may decrease the concrete strength. The mechanical properties of the concrete may decrease due to the weak adhesion between plastic waste and concrete, and the durability of the concrete may be negatively affected in the long term. Therefore, the effects of using waste plastic in concrete production should be thoroughly examined. In this study, the effect of plastic waste on concrete properties was examined. For this purpose, wastes were used in two different volumetric ratios (15% and 30%, by volume of fine aggregate), and the water/cement ratio was kept constant at 0.5. Compressive and splitting tensile, elasticity modulus, penetration of water under pressure, and impact tests were applied to the samples. The results showed that the compressive and splitting tensile strengths decreased with the use of plastic waste. On the other hand, as the waste volume increased, the penetration of water under pressure decreased significantly. Although the use of plastic waste as a substitute for fine aggregate in concrete production offers environmental and economic benefits, it may have some adverse effects on the mechanical and physical properties of concrete. Therefore, it should be evaluated with appropriate technical research, paying attention to the rate and type of use.

Keywords : Plastic waste, compressive strength, penetration of water under pressure.

1. INTRODUCTION

Today, environmental sustainability and resource efficiency necessitate the development of innovative approaches in the construction sector. Considering the adverse effects of plastic waste on the environment, recycling these materials and using them in construction materials has become an important research area. The use of waste plastics as a substitute for fine aggregate in concrete contributes to solving waste management problems and has the potential to enhance the mechanical and strength properties of concrete. This study aims to evaluate the performance of concrete when waste plastics are used as an alternative material for fine aggregate.

Pesic et al. studied the effect of recycled plastic fibers in concrete mix [1]. For this purpose, three different volume fractions (0.4%, 0.75% and 1.25%) were used. While the compressive strength of concrete is not affected by waste addition, the tensile strength of the concrete was increased between 3% and 14%. Aslani [2] investigates the properties of waste tire rubber concrete and found that the addition of rubber reduces the compressive strength by between 25% and 88%, and the splitting tensile strength shows similar behavior to the compressive strength. In comparison, it is decreased by between 22% and 84%. Paliwal and Marva [3] used the disposal of polythene waste in concrete. As a result, they found that the addition of cement waste at 0.6% (by weight of the concrete) improved the properties of the concrete compared to traditional concrete mix. Ayman and Elgawady [4] focused on concrete with scrap tire rubber and reported that the compressive strength of the rubber mix was lower compared to the control mix.

Sanal [5] investigated the durability of macro-synthetic and steel fiber-reinforced concretes with varying fiber volume fractions. It was reported that with the increased dosage of the fiber, the water penetration of the concrete also increased. Homwuttiwong et al. [6] investigated the performance of the concrete containing fly ashes and filler materials. Results showed that concrete with pulverized coal fly ash is less permeable than others. Singh et al. [7] added hybrid steel fibers to the concrete mix and investigated their properties at three concentrations (0.5%, 1.0%, and 1.5%). The maximum decrease in the coefficient of water permeability was 79.21% for a mix with steel fibers at a volume fraction of 1.0%. For all other tests conducted, it is found that a volume fraction of 1.0% is the optimum dosage. Dhandapani et al. [8] investigated the different effects of concretes with limestone calcined clay cements and reported the sorptivity index of the concretes due to the addition of limestone calcined clay, which reduced the adsorption rate of the concrete mixes. This confirms the improvement in opposition to capillary adsorption with limestone-calcined clay cements. Sadrmmomtazi and Tahmouresi [9] studied the effects of fly ash and silica fume on the different parameters of the concrete (such as pore structure and permeability). Penetration rates decreased at 90 days of age for all concrete mixes. Adding 5% silica fume decreased the penetration depth by up to 23%.

Cantwell et al. [10] reported that carbon fiber composites have a higher strain energy-absorbing capacity than other concrete mixes. Bradshaw et al. [11] reported that adding a plasticizer to

Epikote 228 epoxy resin increased the mode I fracture toughness. Husman et al. performed high-velocity impact tests on carbon fiber composites. Their results showed that the impact resistance of these goods does not rely on the properties of the polymeric matrix [12]. Ramakrishna and Sundararajam [13] investigated the effect of natural fibers in the concrete mix. For this purpose, four different fiber contents (0.5%, 1.0%, 1.5% and 2.5% by the weight of concrete) and three different fiber lengths (20-30-40 mm) were used. It is concluded that the addition of fiber enhanced the impact resistance by 3-18 times compared to the reference mortar slab. Alhozaimy et a. [14] investigated the impact properties of polypropylene fibers with volume fractions below 0.3%. With the presence of the fibers, impact resistance increased by up to 171%. Banthia et al. [15] prepared three different concrete mixes (normal, medium, and high) and investigated their impact resistance. It is reported that the higher the strength of the concrete, the greater its resistance to impact increases as well. Mixes with fibers were more resistant to impact than plain mixes.

The elastic modulus of concrete is directly proportional to the stiffness of the individual phases that form its composition and their interfacial characteristics [16]. Aggregate type, therefore, has a direct effect on the elastic properties of concretes. Ahmad and Alghamdi showed that the impact of aggregate type on the elastic modulus of concrete is very significant [17]. Domone [18] studied self-compacting concrete with different strength values and reported that the elastic modulus of self-compacting concrete is up to 40% lower than that of regular vibrated concrete for a 20 MPa strength. However, for high-strength concretes (90-100 MPa), the difference reduces to less than 5%. Li et al. [19] reported that the modulus of elasticity containing up to 40% fiber volume fractions (V_f) increases with V_f in good agreement. Counto [20] reported that the elasticity of concrete increases as the elasticity of aggregate increases.

The primary purpose of this study is to investigate the effect of plastic waste on the mechanical properties of concrete. For this purpose, two different volume fractions of waste (15 and 30% by volume of fine aggregate) were used, and the water/cement ratio was kept constant at 0.5. The compressive and splitting tensile strength, elastic modulus, penetration of water under pressure, and impact tests were applied to these samples. A total of 63 specimens, including a control specimen, were tested in this research.

2. MATERIALS

CEM I 42.5R cement was used in the experimental study. Tables 1 and 2 give the chemical, mechanical, and physical properties of the cement and the properties of the superplasticizer admixture.

Table 1: Chemical composition, physical and mechanical properties of cement

Chemical Composition	(%)
SiO ₂	19.32
Al ₂ O ₃	5.21
Fe ₂ O ₃	1.95
CaO	63.02
MgO	2.02
Na ₂ O	0.36

K ₂ O	0.83
SO ₃	3.12
Loss on ignition	3.67
Cl	0.0092
Insoluble residue	0.67
Free CaO	0.99
Physical Properties	
Specific gravity	3.11
Blaine specific surface (cm ² /g)	3130
Initial setting time (min)	165
Final setting time (min)	210
Mechanical Properties	
Compressive strength (MPa)	
1-day	-
2-day	24
7-day	-
28-day	-

Table 2: Properties of superplasticizer admixture

Properties of superplasticizer admixture						
Type	Alkali content (%) (Na ₂ O)	Density (g/cm ³)	Solids content (%)	Chloride content (%)	pH 25 °C	Operating** range (%)
SP*	<5	1.1	15-35	0.1	4 - 7	0.2-2.0

* SP: Polycarboxylate superplasticizer admixture

** By weight of cement

One type of aggregate (crushed limestone aggregate) was used in this investigation. The physical properties of crushed limestone aggregate are shown in Table 3.

Table 3: Physical properties of coarse and fine aggregates

Properties of aggregates	Crushed limestone aggregate		
	0-5 mm	5-15 mm	15-25 mm
Dry rodded unit weight (kg/m ³)	1889	1573	1548
Saturated surface dry specific gravity	2.654	2.676	2.711
Water absorption capacity (%)	0.92	0.30	0.23

Using one constant W/C ratio and one type of aggregate, three concrete mixtures (one control and two with plastic waste) were prepared. The mix proportions of concrete mixtures are summarized in Table 4. To maintain a constant slump (8 ± 2), the superplasticizer content of the mixtures was adjusted within the range of 0.36 to 1.95 kg/m³. After placing the concrete mixtures into the molds, they were vibrated, and their top surface was finished by troweling. The specimens were demolded one day after casting and were cured under standard conditions ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ and 95% relative humidity) until the testing day. N1 and N2 represented samples with

0.15% and 0.30% plastic waste content, respectively. The gradations of aggregates, as well as the TS 802 standard limits curve, are shown in Figure 1.

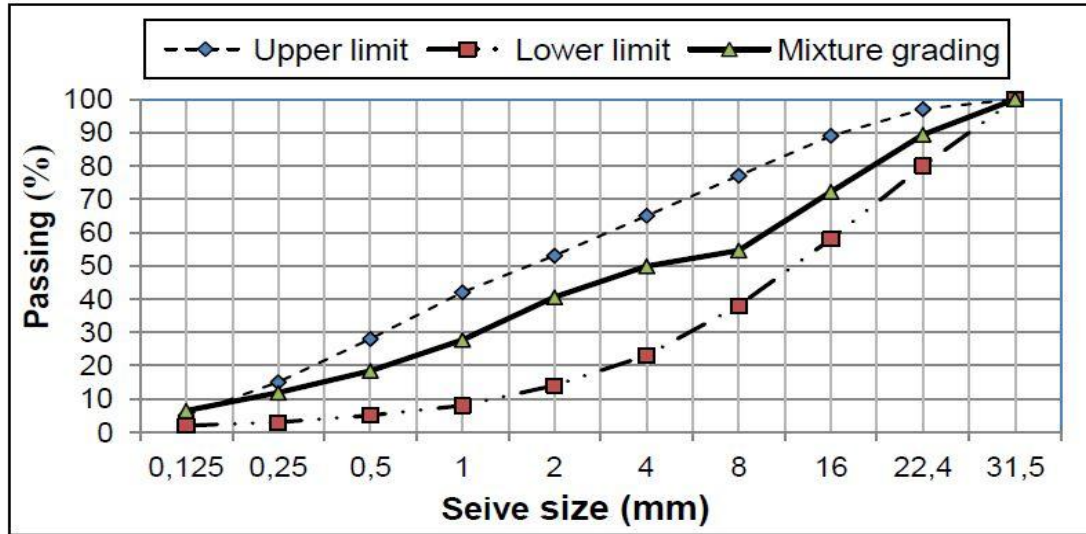


Figure 1. Gradation curve of aggregate and TS 802 standard limits

Table 4. The mix design of the concrete mixes

Mix	Plastic waste content	W/C ratio	Material, kg/m³						Plastic waste
			Cement	Water	Crushed limestone aggregate			SP	
					0-5 mm	5-15 mm	15-25 mm		
Control	-	0.50	320	160	944	476	483	0.7	-
N1	0.15	0.50	320	160	802.9	475.9	482.9	1.1	52,9
N2	0.30	0.50	320	160	660.9	475.9	496.6	1.95	106,8

Compressive strength and splitting tensile strength tests were conducted on 100 × 200 mm cylinder specimens at 7 and 28 days after initial casting. The tests were conducted in accordance with EN 12390-3 and EN 12390-6 [21-22].

$$E = \frac{F_2 - F_1}{\varepsilon_2 - 0.000050} \quad (1)$$

Where:

E=chord modulus of elasticity

F₂=stress corresponding to 40% of the ultimate load of the concrete

F₁=stress corresponding to a longitudinal strain of ε₁ at 50 millionths

ε₂=longitudinal strain produced by F₂

The 28-day impact test of hardened concrete mixtures was conducted on 100 × 50 mm cylinder specimens according to ASTM C1747 [24]. In this mechanism, iron balls with a weight of 4.5

kg were dropped onto the concrete specimens from a height of 450 mm, and it was noted at what strike the specimens were ruptured. The toughness of the concrete was calculated with the impact number at the rupture of the specimens. Specimens with a 100×50 mm size were prepared from specimens with a 100×200 mm size. The equations below were used to calculate the concrete's toughness.

$$E_f = m \times g \times h \times N_f$$

$$W_f = E_f / V$$

E_f : rupture energy, (N.mm)

m : impact force weight, (kg)

g : gravitational acceleration, (m/sn²)

h : height of the fall, (mm)

N_f : impact number, (number)

V : specimen volume, (mm³)

W_f : toughness with impact effect, (N.mm/mm³)

Penetration of water under pressure tests were conducted according to TS EN 12390-8 [25]. One size of the test specimen was brushed, and water pressure was applied to that size for 28 days of curing. This test was conducted at 72±2 hours with 500±50 kPa water pressure. After the specified time had passed, the samples were subjected to splitting tensile strength tests and examined for water penetration.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The compression and splitting tensile strength test results are shown in Figures 2 and 3.

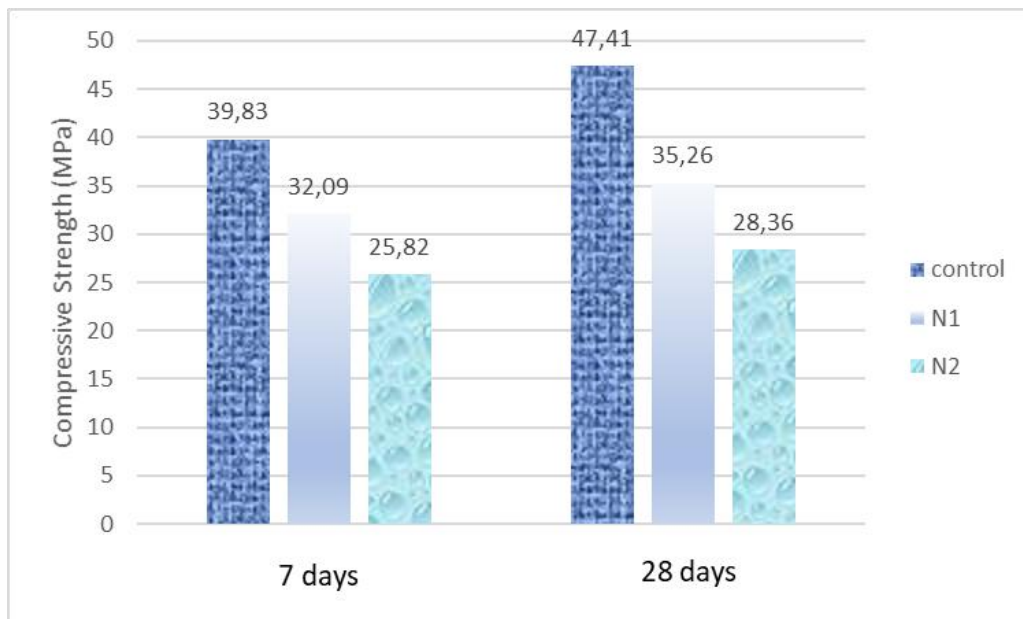


Figure 2. 7- and 28-day compressive strength test results for all mixtures

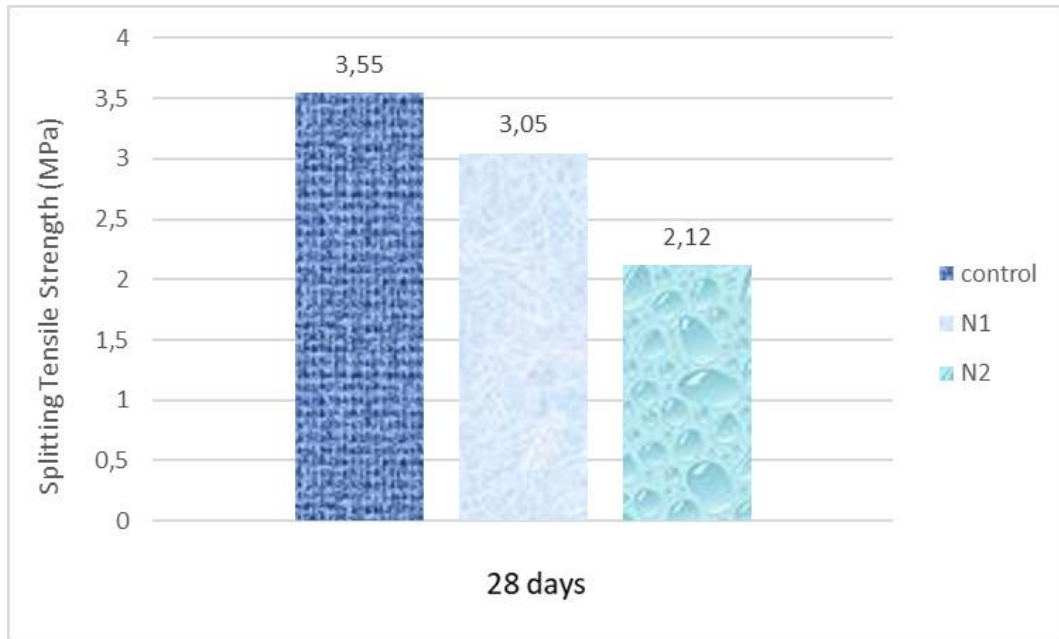


Figure 3. 28-day splitting tensile strength test results for all mixtures

Figures 2 and 3 show that, for all mixes, the addition of plastic waste decreased the compressive strength of the concrete for both 7- and 28-day curing periods. The same result was found for the splitting tensile strength of the concrete for 28 days of curing.

28-days of elastic modulus results are shown in Figure 4.

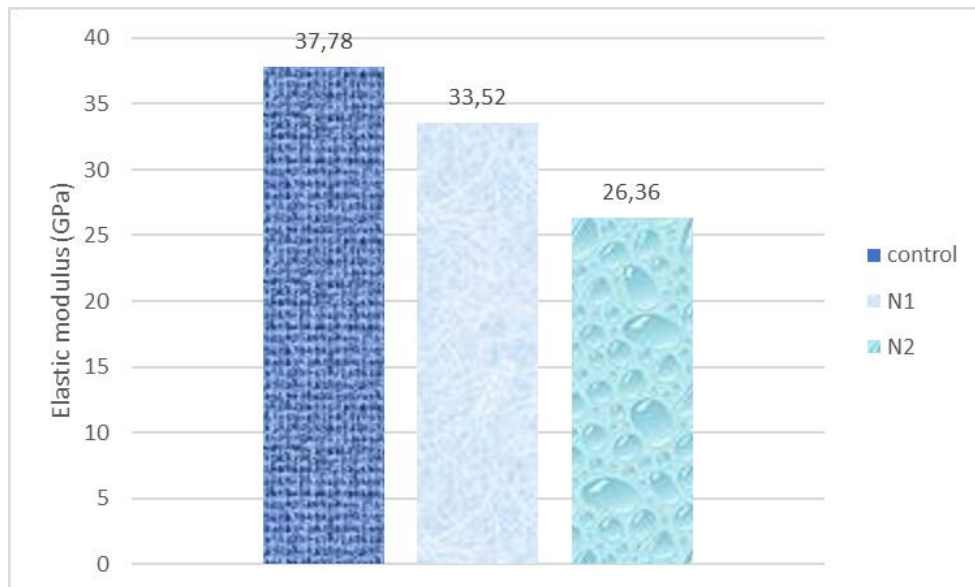


Figure 4. 28 days elastic modulus of mixes

According to the test results above, the addition of plastic waste decreases the elasticity of the modules. The weaker ITZ may explain this.

Table 5 shows the impact test results. The addition of waste caused a significant decrease in impact, which can be attributed to the reduction in the compressive strength of the concrete.

Table 5. Impact results of the concrete mixes

Impact test results				
Mix	First crack	Fracture	E_f	W_f
Control	10	11	208585.125	0.53
N1	4	6	119191.5	0.30
N2	4	7	125813.25	0.32

Figure 5 presents the penetration test results of water under pressure. The addition of plastic waste had a negative effect on the penetration of water under pressure. As the volume fraction of waste increases, the decrease in water penetration under pressure also increases.

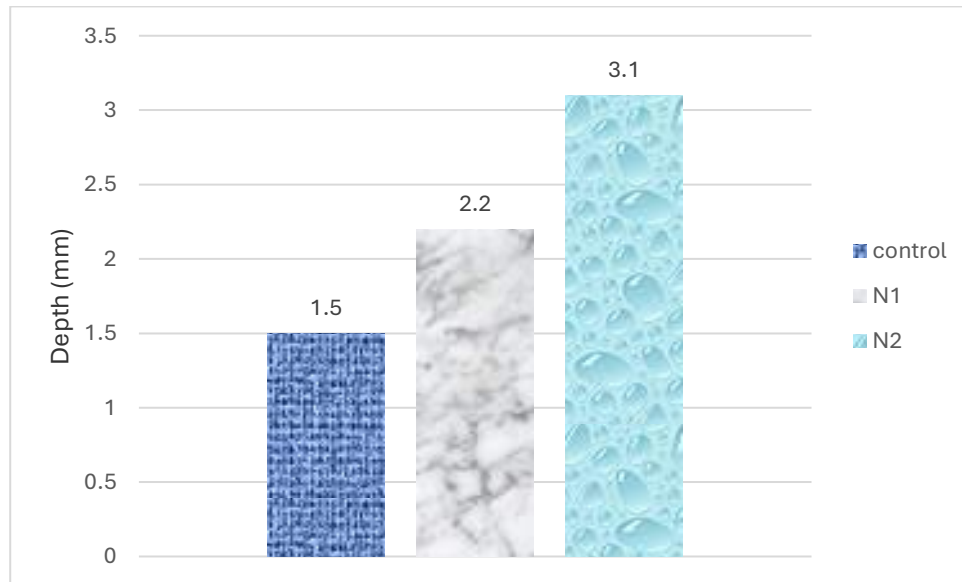


Figure 5. Penetration of the water under pressure

4. CONCLUSIONS

The conclusion that can be drawn from this investigation is as follows:

- Plastic waste addition caused a decrease in both compressive and splitting tensile strength of the concrete compared to plain concrete. These decreases were 19.43%, 35.17% for compressive strength of 7 days of curing, 25.62%, 40.18% for compressive strength of 28 days of curing, and 14.28%, 40.28% for splitting tensile strength of the concrete for 0.15 and 0.30 volume fractions of plastic waste, respectively.
- The elastic modulus of the concrete decreased with the addition of plastic waste. For the mixes with 0.15% plastic waste content, the decrease was 15.27%, and for the 0.30% waste content, the decrease was 30.22%.

- The toughness of the concrete had decreased with the addition of plastic waste. The highest decrease was 43.39%.

REFERENCES

- [1] Pešić, Ninoslav, et al. "Mechanical properties of concrete reinforced with recycled HDPE plastic fibres." *Construction and Building Materials* 115 (2016): 362-370.
- [2] Aslani, Farhad. "Mechanical properties of waste tire rubber concrete." *Journal of Materials in Civil Engineering* 28.3 (2015): 04015152.
- [3] Paliwal, Gopal, and Savita Marua. "Effect of fly ash and plastic waste on mechanical and durability properties of concrete." *ADVANCES IN CONCRETE CONSTRUCTION* 5.6 (2017): 575-586.
- [4] Moustafa, Ayman, and Mohamed A. ElGawady. "Mechanical properties of high strength concrete with scrap tire rubber." *Construction and Building Materials* 93 (2015): 249-256.
- [5] Şanal, İrem. "Performance of Macrosynthetic and Steel Fiber-Reinforced Concretes Emphasizing Mineral Admixture Addition." *Journal of Materials in Civil Engineering* 30.6 (2018).
- [6] Homwuttiwong, Sahalaph, Prinya Chindaprasirt, and Chai Jaturapitakkul. "Strength and water permeability of concrete containing various types of fly ashes and filler material." *International Journal of Materials Research* 103.8 (2012): 1058-1064.
- [7] Singh, M. P., S. P. Singh, and A. P. Singh. "Experimental study on the strength characteristics and water permeability of hybrid steel fibre reinforced concrete." *International scholarly research notices* 2014 (2014).
- [8] Dhandapani, Yuvaraj, et al. "Mechanical properties and durability performance of concretes with Limestone Calcined Clay Cement (LC 3)." *Cement and Concrete Research* 107 (2018): 136-151.
- [9] Sadrmomtazi, Ali, Behzad Tahmouresi, and Reza Kohani Khoshkbijari. "Effect of fly ash and silica fume on transition zone, pore structure and permeability of concrete." *Magazine of Concrete Research* 70.10 (2017): 519-532.
- [10] Cantwell, W. J., and J. Morton. "The impact resistance of composite materials—a review." *composites* 22.5 (1991): 347-362.
- [11] Bradshaw, F.J., Derey, G. and Skley, G.R. 'Impact resistance of carbon reinforced plastics' RAE TR 72240 (MOD, 1972)

- [12] Husman, George E., James M. Whitney, and John C. Halpin. "Residual strength characterization of laminated composites subjected to impact loading." Foreign object impact damage to composites. ASTM International, 1975.
- [13] Ramakrishna, G., and T. Sundararajan. "Impact strength of a few natural fibre reinforced cement mortar slabs: a comparative study." Cement and concrete composites 27.5 (2005): 547-553.
- [14] Alhozaimy, A. M., P. Soroushian, and F. Mirza. "Mechanical properties of reinforced concrete and materials polypropylene fiber the effects of pozzolanic." Cement Concrete Compos 18 (1996): 85-92.
- [15] Banthia, Nemkumar, and Sidney Mindess. "Impact resistance of steel fiber reinforced concrete." Materials Journal 93.5 (1996): 472-479.
- [16] Alexander M.G., "Mindess aggregates in concrete", Abingdon: Taylor & Frances, Oxon, 2005.
- [17] Ahmad S., Alghamdi S.A., "A study on effect of coarse aggregate type on concrete," Perform Arabian Journal for Science and Engineering", 2012, v.37, pp.1777–1786
- [18] Domone, P. L. "A review of the hardened mechanical properties of self-compacting concrete." Cement and concrete composites 29.1 (2007): 1-12.
- [19] Li, Yan, Yiu-Wing Mai, and Lin Ye. "Sisal fibre and its composites: a review of recent developments." Composites science and technology 60.11 (2000): 2037-2055.
- [20] Counto, Upendra J. "The effect of the elastic modulus of the aggregate on the elastic modulus, creep and creep recovery of concrete." Magazine of Concrete Research 16.48 (1964): 129-138.
- [21] EN 12390-3, "Concrete testing-hardened concrete – Part 3: Compressive strength test samples", Brussels: European Standard, 2010
- [22] EN 12390-6, "Concrete testing-hardened concrete – Part 3: split tensile strength test samples", Brussels: European Standard, 2010
- [23] ASTM C 469. "Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression", 2002
- [24] ASTM C1747 / C1747M – 13. "Standard Test Method for Determining Potential Resistance to Degradation of Pervious Concrete by Impact and Abrasion", 2013
- [25] EN 12390-8, "Testing hardened concrete - Part 8: Depth of penetration of water under pressure", 2002.

YAZARLAR GÖZÜNDEN BİR “YER”İN DÖNÜŞÜMÜ: BAB-I ALİ

Mimar, Muhammet Bahadırcan Günay

Yıldız Teknik Üniversitesi, bahadircangunay@gmail.com- ORCID ID: 0009-0001-3586-7929

Doç. Dr, Yasemen SAY ÖZER

Yıldız Teknik Üniversitesi, yasemen@yildiz.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-9497-9368

ÖZET

Bildirinin temel amacı, Babıâli bölgesinin Genius Loci (Yerin Ruhu) kavramı bağlamında bölgesel kimliğini ortaya koymak ve bölgede meydana gelen dönüşümleri fenomenolojik bir yaklaşımla incelemektir. Bu inceleme kapsamında, Babıâli kavramının belirginleşmeye başladığı 1875 yılından günümüze kadar uzanan yaklaşık 150 yıllık süreç ele alınmış; bu zaman dilimi içerisinde bölgenin kültürel ve tarihî dokusuna katkıda bulunan ve bölgeyle doğrudan ilişki kurmuş yazarlar, gazeteciler ve düşünürler tespit edilmiştir. Söz konusu kişilerin bölge üzerine kaleme aldıkları metinler derlenmiştir. Yerin ruhunu anlamak ve bölgedeki dönüşümleri tespit edebilmek amacıyla detaylı biçimde çalışılmıştır.

Elde edilen bulgular, yerin ruhunun analizi sürecinde haritalandırma ve tarihsel inceleme yöntemleri ile desteklenmiş ve bu kapsamda sistematik çalışmalar üretilmiştir. Çalışmanın merkezinde, Reşad Ekrem Koçu’nun “İstanbul Ansiklopedisi” adlı eserinde, Babıâli bölgesinin Sirkeci’den Divanyolu’na kadar uzanan ana caddesine ilişkin 1945–1955 yıllarını kapsayan tespitleri temel alınmış; ayrıca Orhan Koloğlu’nun 1998 tarihli işlevsel değişim analizi referans olarak değerlendirilmiştir. Bu iki temel kaynaktan hareketle, 2025 yılı itibarıyla bölgedeki durum ve işlevsel dönüşümler, kapsamlı bir analiz çerçevesinde ele alınmıştır.

Sonuç bölümünde, elde edilen bulgular doğrultusunda bölgenin günümüzdeki durumu ve yaşadığı dönüşüm ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Bölgenin kimlik unsurlarında meydana gelen değişimler, yerin ruhunun mevcut durumu, varlığı ya da kaybı üzerine geliştirilen kişisel değerlendirmeler, kapsamlı ve sistematik bir analiz çerçevesinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yerin Ruhu (Genius Loci), Bab-ı Ali’nin dönüşümü, Bab-ı Ali’nin Ruhu, İstanbul Ansiklopedisi, Reşad Ekrem Koçu, Orhan Koloğlu, Christian Norberg Schulz

1. GİRİŞ



Görsel 1. Babıali Eskizleri, M. Bahadırcaan Günay, 2025

Bir yerin hatırası, o mekânın ruhunu (genius loci) oluşturan temel etkidir. Mekânsal kimlikler, çoğu zaman bu kolektif ve bireysel hatıralar üzerinden şekillenir. Sadece mevcut durumu gözlemlemek ya da harita üzerinden ani okumalar yapmak, yerin ruhunu bütünüyle kavramak için yeterli değildir. Anılar, yazılar, düşünceler ve hatıralar; toprağın, yapının ve mekânın gizli hikâyesini açığa çıkarır. Bu nedenle, mekânı değerlendirirken yalnızca görüneni değil, görünmeyen anlam katmanlarını da dikkate almak büyük önem taşımaktadır.[1]

Çalışmanın araştırma soruları şunlardır: *Bir bölgenin ya da mekânın ruhu nasıl okunur? Bu okumada hangi yöntemler kullanılabilir? Bir mekânın "yer"e dönüşüm süreci nasıl analiz edilir? Yerin karakterini oluşturan alt kimlikler zaman içerisinde nasıl değişmiştir ve bu değişimin altında yatan nedenler nelerdir?* Bu sorular doğrultusunda, Bab-ı Ali Bölgesindeki “yerin ruhu” kavramını tarihsel ve işlevsel bağlamda anlamaya yönelik çok katmanlı bir inceleme hedeflenmiştir.

Reşad Ekrem Koçu ve Orhan Koloğlu’nun çalışmaları, Babıâli bölgesine dair fiziksel, tarihsel ve duygusal bağ kurmuş tanıklıklar sunduğu için bu bildiride fenomenolojik bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Heidegger’in “*Yerde hayat yaşanır*” [2] görüşünden hareketle, bölgenin tarihsel katmanları, sınırları ve cadde ölçeğindeki dönüşümleri; bu mekânla öznel bağ kurmuş yazarların anlatıları üzerinden analiz edilmiştir. Çalışmada 1945–1950 yılları arasındaki dönem Reşad Ekrem Koçu, 1998 yılı Orhan Koloğlu ve 2025 yılı ise araştırmacılar tarafından ele

alınarak üç farklı zaman kesitinde Babiâli'nin işlevsel dönüşümü karşılaştırmalı biçimde incelenmiştir. Harita ve diyagramlama yöntemleri aracılığıyla elde edilen veriler, bölgedeki mekânsal yapıların değişimini yorumlamada temel araç olarak kullanılmış; özellikle Koloğlu'nun 1998 tarihli karşılaştırmalı analiz tablosu, güncel durumun değerlendirilmesine imkân tanıyan önemli bir referans noktası oluşturmuştur.

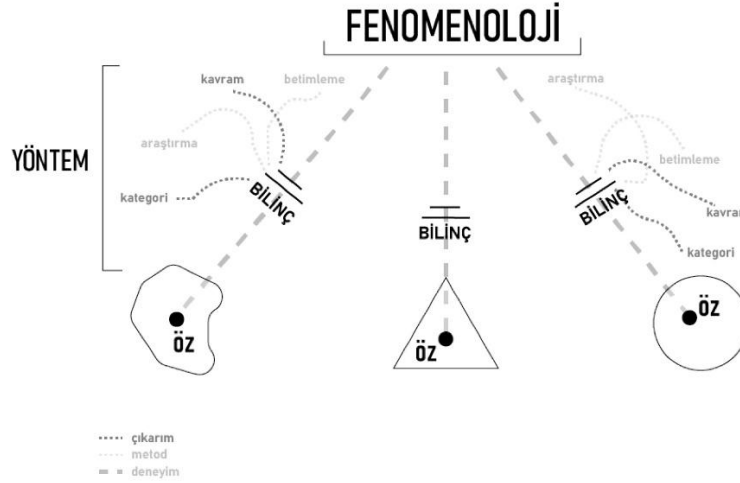
Çalışmanın mekânsal odağı, Babiâli Bölgesi'nin merkezinde yer alan Bab-1 Ali Caddesi (eski adıyla Muradiye Caddesi), Ankara Caddesi (eski adıyla Bab-1 Ali Caddesi) ve Cağaloğlu Yokuşu'dur. Bu caddelerin dönüşümü iki temel tarihsel kaynak ve güncel alan analizleri üzerinden değerlendirilmiştir. İlk dönem olan 1945 yılına ilişkin veriler Reşad Ekrem Koçu'nun İstanbul Ansiklopedisi'nden elde edilmiştir. 1998 yılına ilişkin bilgiler, Orhan Koloğlu'nun Bir Zamanlar Babiâli adlı çalışmasına dayanmaktadır. Son olarak 2025 yılına dair veriler, Temmuz-Ağustos aylarında gerçekleştirilen alan gezileri ve yerinde gözlem yöntemleri ile toplanmıştır. Alan çalışması sırasında bölgedeki hanlar ve iş merkezlerinin (yalnızca izin verilen hanlar dahil edilmiştir) giriş katlarındaki bilgilendirme panoları fotoğraflanmış ve bu panolar, işlevsel analizlerde referans alınmıştır. Bazı hanlarda fotoğraf çekimine izin verilmemesi sebebiyle tüm yapıların iç mekânlarına erişim mümkün olmamıştır. Ancak elde edilen görsel ve yazılı materyaller, harita üzerine detaylı bir şekilde işlenmiş ve genel karşılaştırma bu haritalar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Sonuç bölümünde, söz konusu üç dönemdeki işlevsel değişimler ve kentsel yapının dönüşümü karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu analizler sayesinde Babiâli Bölgesinin, yani “Yer” in geçirdiği dönüşüm bütüncül biçimde ortaya konmaya çalışılmıştır. Dönüşümün niteliği, sürekliliği ya da olası “yer kaybı”, elde edilen veriler doğrultusunda değerlendirilmiş ve bu verilerin ne tür çıkarımlara olanak tanıdığı üzerine yorumlar geliştirilmiştir.

2. GENIUS LOCI / YERİN RUHU KAVRAMI

Genius Loci kavramını derinlemesine anlayabilmek için fenomenolojiye dair temel bir kavrayışa sahip olmak gereklidir. Edmund Husserl'in geliştirdiği bu düşünsel yaklaşım, bireyin dünyayı öznel deneyimleri yoluyla algıladığını ve bu algıların bilinç süzgecinden geçerek “fenomen” adı verilen anlam yapılarına dönüştüğünü öne sürer. Bu bağlamda gerçeklik, nesnenin kendisinden çok, bireyin ona yüklediği anlamlarla şekillenir.[3] Husserl'in bu görüşleri, öğrencisi Martin Heidegger tarafından mekân kavramıyla ilişkilendirilerek mimarlık

düşüncesine taşınmıştır. Heidegger, yalnızca fiziksel bir alan olmanın ötesinde, bir yerin insanda aidiyet hissi uyandırmasıyla “yer” haline geldiğini savunmuş; böylece mekân ve yer kavramları arasındaki farkı vurgulamıştır. Ancak bu düşünceler, mimarlık ortamında başlangıçta sınırlı etki yaratmıştır; zira dönemin mimarlık gündemi fenomenolojik yaklaşımlardan ziyade modernist tartışmalara odaklanmıştır.[4]

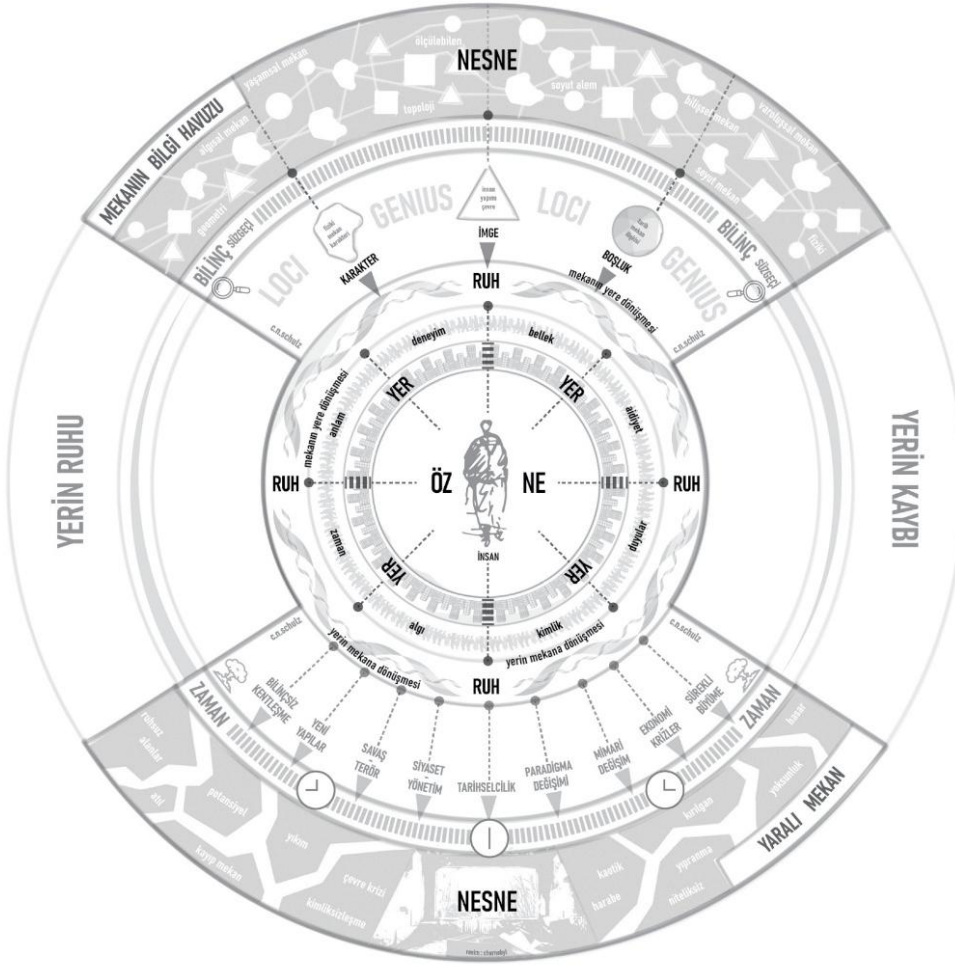


Görsel 2. Fenomenoloji Nedir Diyagramı, M. Bahadırcaan Günay, 2025

Christian Norberg-Schulz tarafından ilk kez mimarlık alanında yüksek sesle tartışılmaya başlanan Genius Loci kavramı, mimarlık kuramı içerisinde derin düşünsel sorgulamaların kapısını aralamıştır. Schulz, bu yaklaşımı “Genius Loci” başlığı altında ele alarak, mimari üretimin yerle kurduğu ilişkinin önemine dikkat çekmiş ve mimarlık pratiğinde bu ilişkinin belirleyici rolünü vurgulamıştır. 1979 yılında yayımladığı “*Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*” adlı eseriyle, mimarlık literatürüne fenomenolojik bakış açısını entegre eden yeni bir kuramsal çerçeve sunmuştur.

Christian Norberg-Schulz, Genius Loci kavramını şu ifadelerle tanımlamaktadır:

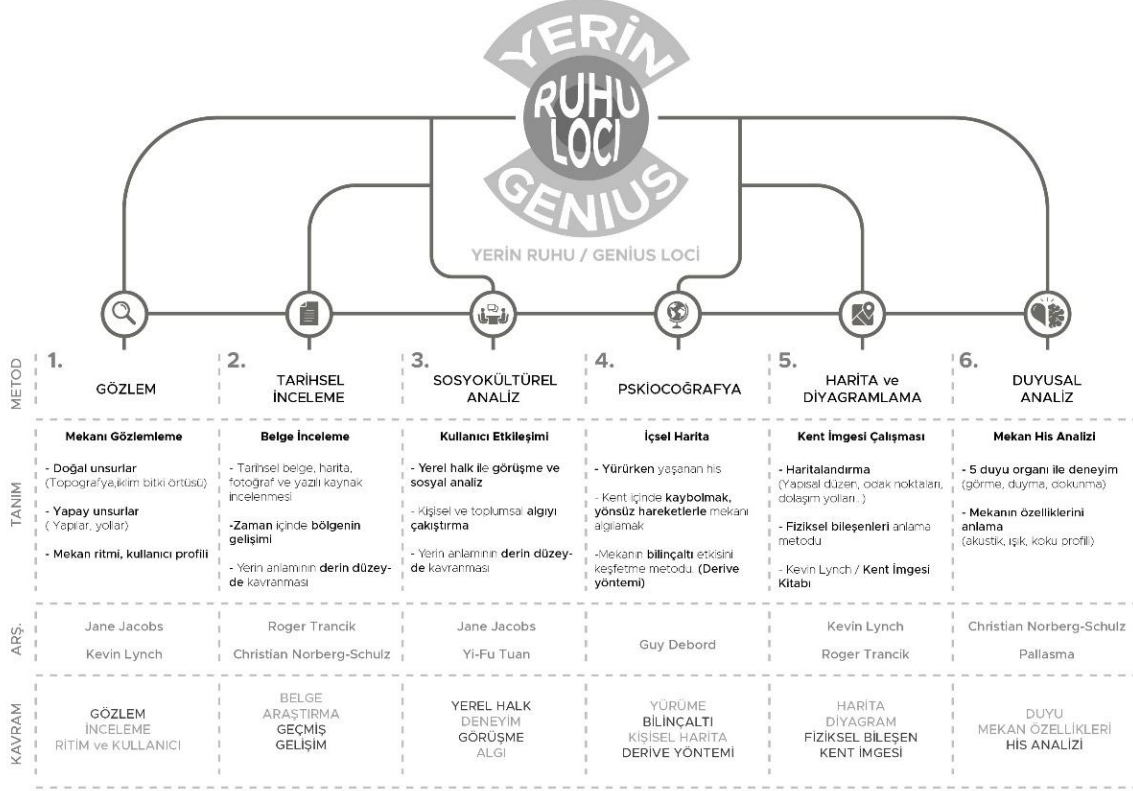
“Antik dönemde insanlar bu kavramı ‘genius loci’ terimiyle karşıladılar. Her yer kendine özgü bir karaktere sahipti ve herhangi bir yerde yerleşip orada yaşamak için öncelikle o yerin ruhuyla bir uyum kurulması gerekiyordu. Bu nedenle yapı inşa etmek, mevcut çevreyi anlamak ve ona saygı göstermek anlamına geliyordu. Yapı yapma eylemi, insana varoluşsal bir temel sağlıyordu. Günümüzde ise bu kavram unutulmuş durumda; bunun bir sonucu olarak da kaotik bir çevre içinde, insanlıktan uzak ve yabancılaşmış bir şekilde yaşamaktayız.” [5]



Görsel 3. Yerin Ruhu / Genius Loci oluşum Diyagramı, M. Bahadırca Günay, 2025

Bir kavram olarak Yer'in doğru anlaşılabilmesi, öncelikle onun *mekân* kavramından ayrıştırılmasıyla mümkündür. Her ne kadar bu iki terim çoğu zaman eşanlamı kullanılsa da aralarında anlam bakımından önemli bir fark bulunmaktadır. Mekân, fiziksel özellikleri tanımlanabilen, ölçülebilir bir alanı temsil ederken; yer, insanın hafızası, duyguları ve deneyimleri aracılığıyla anlam kazanan, aidiyet içeren bir varoluş biçimine dönüşür.[6] Mekânın yer hâline gelmesi, özneye kurduğu ilişki üzerinden gelişir; ancak bu bağ aynı zamanda tersine de dönebilir. Yani, anlam yüklü bir yer zamanla bu niteliklerini yitirerek sıradan bir mekâna dönüşebilir. Bu dönüşüm süreci, ani kırılmalarla ya da yavaş yavaş gerçekleşen değişimlerle ortaya çıkabilir ve çoğunlukla sosyo-politik müdahaleler, plansız büyüme, kültürel kopuşlar ya da mimari anlayışlardaki değişimlerle ilişkilidir.[7] Böyle

durumlarda, bir zamanlar güçlü bir kimliğe sahip olan yerlerin, belleğini ve ruhunu yitirdiği görülür; bu durum çalışmada “yaralı mekân” olarak tanımlanmıştır



Görsel 4. Yerin Ruhü Okuma Yöntemleri, M. Bahadırcañ Günay, 2025

Yerin ruhunu (Genius Loci) okumak için pek çok farklı yöntem bulunmaktadır. Yukarıdaki Görsel 4 incelendiğinde, gözlem, tarihsel inceleme, sosyokültürel analiz, psikocoğrafya, haritalama ve diyagramlama ile duysal analiz gibi yöntemlerin bu bağlamda öne çıktığı görülmektedir. Bu yöntemler, bir mekânın yalnızca fiziksel değil; tarihsel, sosyal ve duygusal katmanlarını da anlamlandırmaya olanak tanımaktadır.

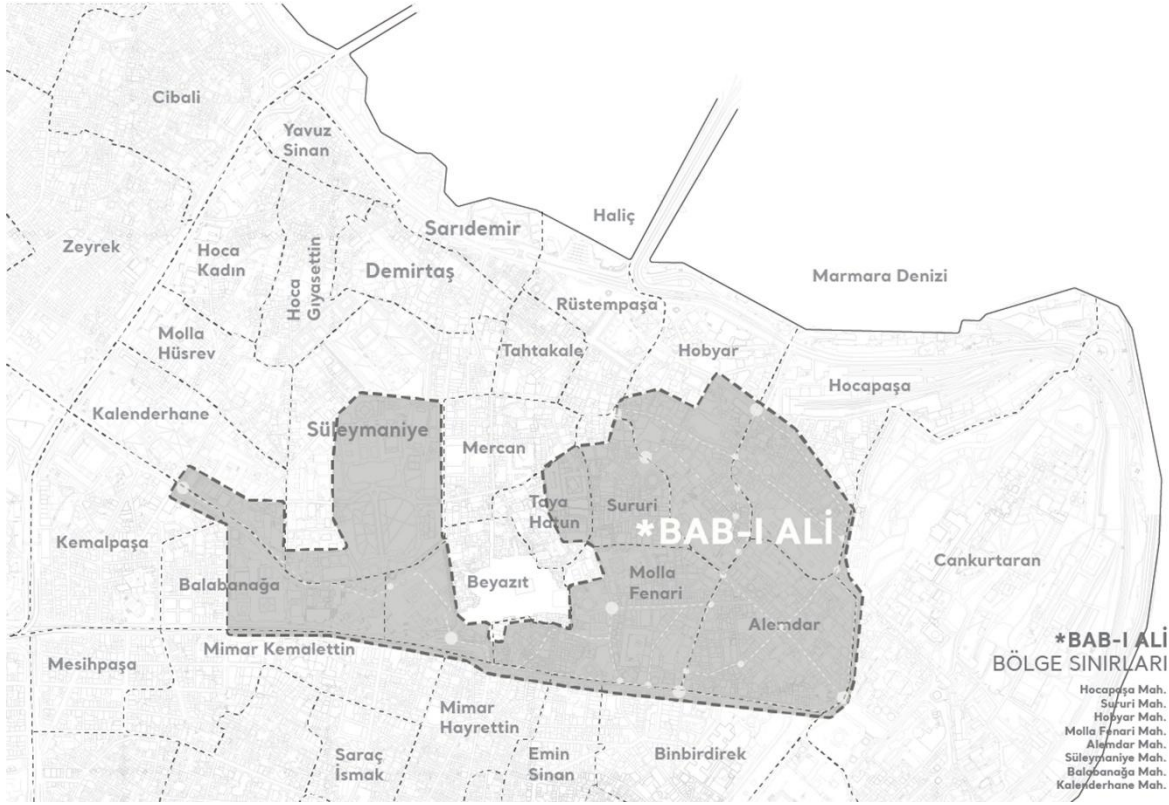
Bu çalışmada kullanılan gözlem, tarihsel inceleme ve harita-diyagramlama yöntemleri, Babiâli bölgesinin çok katmanlı yapısını anlamaya yönelik bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Gözlem, kentsel mekânın bugünkü kullanıcı deneyimlerine ve yapay çevresine odaklanırken; tarihsel inceleme, yerin kimliğini oluşturan geçmişe ait dönüşümleri anlamaya yardımcı olur. Harita ve diyagramlama ise fiziksel değişimleri görsel veriye dönüştürerek mekânın zaman

içindeki evrimini somutlaştırır. Çalışmamızda bu üç yöntemi bütüncül bir yaklaşımla bir araya getirerek, Bab-ı Ali Bölgesinin yerin ruhunu çok katmanlı bir bakışla değerlendirmesi amaçlanmaktadır.

3. BAB-I ALİ BÖLGESİ

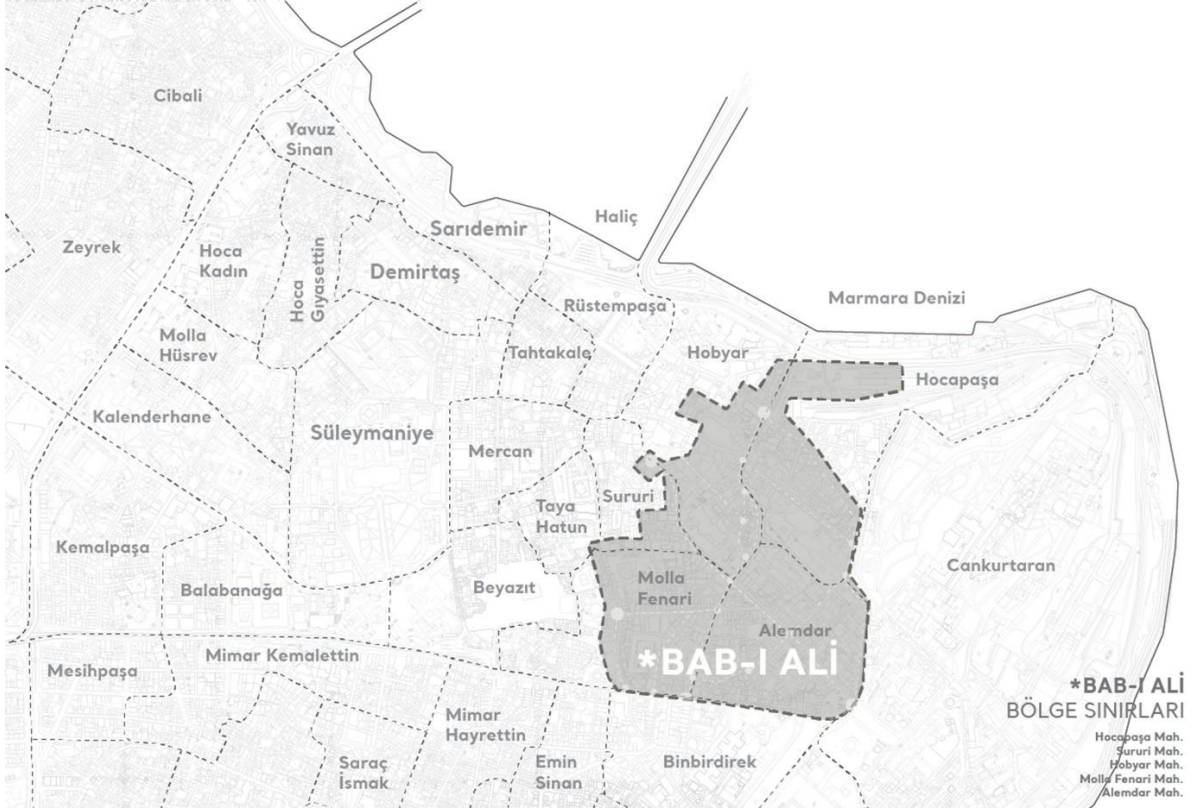
“Babıâli”, resmi olarak belirlenmiş sabit bir idarî ya da siyasal sınıra sahip olmamakla birlikte, toplumsal hafızada güçlü bir yere sahip, tanınabilir bir kentsel bölge niteliği taşımaktadır. Bu nedenle, bu alanın mekânsal çerçevesini ve fiziksel karakterini kavrayabilmek için, burada yaşamış ve üretim yapmış yazarların bireysel anlatılarını karşılaştırmalı biçimde değerlendirmek, bölgenin sınırlarını belirleme açısından anlamlı bir yaklaşım sunar. Babıâli’yi bir kentsel bölge olarak tanımlayan erken örneklerden biri, Tanzimat döneminin dikkat çeken edebiyatçılarından Ahmet Rasim’dir. Onun betimleyici anlatısı, Orhan Koloğlu’nun *Bir Zamanlar Babıâli* adlı eserinde de referans alınarak aktarılmıştır. Söz konusu anlatım şu şekildedir:

“Şehzadebaşı’nda Direklerarası’ndaki çayhanelerle mürekkepçiler içindeki birkaç kitapçı, Sarafim’in Kıraathanesi yollarıyla Sultan Mahmud Türbesi’ndeki Çemberlitaş Hamamı bitişiğindeki kitapçı Celil’den sonra Cağaloğlu istikametine inilir, kitapçılar ve gazete idarehaneleri arasından ilerlenip Ebu’s-Suûd Caddesi’nin altına ve karşısında postane tarafındaki sokaklara varılır; ayrıca Beyazıt’taki ve Kaşıkçılar Kapısı’ndaki sahaflarla Valide Hanı, diğer yanın hududunu teşkil eder.” [8]



Görsel 5. Ahmet Mithat Efendi Tanımıyla Bab-ı Ali Haritası, M. Bahadırçan Günay, 2025

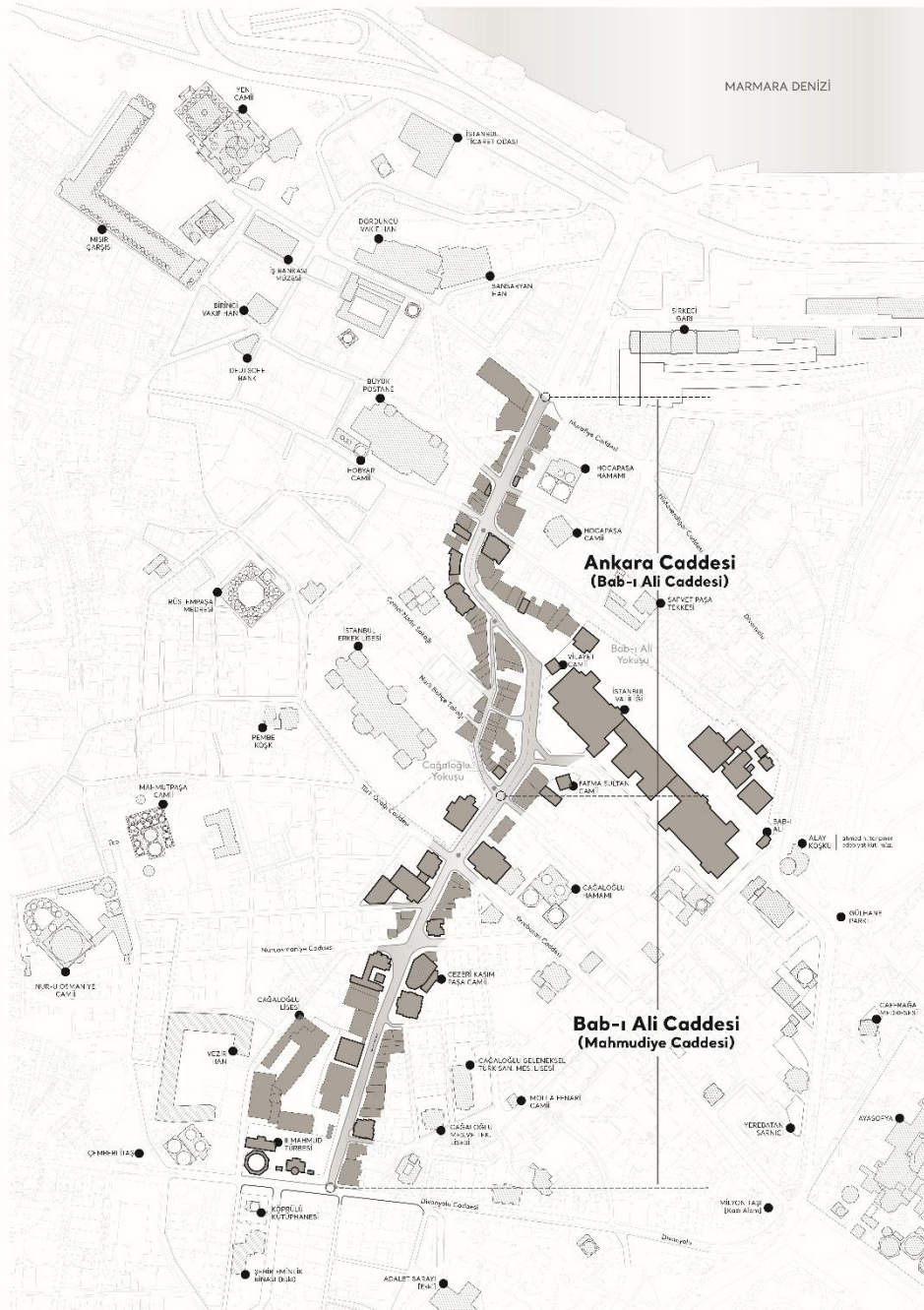
Birden fazla yazarın ve araştırmacının aktardığı bu tanımlar bir araya getirildiğinde, özel gözlem ve anlatıların çakıştırılması yoluyla Babıâli'nin fiziksel sınırlarını ve mekânsal kapsamını belirlemek mümkün hâle gelmektedir. Görsel 6'daki (bildirinin birinci yazarı tarafından oluşturulan) Babiâli haritasının kuramsal ve anlatısal temelini oluşturan başlıca kaynak kişiler arasında Ahmet Mithat Efendi, Ahmet Rasim, Reşad Ekrem Koçu, Necip Fazıl Kısakürek, İlber Ortaylı, Adnan Özyalçınar, Orhan Koloğlu, Haldun Hürel, Nail Güreli ve Turgay Anar yer almaktadır. Bu isimlerin eserlerinde yer alan betimleyici ve tanımsal anlatılar, bölgenin tarihsel sürekliliğini ve mekânsal kimliğini yeniden inşa etmek açısından birincil kaynak niteliğindedir.



Görsel 6. Bab-ı Ali Sınır Tespit Haritası, M. Bahadırcaan Günay, 2025

Tüm bu tarihsel tanımlamalar ve edebî-bilimsel anlatıların ışığında, Babıâli olarak tanımlanan bölgenin günümüzdeki fiziksel sınırları şu çerçevede tanımlanabilir: Ankara Caddesi ekseninde şekillenen merkezî aks, büyük yangın sonrasında oluşmuş kentsel morfolojik yapıyı temel almaktadır. Tarihsel süreç içinde Eski Babıâli Caddesi (bugünkü Ankara Caddesi), Vilayet, Divanyolu, İstanbul Erkek Lisesi (eski Düyûn-ı Umûmiye Binası), Nuruosmaniye, Yerebatan ve II. Mahmud Türbesi arasında kalan alan, Babıâli'nin mekânsal kapsamını oluşturan temel bölge olarak tanımlanabilir.

4. BİR CADDENİN DÖNÜŞÜMÜ: Bab-ı Ali ve Ankara Caddesi



Görsel 7. Çalışma Alan Haritası, M. Bahadırcaan Günay, 2025

Araştırmamanın temel girdisini Orhan Koloğlu'nun *Bir Zamanlar Babiâli* adlı eserinde yer verdiği karşılaştırmalı analiz oluşturmaktadır. Koloğlu, 1998 yılına ait mevcut durumu ele alırken, Reşad Ekrem Koçu'nun *İstanbul Ansiklopedisi*'nde yer alan, cadde üzerindeki yapıların işlevlerine dair kayıtları esas almış ve iki dönemi karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Söz konusu analiz, mekânsal sürekliliği ve işlevsel dönüşümü değerlendirmeye yöneliktir. Reşad Ekrem Koçu'nun verileri, 1944–1951 yıllarını kapsayan ilk dönem ile 1958–1973 arasındaki ikinci dönem olmak üzere iki ayrı tarih aralığında derlenmiştir. Koçu'nun ilk dönem çalışması

“Bahadır Sokağı” maddesiyle, ikinci dönem ise “Gökçınar” maddesiyle sonlanmaktadır.[9] Koloğlu ise bu tarihsel verileri güncel durumla karşılaştırırken, Sirkeci–Divanyolu hattında yaşanan değişimleri kendi yorumlarıyla birlikte şu ifade ile değerlendirmiştir:

“Babıâli’nin basından arınmasının sonucu olarak onların yerini ne gibi kurumlar ve işletmeler almıştır? Bu amaçla Reşad Ekrem Koçu’nun İstanbul Ansiklopedisi’nde kaydettiği 1945–50 yıllarına ait, Sirkeci’den Divanyolu’na kadar ki cadde üzerinde mevcut kurumlarla 1998’in Eylül’ündekiler karşılaştıran bir listeyi vermeyi yararlı bulduk.” [10]

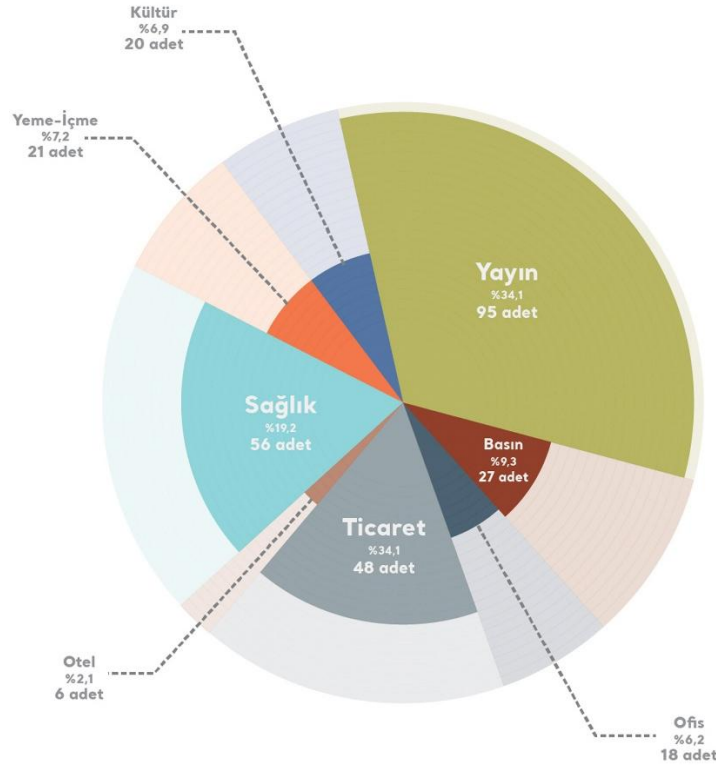
Bu ifade doğrultusunda yapılan okuma, Koloğlu’nun değerlendirmelerini Ankara Caddesi ve Babıâli Caddesi (Yeni) maddeleri üzerinden gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla bildiride yer verilen pasta grafikler de bu iki caddeye dayalı olarak, Orhan Koloğlu’nun sunduğu veriler esas alınarak hazırlanmıştır.

2025 yılına ilişkin zemin kat ve işlev analizleri yapılırken, Cağaloğlu Yokuşu’nun da bu aksa dahil edilmesi gerektiği düşünülmüş ve analiz kapsamına alınmıştır. Reşad Ekrem Koçu’nun işlev analizi haritası oluşturulurken de bu üç bileşen — Ankara Caddesi, Babıâli Caddesi (Yeni) ve Cağaloğlu Yokuşu — temel alınmıştır. Bu doğrultuda çalışmamızda da Orhan Koloğlu’nun tespitlerine dayanarak, Görsel 8’deki şekilde işlevleri üst başlıklar altında toplamaya karar verilmiştir.

 * BASIN : Gazete - dergi / Gazete Bürosu / Gazete Bayisi / Ajans...		 * BANKA	
 * YAYIN : Yayınevi - Kitapçı / Matbaa / Kitap Dağıtım / Kirtasiye...		 * OTEL	
 * KÜLTÜR : Ressam - Hattat / Kütüphane / Vakıf - Cemiyet / Camii - Türbe...		 * YÖNETİM	
 * YEME İÇME : Kahvehane / Restoran		 * EĞİTİM	
 * OFİS : Avukat / Mali Müşavir / Reklamcı / Sigortacı			
 * TİCARET: Foto Malz. / Kuyumcu / Antik Halıcı / Saatçi / Gözlükçü / Market...			
 * SAĞLIK: Diş Hekimi / Eczane / Doktor...			

Görsel 8. İşlev Lejantı, M. Bahadırcaan Günay, 2025

5. REŞAD EKREM KOÇU: HARİTA ve TESPİTİ (1945-55)



Görsel 9. Reşad Ekrem Koçu Dönemi Pasta Grafiği, M. Bahadırcaan Günay

İlk olarak incelenecek dönem, Reşad Ekrem Koçu'nun İstanbul Ansiklopedisi'nde gerçekleştirmiş olduğu çalışmadır. Koçu'nun 1945–1950 yıllarını kapsayan tespitlerine bakıldığında, Babıâli merkez aksının —bu bildiride Ankara Caddesi ve Babıâli Caddesi olarak anılacaktır— yaşayan, insan etkileşiminin yoğun olduğu bir "habitat bölgesi" niteliğinde olduğu ilk dikkat çeken bulgudur.

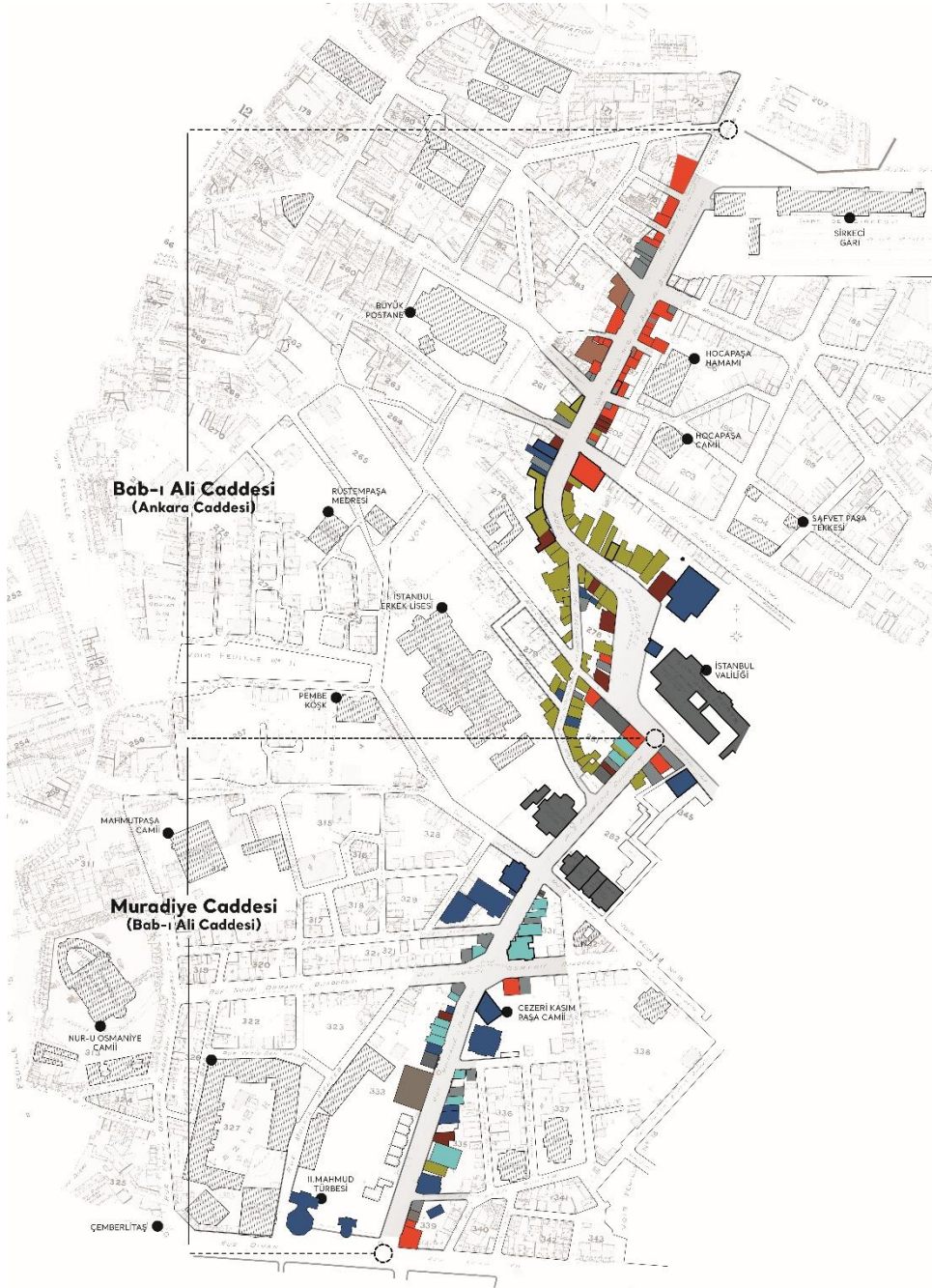
Görsel 9'a bakıldığında, Babıâli bölgesinde 1940'lı yıllarda basın ve yayın işlevlerinin birlikte, birbirini tamamlayan iki temel kimlik olarak varlık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Osmanlı'nın son döneminde şekillenmeye başlayan bu yapı, Cumhuriyet sonrasında yönetim işlevinden ayrılarak sadece basın ve yayın eksenine oturmuştur. Döneme ait veriler 27 adet basın, 95 adet yayın işlevli yapının bölgede bulunduğunu göstermektedir. Bu iki kimliğin çevresinde, başta Meserret Kahvesi gibi mekânlarla temsil edilen yeme-içme ve kültür alanlarının destekleyici işlevler üstlendiği anlaşılmaktadır. Bu tür kamusal alanlar, yalnızca sosyalleşme değil, aynı zamanda edebiyat ve düşünce üretimi için de önemli merkezler olmuştur.



Görsel 10. Meserret Kahvesi [11]

Aynı dönemde sağlık hizmetlerinin bölgede dikkat çekici bir yoğunlukla varlık göstermesi, sağlık sisteminin henüz kurumsal bir yapıya tam olarak kavuşmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Devlet hastanelerinin sınırlılığı ve azınlık-vakıf hastanelerinin erişim zorlukları, bireysel muayenahanelerin merkezî konumda yer alan Babiâli’de yaygınlaşmasına neden olmuştur. [12] 1946 sonrası sağlık reformları da bu gelişmeyi desteklemiştir. Bu durum, bölgenin yalnızca entelektüel değil, aynı zamanda gündelik yaşama doğrudan temas eden bir hizmet alanı olduğunu göstermektedir.

Ticari yapıların ise daha çok küçük ölçekli, gündelik ihtiyaçlara yönelik işlevler barındırdığı görülmektedir. Terzi, berber, kasap ve gözlükçü gibi esnaf tipolojisi ağırlıktadır. Ayrıca, bölgede tespit edilen 12 özel ev, alanın sadece kamusal değil, yarı özel kullanım biçimlerine de açık bir yerleşim dokusu sunduğuna işaret etmektedir. Otel işlevi ise 6 adetle belgelenmiştir ve bu yapıların çoğu Sirkeci çevresinde, tren garı gibi ulaşım düğüm noktalarına yakın konumlanmıştır.



Görsel 11. 1945-50 R.E.K. Dönemi Zemin Kat İşlev Haritası, M. Bahadırçan Günay, 2025

1945–1950 dönemine ait özgün haritalara ulaşılamadığı için, bu döneme ilişkin zemin kat işlev analizleri 1904 tarihli Goad Haritası temel alınarak yeniden kurgulanmıştır. Haritalama sürecinde, İstanbul Ansiklopedisi’nin ilgili üç maddesinden (Ankara Caddesi, Babıali Caddesi (Yeni) ve Cağaloğlu Yokuşu) elde edilen veriler esas alınmıştır. [13] Sirkeci’den Divanyolu’na uzanan ana aks üzerinde, özellikle tren garına yakın bölgelerde yeme-içme mekânları ve otellerin yoğunluğu dikkat çekmektedir. Ankara Caddesi (eski adıyla Babıâli Caddesi) çevresinde bu işlevlerin ağırlıklı biçimde yer alması, ulaşımın bölgedeki ekonomik ve sosyal

işlevleri şekillendirmedeki rolünü vurgulamaktadır. Öte yandan, Babiâli ve Cağaloğlu caddeleri boyunca, matbaa, gazete, kırtasiye ve yayınevlerinin yüksek oranda varlık gösterdiği, haritadaki yeşil tonların yoğunluğundan da izlenebilmektedir; bu durum, söz konusu hattın dönemin belirgin bir basın-yayın odağı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yönetim işlevleri ise Türkocağı ile Muradiye Caddesi'nin kesişim noktasında belirginleşmekte, bu bölgede konumlanan vilayet binası, çeşitli bakanlık yapıları ve konsolosluklar idari kimliği pekiştirmektedir. Muradiye Caddesi'nin Divanyolu'na kadar uzanan kesimi ise ağırlıklı olarak sağlık ve kültürel işlevlerin yoğunlaştığı bir kentsel kesit olarak öne çıkmaktadır. Bu dağılım, Divanyolu üzerindeki tramvay hattının sağladığı erişilebilirlik avantajı ile çevredeki tarihî ve kamusal yapıların (halkevleri, kütüphaneler, cemiyetler, cami ve türbeler) mekânsal kümelenmesiyle açıklanabilir. Reşad Ekrem Koçu'nun İstanbul Ansiklopedisi'nde yer verdiği tanımlamalar dikkate alındığında, Babiâli için şu anlam yüklü tanımlı yapmak da mümkündür:

“Babiâli, yalnız sadaretin değil; devleti, matbaayı, kalemi, mürekkebi, saraya bakan sırtı, halkın yürüdüğü yolu, hatta yangını, darbeyi ve anıyı da içine alan bir İstanbul parçasıdır.”

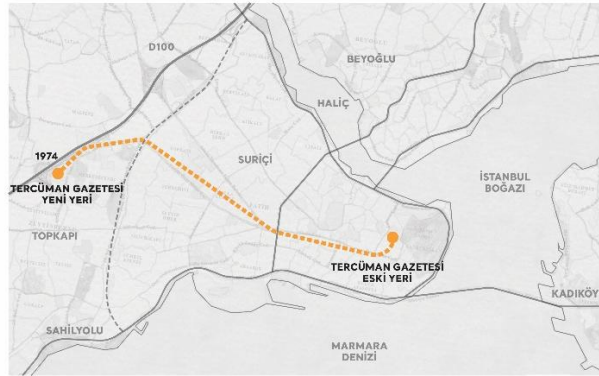
6. ORHAN KOLOĞLU: HARİTA VE TESPİTİ



1980 sonrası dönemde Türkiye'nin ekonomik politikalarında yaşanan dönüşüm ve küreselleşme sürecinin ivme kazanması, kent mekânları üzerinde göz ardı edilemeyecek etkiler

yaratmıştır. 1980’li yılların sonlarına doğru, dönemin İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı Bedrettin Dalan’ın öncülüğünde yürütülen “İstanbul’un büyütülmesi, genişletilmesi ve merkezî kent bölgelerinin turizme kazandırılması” yönündeki politikalar çerçevesinde Babiâli bölgesi bu dönüşümden doğrudan etkilenmiştir. [15]

1980 yılında kabul edilen nazım imar planı kararları doğrultusunda, matbaacılık ve basım faaliyetleri sanayi sınıfına dahil edilmiş; bu doğrultuda İkitelli Basın Ekspres Yolu’nun inşasıyla birlikte Babiâli’deki birçok yüksek tirajlı gazete, bölgeden kademeli olarak taşınmaya başlamıştır. Bu süreçte sembolik öneme sahip ilk yapının Tercüman Gazetesi’nin merkezi ve 2025 yılında yıkılmış olan Cevizlibağ’daki Tercüman Binası olduğu görülmektedir [16]. Süreç içerisinde Hürriyet, Milliyet, Sabah ve Dünya gibi ana akım gazeteler de İkitelli ve Güneşli bölgelerinde konumlanan yeni tesislerine taşınmışlardır.

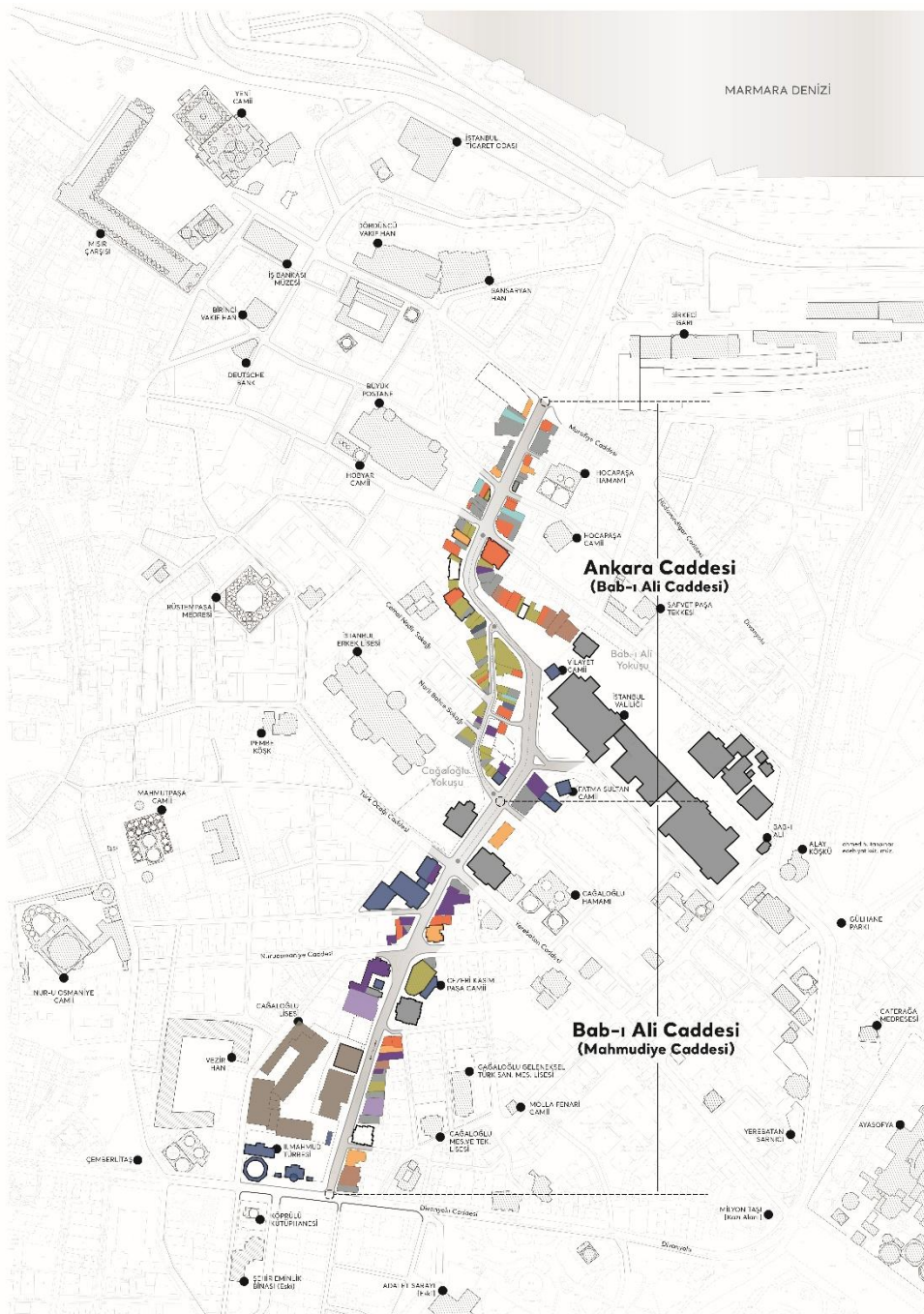


Görsel 14. Tercüman Gazetesinin Bölgeden Ayrılışı, M. Bahadırhan Günay, 2025

Basının bölgeden çekilme süreci bu örnekler doğrultusunda somut biçimde izlenebilir hale gelmiştir. Bu bağlamda Görsel 13’teki grafiğe yeniden dönerek işlevlerin dönüşümüne bakıldığında önemli bazı gözlemler ortaya çıkmaktadır. Bölge, uzun yıllar boyunca basın işlevi çerçevesinde şekillenirken, bu kimliğe bağlı olarak gelişen ticari alt işlevler de aynı doğrultuda konumlanmıştır. Örneğin, bölgede fotoğraf malzemesi satan dükkânlar, tamirciler, elektronikçiler gibi basın-yayın sektörünü destekleyen küçük ölçekli işletmelerin varlığı bu bağlamda değerlendirilebilir. Ancak 1998 yılına ait ticaret işlevlerine dair veriler incelendiğinde, bu özgün özelliğin yerini daha genel ve kimliksiz ticari yapılara bırakmaya başladığı anlaşılmaktadır.

7. 2025 DÖNEMİ HARİTA VE TESPİTİ

2025 dönemine ilişkin inceleme, alan analizine dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Görsel 15'te yer alan zemin kat işlev haritası ile Görsel 16'daki işlev pasta grafiği, Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştirilen iki saha çalışmasında elde edilen güncel verilere dayanmaktadır. Bölgedeki yapı ve işlev tespiti, han ve binaların girişlerinde bulunan kat bilgilendirme panolarının belgelenmesi ve sokak kotunda yapılan doğrudan gözlemler aracılığıyla sistematik biçimde kayıt altına alınmıştır.

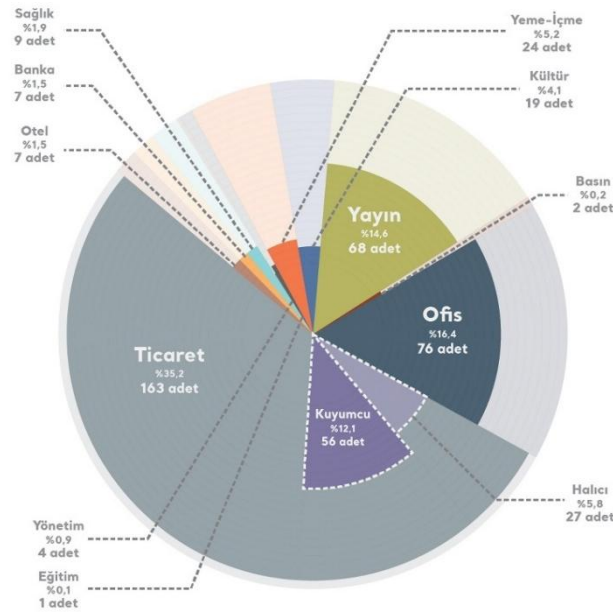


Görsel 15. 2025 Dönemi Zemin Kat İşlev Haritası, M. Bahadırcaın Günay, 2025

Günümüzde zemin kat verileri incelendiğinde, Sirkeci Garı ve çevresinin, özellikle Tahtakale ile sahil hattından gelen turistik hareketliliğin etkisiyle yoğun biçimde ticaret ve yeme-içme işlevlerine ev sahipliği yaptığı görülmektedir. Bu aks boyunca konumlanan otel sayısındaki artış da bu turistik baskıyı destekler niteliktedir. Ankara Caddesi'nden Babıâli Yokuşu olarak bilinen Vilayet bölgesine doğru ilerledikçe, bir yandan yayınevleri ve matbaaların yer aldığı yayın işlevleri, diğer yandan kahvehane temelli yeme-içme mekânları dikkat çekmektedir. Ancak bu yayın işlevlerinin niteliksel anlamda geçmişe oranla ciddi bir değişim gösterdiği, üretim ve kültür temelli yayıncılığın yerini fotokopici, davetiye basımı ve kırtasiyecilik gibi hizmet odaklı basım faaliyetlerine bıraktığı tespit edilmiştir.

Vilayet binasından başlayarak II. Mahmud Türbesi'ne ve oradan Nuruosmaniye Caddesi'ne uzanan kesitte kuyumculuk işlevinin baskınlaştığı gözlemlenmektedir. Aynı hatta halıcılık gibi geleneksel el sanatlarına dayalı ticari işlevler de belirgin şekilde öne çıkmaktadır. Bu bölge, aynı zamanda eğitim ve kültür alanında da yoğunlaşma göstermektedir. Zemin kat işlevleri üzerinden yapılan genel değerlendirmede, bölgenin kullanıcı temelli, aidiyet hissi yüksek bir karakterden, giderek sirkülasyonun ve tüketim odaklı çeşitliliğin ön planda olduğu bir yapıya evrildiği anlaşılmaktadır. Bu dönüşüm, bölgenin kimliksel bütünlüğünü doğrudan etkilemiş ve mekânsal temsiliyetini yeniden şekillendirmiştir.

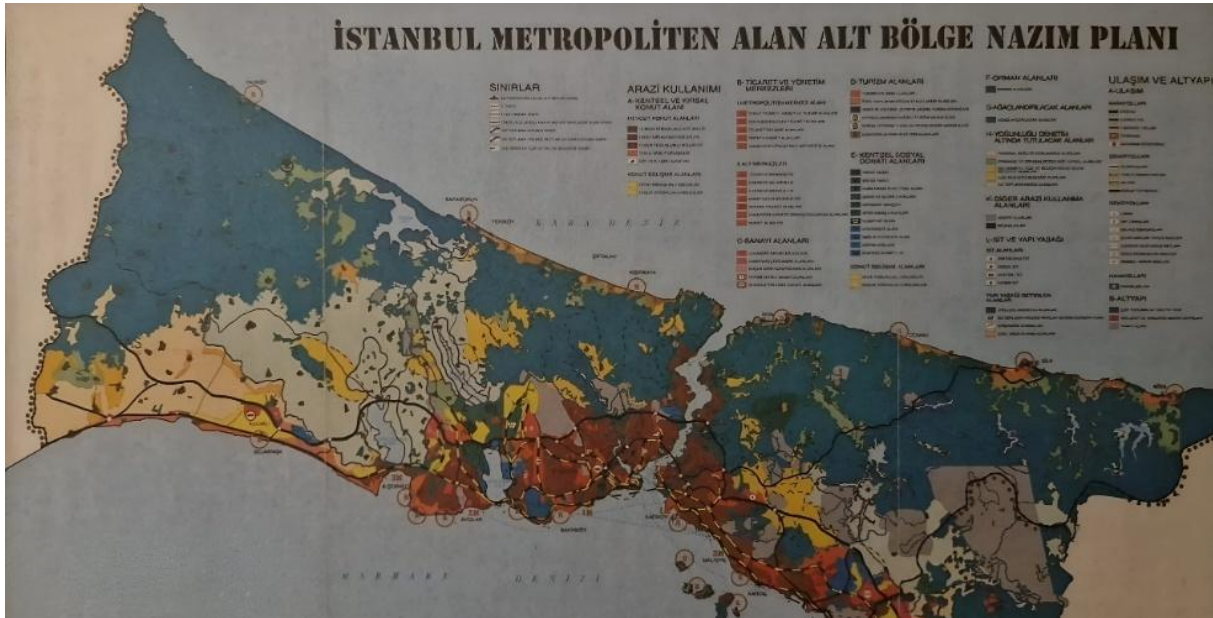
2025 | Temmuz - Ağustos



Görsel 16. 2025 İşlev Pasta Grafiği, M. Bahadırcaın Günay, 2025

Ofis işlevleri açısından ise avukatlık ve mali müşavirlik büroları hâlâ görünür olsa da bu yoğunluğun 1998'e kıyasla belirgin biçimde azaldığı ifade edilebilir. Özellikle İstanbul Adliyesi'nin Sultanahmet'ten Çağlayan'a taşınması, bölgede faaliyet gösteren hukuk ofislerinin de zamanla yön değiştirmesine yol açmıştır. Artan kira bedelleri karşısında yayıncılık ve ofis faaliyetlerinin bölgede tutunmakta zorlandığı, buna karşın kuyumculuk gibi ekonomik esneklik gösteren işlevlerin yer edinme açısından daha avantajlı hâle geldiği görülmektedir. Bu durum, işlevsel dönüşümün yalnızca kültürel ya da tarihsel değil, aynı zamanda ekonomik dinamikler tarafından da şekillendirildiğini göstermektedir.

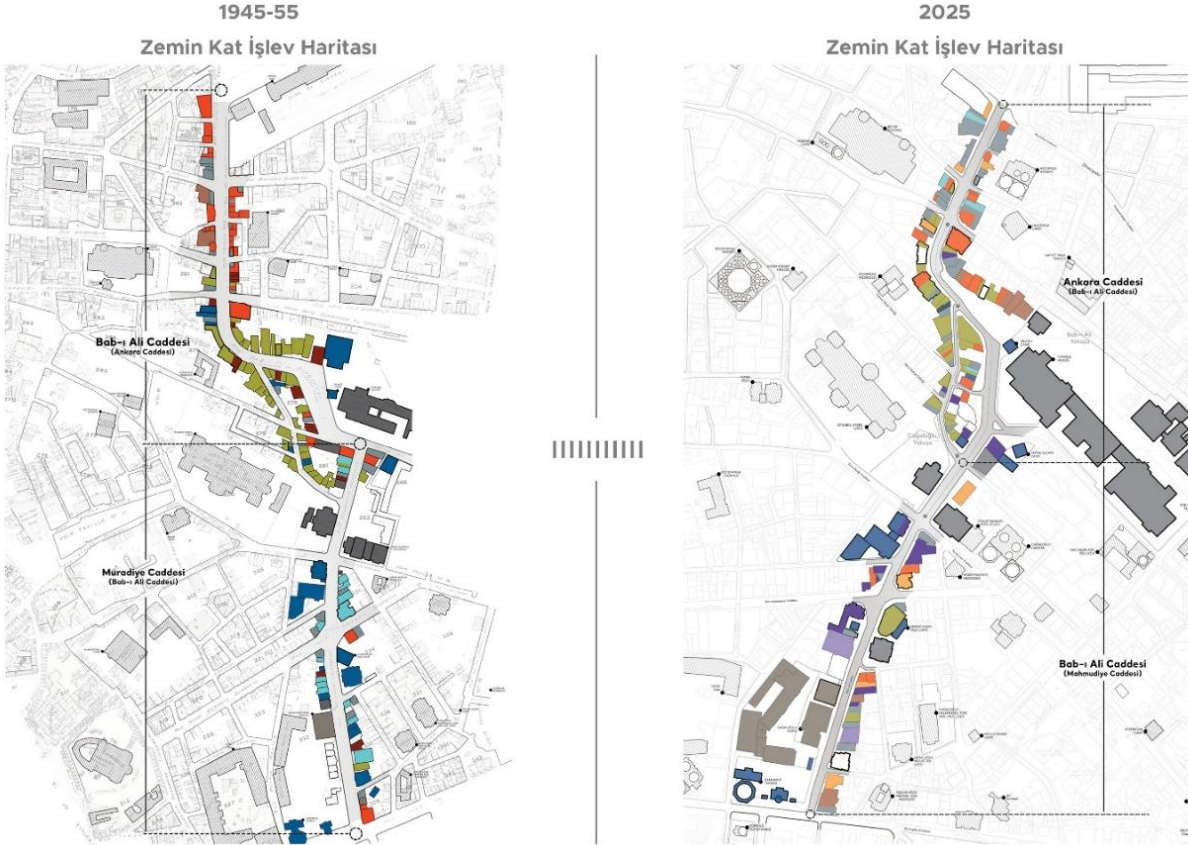
Son olarak, kuyumculuk ve halıcılık gibi geleneksel üretim ve satış işlevlerinin oranı, günümüzde yayıncılık ve ofis gibi bilgi temelli işlevlerle başa baş bir düzeye ulaşmıştır. Cumhuriyet Gazetesi'nin 2003 yılında, Anadolu Ajansı'nın ise 2013'te bölgeden taşınmasıyla birlikte, basın işlevi neredeyse tamamen ortadan kalkmıştır.[17] Bu gelişme, 1980 sonrası ekonomik yönelimler ve 1995 tarihli Nazım İmar Planı gibi makro ölçekteki politikaların, Babıâli'nin mekânsal kimliği üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Söz konusu kararların, bölgenin 30 yıl gibi kısa bir sürede köklü biçimde dönüşüm geçirmesine zemin hazırladığı söylenebilir.



Görsel 17. 1995 Nazım İmar Planı, [18]

8. KARŞILAŞTIRMA: “YER”İN DÖNÜŞÜMÜ

Reşad Ekrem Koçu’nun (1945), Orhan Koloğlu’nun (1998) ve tarafımızca gerçekleştirilen 2025 yılı tespitleri ayrı ayrı incelendikten sonra, bu veriler karşılaştırmalı olarak bir araya getirilmiş; dönemsel dönüşümler grafikler eşliğinde analiz edilmiştir. Bu bölümde söz konusu analizlerden elde edilen bulgular doğrultusunda genel bir değerlendirme ve mekânsal değişimlere ilişkin çıkarımlar sunulacaktır.



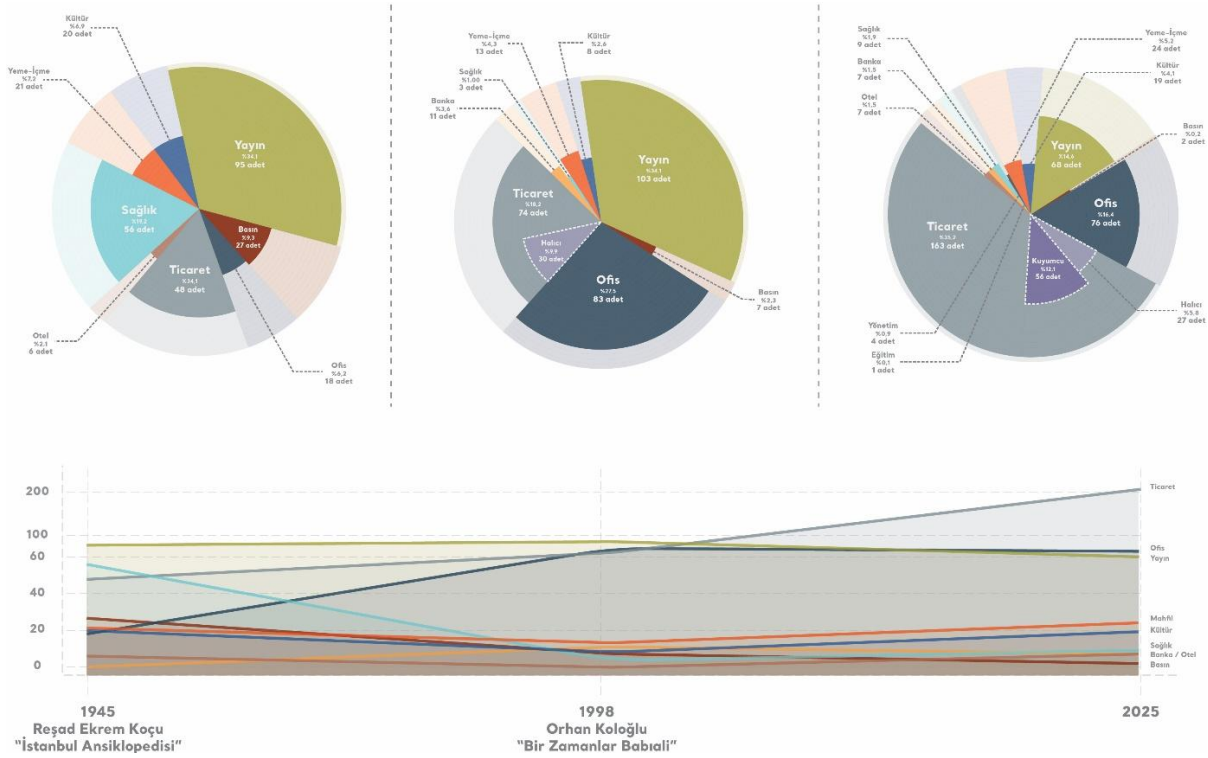
Görsel 18. Sol | 1945-50 / Sağ | 2025 Zemin Kat İşlev Haritaları, M. Bahadırhan Günay, 2025

Görsel 18’de sunulan harita doğrultusunda gerçekleştirilen analizde, bölgedeki mekânsal yoğunluk iki ana cadde ekseninde ele alınmıştır. İlk olarak Ankara Caddesi (eski Babiâli Caddesi) incelendiğinde, 1945 yılında hattın belirgin biçimde basın ve yayın işlevleriyle tanımlandığı görülmektedir. 2025 yılına gelindiğinde ise söz konusu işlevler kısmen devam etmekle birlikte, otelcilik, yeme-içme ve ticaret gibi yeni kullanımların artış gösterdiği dikkat çekmektedir.

İkinci aks olan Babiâli Caddesi (eski Muradiye Caddesi) başlangıcında ise tarihî yönetim ve kültürel karakterin belirli ölçüde korunduğu anlaşılmaktadır. Ancak 2025 verileri üzerinden

yapılan değerlendirmede, kuyumculuk işlevinin bu bölgeye doğru yayıldığı ve muhtemel bir işlevsel dönüşümün öncüsü olabileceği yönünde bulgular elde edilmiştir.

Öte yandan, Nur-u Osmaniye Caddesi'nden başlayarak II. Mahmud Türbesi'ne kadar uzanan hattın zaman içerisinde geçirdiği dönüşüm oldukça dikkat çekicidir. 1945 yılı itibarıyla bu kesitte kültür ve sağlık ağırlıklı kullanımlar, özellikle muayenahaneler öne çıkarken; günümüzde söz konusu alan büyük oranda ticari kullanımlara, özellikle kuyumculuk ve halıcılık sektörlerine devrolmuştur. Bu değişim, Nur-u Osmaniye'nin "Kuyumcular Caddesi"ne evrilmesinin bir uzantısı olarak okunabileceği gibi, kültür işlevinin de entelektüel içerikli mekânlardan (cemiyet, kütüphane, vb.) tarihsel ve turistik yapılara (camiler, türbeler) indirgenerek anlam değişimine uğradığını göstermektedir.



Görsel 19. 1945'ten 2025'e Dönüşüm Pasta ve Çizgi Grafiği, M. Bahadırhan Günay, 2025

Görsel 19'daki pasta ve çizgi grafikler incelendiğinde, 1945 yılı itibarıyla bölgede yayıncılık ve sağlık gibi kamusal hizmet ağırlıklı işlevlerin belirgin olduğu; 1998'e gelindiğinde ise bu işlevlerin yerini büyük ölçüde ofis temelli kullanımların almaya başladığı dikkat çekmektedir. Yayıncılığın belirli ölçüde varlığını sürdürmesine karşın, basın kimliğinin büyük oranda silindiği görülmektedir. Aynı dönemde otel işlevinin de neredeyse tamamen kaybolduğu tespit

edilmiştir. 2025 yılı verileri incelendiğinde ise yayıncılık artık bölgenin baskın karakteri olmaktan çıkmış; ofis işlevleriyle birlikte ancak sınırlı sayıda varlığını sürdürebilmiştir. Buna karşın, ticari kullanımlarda dikkat çekici bir artış yaşanmış; bu durumun 1995 tarihli Nazım İmar Planı ve benzeri makro ölçekli kararların gecikmeli etkileriyle ilişkili olduğu değerlendirilmektedir.

Tarihsel olarak merkezi işlev alanı kimliği taşıyan Babıâli, günümüzde bu niteliğini kaybederek daha çok turizm ve ticaret odaklı bir yapıya bürünmüştür. Sirkeci, Sultanahmet ve Beyazıt üçgeni içerisinde kalan bu bölge, özellikle kuyumculuk ve halıcılık gibi geleneksel ticari işlevlerde belirgin bir kümelenme göstermektedir. Devletin turizm odaklı teşvik politikaları doğrultusunda, geçmişte zayıflayan bazı kullanım biçimlerinin yeniden canlandığı görülmektedir. Bu çerçevede otelcilik, günümüzde dikkat çeken bir işlev olarak öne çıkmakta; yeni yapılaşmalar ve dönüşüm süreçleri, turizm temelli kimliğin yakın gelecekte daha da güçleneceğine işaret etmektedir.

9. SONUÇ: “YARALI MEKAN”

Babıâli, tarih boyunca İstanbul’un idari, entelektüel ve kültürel merkezlerinden biri olarak işlev görmüş; 150 yılı aşkın süredir taşıdığı güçlü basın kimliğiyle kentsel bellekte özgün bir yer edinmiştir. Ancak bu tarihsel kimlik, özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren geçirdiği mekânsal ve işlevsel dönüşümlerle ciddi bir değişime uğramıştır. 1995 tarihli Nazım İmar Planı’nda bölgenin ticari faaliyetlerle ön plana çıkarılması yönündeki kararlar ve turizm temelli ekonomik modele geçiş süreci, Babıâli’nin yerel dokusunu zayıflatmış; kullanıcı profili sirkülasyona dayalı bir yapıya evrilmiş ve yerle kurulan bağlar giderek kopmaya başlamıştır. Bu doğrultuda, turizmin, bölgenin kimliğini ve “Yerin Ruhu”nun oluşturan temel bileşenlerden biri olamayacağı söylenebilir.

Fenomenolojik yaklaşımlar çerçevesinde değerlendirildiğinde, mekânın yer hâline gelebilmesi için insanın bilinçli varlığı ve aidiyet ilişkisi temel koşul olarak kabul edilir. Ancak yapılan gözlemler, Babıâli’de kalıcı kullanıcıların azalmasıyla birlikte bu ilişkinin zayıfladığını ve bölgenin yavaş yavaş “yer” olmaktan uzaklaştığını göstermektedir. Bu durum, Christian Norberg-Schulz’un “yerin kaybı” tanımına denk düşen bir dönüşüm sürecine işaret etmektedir. Söz konusu kimlik kaybı, yalnızca sosyo-kültürel değil, aynı zamanda ekonomik ve politik yönelimlerin etkisiyle derinleşmektedir.

1980 sonrasında benimsenen neoliberal politikalar ve 1995 tarihli Nazım İmar Planı’nda yer alan şu ifade:

“Bugün turistik açıdan değer kazanan kuyumculuk, antika halı onarımı, deri konfeksiyon satışı gibi geleneksel ticaret ve faaliyetlerin korunarak geliştirilmesi gerekmektedir.” [19]

Babıâli bölgesinde köklü işlevsel dönüşümlerin önünü açmıştır. Söz konusu plan kararları doğrultusunda, uzun yıllar boyunca bölgenin karakterini belirleyen yayıncılık, matbaacılık ve kültürel üretim işlevleri giderek geri plana itilmiş; yerlerini ticaret, kuyumculuk ve turizm eksenli kullanımlar almaya başlamıştır. Bu dönüşüm süreci içerisinde, Cumhuriyet Gazetesi ve Anadolu Ajansı gibi kurumsal yapıların bölgeden çekilmesi, mekânsal kimlikteki değişimin simgesel kırılma noktalarından biri olarak değerlendirilebilir. Günümüzde Babıâli, merkezi iş alanı niteliğini büyük ölçüde yitirmiş; yalnızca gündüz saatlerinde hareketlilik gösteren, gece ise boşalan ve bu nedenle güvenlik algısının zayıfladığı, çeperde konumlanmış bir kent parçası hâline gelmiştir.

Sonuç olarak, Bölgenin zaman içinde geçirdiği dönüşüm, yerin ruhunun da dönemsel olarak değişime uğradığını göstermektedir. Bu değişim, nihayetinde bölgenin "yaralı mekâna" dönüşme sürecine girdiğini ortaya koymaktadır. Babıâli'nin gelecekte yalnızca tarihsel belgelerde ve akademik araştırmalarda varlığını sürdüren, “müze kent” benzeri bir yapıya dönüşme riski oldukça yüksektir. Bu dönüşümün önüne geçilebilmesi ve bölgenin özgün kimliğinin korunabilmesi için, tarihsel belleği gözeten, kamusal katılımı ve sürdürülebilir işlevsel çeşitliliği esas alan bir planlama yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Kale, R.Ö., *Mekân ve Yer Kavramları Üzerinden Bir İnceleme: Yerin Ruhu’nun Tarihi Çevre Algısı Üzerinde Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Ocak 2024. / s2
- [2] Norberg – Schulz, C. / Çeviren: Üçer, İ., *Yer Kavramı Bağlamında Eski Çevrelerde Yapılaşma*, Mimarlık Dergisi, s42-43, 2001
- [3] <https://ansiklopedi.tubitak.gov.tr/ansiklopedi/fenomenoloji>

(Erişim tarihi: 19.07.2025)

- [4] Prof. Dr. Usta, G., *Mekân ve Yer Kavramlarının Anlamsal Açısından İrdelenmesi*, TOJDAC Dergisi, 25-30, Ocak 2020 /s27
- [5] Norberg – Schulz, C. / Çeviren: Üçer, İ., *Yer Kavramı Bağlamında Eski Çevrelerde Yapılaşma*, Mimarlık Dergisi, 42-43, 2001 /s42
- [6] Kale, R.Ö., *Mekân ve Yer Kavramları Üzerinden Bir İnceleme: Yerin Ruhu'nun Tarihi Çevre Algısı Üzerinde Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Ocak 2024. / s13
- [7] Norberg – Schulz, C. / Çeviren: Üçer, İ., *Yer Kavramı Bağlamında Eski Çevrelerde Yapılaşma*, Mimarlık Dergisi, 42-43, 2001 /s42
- [8] Koloğlu, O., *Bir Zamanlar Bab-ı Ali*, Gazeteciler Cemiyeti Yayınları, 1998. / s4
- [9] https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0stanbul_Ansiklopedisi
(Erişim tarihi: 19.07.2025)
- [10] Koloğlu, O., *Bir Zamanlar Bab-ı Ali*, Gazeteciler Cemiyeti Yayınları, 1998. / s8
- [11] Anar, T., *İstanbul'un Kültürel Yüzü Cağaloğlu, Sultanahmet, Beyazıt*, İTO Yayınları, 2020. / s19
- [12] Yıldırım, N. (2015). *İstanbul'da Sağlık Hayatı, Antik Çağ'dan XXI. Yüzyıla Büyük İstanbul Tarihi*.
<https://istanbultarihi.ist/107-istanbulda-saglik-hayati> (Erişim tarihi: 19.07.2025)
- [13] Koçu, R.E. (1944). *İstanbul Ansiklopedisi: Ankara Caddesi Maddesi, Babıali Caddesi (Yeni) Maddesi, Cağaloğlu Yokuşu Maddesi*
<https://istanbulansiklopedisi.org/> (Erişim tarihi: 12.07.2025)
- [14] Koloğlu, O., *Bir Zamanlar Bab-ı Ali*, Gazeteciler Cemiyeti Yayınları, 1998. / s2-3
- [15] Erbaş, A.E., *Planlamaya Ekolojik Yaklaşım: Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Çerçevesinde İstanbul Örneği İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Haziran 1995. / s51-52
- [16] Güreli, N., *Dünden Bugüne Bab-ı Ali*, Heyamol Yayınları, 2009. / s76
- [17] <https://www.cumhuriyet.com.tr/turkiye/cumhuriyetin-100-yili-97-yillik-cagaloglu-gunlerinin-bitisi-ve-2203821>
(Erişim tarihi: 19.07.2025)
- [18] Özler ,Ş., *Cumhuriyet Dönemi İstanbul Planlama Raporları 1934-1995*, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, 2007. / s267

- [19] Özler ,Ş., *Cumhuriyet Dönemi İstanbul Planlama Raporları 1934-1995*, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, 2007. / s278

ANTOSİYANİN YANSIMA İNDEKSİ (ARI): GELİŞİMİ, TEKNİK TEMELLERİ VE PEYZAJ PLANLAMASINDAKİ ROLÜ

Dr.Öğr.Üyesi,Talha Aksoy

Kırklareli Üniversitesi, talha.aksoy@klu.edu.tr - 0000-0001-8577-3990

ÖZET

Antosiyaninler, bitkilere estetik değer katan ve aynı zamanda bitki sağlığı ile çevresel strese karşı toleransın bir göstergesi olan hayati pigmentlerdir. Bu pigmentlerin miktarının uzaktan ve tahribatsız yöntemlerle belirlenmesi, peyzaj planlaması gibi uygulamalı alanlar için büyük önem taşımaktadır. Bu ihtiyaca yönelik olarak Gitelson, Merzlyak ve Chivkunova (2001) tarafından geliştirilen Antosiyanin Yansıma İndeksi (ARI), bitki yapraklarındaki antosiyanin konsantrasyonunu yeşil ve yakın-kızılötesi bantlardaki yansıma değerlerini kullanarak tahmin eden spesifik bir spektral indekstir. Sonraki yıllarda bu yaklaşım, standart dijital kameralar ve makine öğrenmesi modelleri kullanılarak antosiyanin birikiminin düşük maliyetli ve yüksek doğrulukla izlendiği modern protokollere evrilmiştir (Askey et al., 2019; Valle et al., 2018). Bu derleme, ARI'nin teorik temelini, formülünü ve bu konseptin evrimini açıklamaktadır. Ayrıca, peyzaj planlaması bağlamında bu indekslerin; estetik kalitenin objektif değerlendirilmesi, bitki sağlığı ve stresinin erken teşhisi ve iklimle dayanıklı bitkilerin seçilmesi gibi alanlardaki uygulamaları incelenmektedir. Bu veri odaklı yaklaşımların, peyzaj tasarım ve yönetim süreçlerini daha sürdürülebilir ve proaktif hale getirme potansiyeli vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Antosiyanin Yansıma İndeksi (ARI), Peyzaj Planlaması, Uzaktan Algılama, Dijital Görüntüleme, Bitki Stresi, Makine Öğrenmesi, Gitelson

1. Giriş

Peyzaj planlaması, estetik ve ekolojik işlevselliği birleştiren bir disiplin olup, bu süreçte bitkilerin renkleri temel tasarım unsurlarındandır. Antosiyaninler, bitkilerin çiçek ve yaprak gibi organlarında pembe, kırmızı, mor ve mavi renkleri oluşturan pigmentlerdir ve bitki aleminin renk paletinin temelini oluştururlar (Alappat & Alappat, 2020). Ancak bu pigmentlerin rolü, görselliğin çok ötesindedir. Antosiyaninler, bitkinin ekofizyolojisinde ve savunma mekanizmalarında merkezi bir rol oynar; özellikle kuraklık, aşırı ışık ve düşük sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarına karşı bir yanıt olarak birikirler (Naing & Kim, 2021; An et al., 2019).

Bu nedenle antosiyanin birikimi, bitki sağlığının ve çevresel koşullara adaptasyon yeteneğinin güvenilir bir biyo-belirteci olarak kabul edilir.

Geleneksel olarak antosiyanin miktarının ölçümü, bitki dokusunun metanol gibi çözücülerle ekstrakte edilip spektrofotometrede absorbans değerlerinin okunması gibi laboratuvar tabanlı yöntemlerle yapılmaktaydı (Elmas & Türkış, 2019). Bu metotlar doğru sonuçlar verse de, bitkiye zarar vermeleri (yıkıcı olmaları), zaman ve emek yoğun olmaları nedeniyle geniş ölçekli peyzaj alanlarının anlık izlenmesi için uygun değildir (Valle et al., 2018). Bu kısıtlılıklar, antosiyanin konsantrasyonunu uzaktan, anlık ve tahribatsız olarak ölçebilen spektral indekslerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu alandaki en temel çalışmalardan biri, spesifik olarak antosiyanin tespiti için tasarlanmış **Antosiyanin Yansıma İndeksi (ARI)** olmuştur. Bu derleme, ARI'nin tarihçesini, teknik altyapısını ve bu temel konseptin günümüzdeki dijital görüntüleme ve makine öğrenmesi uygulamalarına nasıl evrildiğini, peyzaj planlaması disiplindeki potansiyel rollerini vurgulayarak incelemeyi amaçlamaktadır.

2. Tahribatsız Ölçüm Yöntemlerinin Gelişimi: ARI'den Makine Öğrenmesine

2.1. Temel Spektral İndeks: Antosiyanin Yansıma İndeksi (ARI)

Antosiyanin Yansıma İndeksi (ARI), bitki fizyolojisi ve uzaktan algılama alanlarında çalışan **Anatoly A. Gitelson, Mark N. Merzlyak ve O. B. Chivkunova** tarafından geliştirilmiştir. Alanın temelini atan bu çalışma, 2001 yılında yayınlanmıştır (Gitelson et al., 2001). Araştırmanın temel amacı, antosiyaninlerin yeşil spektrumdaki (yaklaşık 550 nm) ışığı emme özelliğini, klorofilin baskın yansıma etkisinden matematiksel olarak ayırarak, bu pigmentin miktarını hassas bir şekilde tahmin etmektir.

ARI'nin orijinal formülü şu şekildedir:

$$ARI = (1 / R_{550}) - (1 / R_{700})$$

- **R₅₅₀**: Yeşil banttaki yansıma değeridir. Antosiyaninler bu dalga boyundaki ışığı güçlü bir şekilde absorbe eder. Yapraktaki antosiyanin miktarı arttıkça bu bandın yansıması düşer, dolayısıyla formüldeki (1/R₅₅₀) teriminin değeri büyür.
- **R₇₀₀**: "Kırmızı-Kenar" (Red-Edge) bölgesindeki yansıma değeridir. Bu dalga boyu, klorofil ve yaprağın iç yapısından kaynaklanan yansıma değişkenliklerini düzeltmek

için bir referans olarak kullanılır ve indeksin özellikle antosiyanine odaklanmasını sağlar (Gitelson et al., 2001).

Bu indeks, multispektral veya hiperspektral sensörler gerektirir ve antosiyanin tespiti için bilimsel bir standart oluşturmuştur.

2.2. Evrim: Dijital Görüntüleme ve Makine Öğrenmesi

ART'nin temel aldığı yansıma prensibi, günümüzde daha erişilebilir teknolojilerle birleştirilmiştir. Standart dijital kameralar ve akıllı telefonlar, bu alanda bir devrim yaratmıştır.

Valle et al. (2018), standart bir dijital kamera ile çekilen RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi) görüntülerinden "antosiyanin içerik-kroma oranı" ve "yeşil gücü" gibi renk indeksleri türetmiş ve bu basit indekslerin, biyokimyasal olarak ölçülen antosiyanin konsantrasyonu ile yüksek korelasyon gösterdiğini kanıtlamıştır. Bu çalışma, pahalı sensörlere ihtiyaç duymadan, hızlı, güvenilir ve tamamen tahribatsız bir yöntemle pigment miktarının tahmin edilebileceğini ortaya koymuştur.

Askey et al. (2019), bu yaklaşımı bir adım ileri taşıyarak makine öğrenmesini sürece dahil etmiştir. Araştırmacılar, standart RGB renk uzayındaki verilerle eğitilmiş bir "kuantil rastgele orman (quantile random forest)" regresyon modelinin, yapraklardaki antosiyanin seviyelerini çok yüksek bir doğrulukla ($r^2 = 0.935$) tahmin edebildiğini göstermiştir. Bu model, sadece toplam miktarı değil, aynı zamanda yaprak içindeki pigment birikiminin **mekânsal ve zamansal dağılımını** (spatiotemporal monitoring) da izleyebilmektedir. Bu yöntem, düşük maliyetli olması ve stresin erken tespiti için muazzam bir potansiyel sunmasıyla öne çıkmaktadır (Askey et al., 2019).

3. ARI ve Modern İndekslerin Peyzaj Planlamasındaki Uygulamaları

Bu gelişmiş ölçüm teknikleri, peyzaj planlama, tasarım ve yönetim süreçlerine bilimsel ve veri odaklı bir temel kazandırmaktadır.

3.1. Estetik Değer ve Görsel Kalitenin Objektif Yönetimi

Peyzajın en önemli unsurlarından biri olan renk, antosiyaninler tarafından yönetilir. ARI ve dijital renk indeksleri, bir peyzaj alanındaki bitkilerin renklenme potansiyelini ve mevsimsel renk değişimlerini objektif olarak ölçme imkânı tanır. Tasarımcılar, bu verileri kullanarak yılın

belirli zamanlarında hedeflenen renk paletlerini oluşturacak bitki kombinasyonlarını planlayabilir ve böylece tasarımın görsel etkisini kantitatif olarak değerlendirebilir.

3.2. Bitki Sağlığı ve Stresin Erken Tespiti

Peyzaj alanlarındaki bitkiler sürekli olarak kentsel stres faktörlerine maruz kalır. Antosiyanin birikimi, bu streslere karşı verilen ilk görünür tepkidir. Askey ve arkadaşlarının (2019) geliştirdiği model gibi makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar, bu birikimi çok erken bir aşamada tespit ederek bir "erken uyarı sistemi" görevi görebilir. Dron veya sabit kameralarla periyodik olarak toplanan verilerden oluşturulan **yanlış renkli ısı haritaları (false-color heatmaps)**, park veya bahçedeki stresli bitkileri veya bölgeleri anında görselleştirir. Bu, peyzaj yöneticilerinin sulama sistemi arızaları, yerel besin eksiklikleri veya hastalık salgınları gibi sorunlara, bitkilerde geri dönülemez hasarlar oluşmadan müdahale etmesini sağlar.

3.3. Dayanıklı Bitki Seçimi ve Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı

İklim değişikliği, peyzajlarda kuraklığa ve diğer abiyotik streslere dayanıklı bitkilerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bir bitkinin stres altındaki antosiyanin üretim kapasitesi, onun dayanıklılığı hakkında önemli ipuçları verir (Naing & Kim, 2021; An et al., 2019). Geliştirilen bu tahribatsız yöntemler, farklı bitki türlerinin veya kültürlerinin kontrollü stres koşulları altındaki performansını karşılaştırmak için kullanılabilir. Bu sayede, proje alanının mikro-klimasına en uygun, en dayanıklı ve en az bakım gerektiren bitkiler veri odaklı bir şekilde seçilebilir. Bu yaklaşım, peyzajların uzun vadeli başarısını ve ekolojik sürdürülebilirliğini önemli ölçüde artırır.

4. Sonuç

Antosiyanin pigmentlerinin tahribatsız ölçümü, Gitelson ve arkadaşlarının öncülük ettiği spesifik spektral indekslerden, günümüzde herkesin erişebileceği dijital kameralar ve güçlü makine öğrenmesi algoritmalarıyla çalışan modern protokollere doğru dikkat çekici bir evrim geçirmiştir. Bu yöntemler, peyzaj planlaması disiplini için estetik değeri sayısallaştırmaktan, bitki sağlığını proaktif olarak izlemeye ve iklime dirençli tasarımlar oluşturmaya kadar uzanan çok yönlü faydalar sağlamaktadır. Bu teknolojilerin peyzaj pratiğine entegrasyonu, tasarım ve yönetim kararlarını daha bilimsel, verimli ve sürdürülebilir hale getirerek geleceğin yeşil alanlarının kalitesini ve dayanıklılığını artırma konusunda büyük bir potansiyel taşımaktadır.

Kaynaklar

Alappat, B., & Alappat, J. (2020). Anthocyanin Pigments: Beyond Aesthetics. *Molecules*, 25(23), 5500.

An, J.-P., Zhang, X.-W., Bi, S.-Q., You, C.-X., Wang, X.-F., & Hao, Y.-J. (2019). The ERF transcription factor MdERF38 promotes drought stress-induced anthocyanin biosynthesis in apple. *The Plant Journal*, 101(3), 573–589.

Askey, B. C., Dai, R., Lee, W. S., & Kim, J. (2019). A noninvasive, machine learning–based method for monitoring anthocyanin accumulation in plants using digital color imaging. *Applications in Plant Sciences*, 7(11), e11301.

Elmas, E., & Türkiş, S. (2019). Hedera helix L. Türünün Sürünücü ve Tırmanıcı Kısımlarında Bazı Pigment ve Antosiyanin İçeriklerinin Karşılaştırılması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(3), 749-754.

Gitelson, A. A., Merzlyak, M. N., & Chivkunova, O. B. (2001). Optical Properties and Nondestructive Estimation of Anthocyanin Content in Plant Leaves. *Photochemistry and Photobiology*, 74(1), 38-45.

Naing, A. H., & Kim, C. K. (2021). Abiotic stress-induced anthocyanins in plants: Their role in tolerance to abiotic stresses. *Physiologia Plantarum*, 172(3), 1711–1723.

Valle, J. C. d., Gallardo-López, A., Buide, M. L., Whittall, J. B., & Narbona, E. (2018). Digital photography provides a fast, reliable, and noninvasive method to estimate anthocyanin pigment concentration in reproductive and vegetative plant tissues. *Ecology and Evolution*, 8(6), 3064–3076.

ORGANİK TARIMDA BAKLAGİL ROTASYONU: TOPRAK SAĞLIĞI VE MİKROBİYOTA ÜZERİNDEKİ ETKİLER

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR

Siirt Üniversitesi, ozgeonder@siirt.edu.tr - 0000-0002-4650-4998

ÖZET

Organik tarım sistemlerinde toprak sağlığının korunması ve verimliliğin sürdürülebilir şekilde artırılması, ürün rotasyonuna dayalı stratejilerle yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, baklagil bitkileri rotasyonda önemli bir yer tutmakta; özellikle simbiyotik azot fiksasyonu yoluyla toprağa biyolojik olarak kullanıma hazır azot kazandırarak kimyasal girdilere olan ihtiyacı azaltmaktadır. Baklagil rotasyonu, toprakta organik madde miktarını artırmakta, fiziksel yapıyı iyileştirmekte ve mikrobiyal aktiviteyi desteklemektedir. Rhizobium başta olmak üzere faydalı mikrobiyal popülasyonların gelişimini teşvik eden bu uygulama, toprak mikrobiyotasının çeşitliliğini ve fonksiyonel kapasitesini artırarak bitki besin döngülerine olumlu katkı sağlar. Aynı zamanda, allelopatik etkiler ve biyolojik rekabet yoluyla toprak kaynaklı patojenlerin baskılanmasına yardımcı olur. Baklagil rotasyonunun uzun vadede toprak ekosistem hizmetlerini güçlendirdiği, hastalık baskısını azalttığı ve bitki büyümesini destekleyen mikrobiyal etkileşimleri teşvik ettiği bilimsel çalışmalarla da doğrulanmaktadır. Bu bağlamda, nohut, mercimek, fasulye gibi baklagillerin planlı şekilde rotasyona dahil edilmesi, organik üretim sistemlerinde ekolojik dengeyi destekleyen temel uygulamalardan biri olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, baklagil rotasyonu; toprak sağlığını, mikrobiyal dengeyi ve ekosistem direncini artırarak organik tarımın çevresel ve üretimsel sürdürülebilirliğine önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Toprak sağlığı, baklagil rotasyonu, mikrobiyota, organik tarım

LEGUME ROTATION IN ORGANIC FARMING: EFFECTS ON SOIL HEALTH AND MICROBIOTA

ABSTRACT

In organic farming systems, maintaining soil health and improving productivity through sustainable practices are closely linked to crop rotation strategies. Legumes play a crucial role in these systems by providing biologically available nitrogen to the soil through symbiotic nitrogen fixation, thereby reducing reliance on synthetic inputs. Legume-based rotations enhance soil organic matter content, improve soil structure, and stimulate microbial activity. This approach fosters the proliferation of beneficial microbial populations, particularly *Rhizobium* species, thereby increasing the diversity and functional capacity of the soil microbiota. These microbial communities contribute significantly to nutrient cycling, plant growth promotion, and the suppression of soil-borne pathogens through allelopathic effects and biological competition. Numerous studies have demonstrated that incorporating legumes into crop rotations strengthens soil ecosystem services, reduces disease pressure, and enhances beneficial plant–microbe interactions over the long term. Including crops such as chickpeas, lentils, and beans in well-planned rotation schemes is thus considered a key strategy for maintaining ecological balance in organic production systems. In conclusion, legume rotation substantially improves soil health, microbial equilibrium, and ecosystem resilience, thereby contributing to both the environmental and productive sustainability of organic agriculture.

Keywords: Soil health, legume rotation, microbiota, organic farming

1. INTRODUCTION

1.1. Global Significance of Organic Agriculture and Sustainability Approaches

In the face of rapid population growth, climate change, and the imminent depletion of natural resources, the urgency of adopting sustainable agricultural practices has become more critical than ever. Conventional agricultural systems, characterized by intensive use of chemical fertilizers and pesticides, have led to severe soil degradation, biodiversity loss, and increased environmental pollution (Barros-Rodríguez et al., 2021). As a response to these challenges, organic agriculture has emerged as a viable alternative that prioritizes environmentally friendly production methods and strategies aimed at preserving ecological balance. Organic farming is

defined not only by its avoidance of synthetic chemical inputs but also by its focus on improving soil health, enhancing biodiversity, and ensuring long-term agricultural productivity.

Within this framework, crop rotation stands out as one of the most effective practices for maintaining soil fertility, managing pests and diseases, and balancing nutrient dynamics. By cultivating different crops sequentially on the same land following a specific temporal and spatial schedule, crop rotation optimizes soil biological activity and nutrient cycling (Tuck et al., 2014).

1.2. The Concept of Crop Rotation in Organic Farming Systems

In organic farming, crop rotation is considered an essential approach to reducing disease pressure caused by monoculture, preventing nutrient depletion, and alleviating soil fatigue. The sequential cultivation of plant species with different nutrient requirements and root systems promotes balanced nutrient utilization while improving the physical structure of the soil. For instance, crops with varying root depths and architectures enhance soil aeration and water retention throughout the soil profile (Dias et al., 2015).

Legumes are indispensable in organic crop rotations. Through symbiotic nitrogen fixation, legumes enrich the soil with biologically available nitrogen, substantially reducing dependence on external nitrogen inputs. This characteristic aligns with the low-input philosophy of organic farming and provides a sustainable strategy for maintaining soil fertility (Pittarello et al., 2021).

1.3. The Unique Role and Objectives of Legumes in Crop Rotation

Leguminous plants (e.g., chickpea, lentil, bean, and vetch) convert atmospheric nitrogen into plant-available forms through symbiotic bacteria, primarily *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, residing in their root nodules. This process not only improves soil fertility but also mitigates environmental nitrogen pollution (Irisarri et al., 2021).

The main objectives of incorporating legumes into crop rotation include:

- Increasing soil organic matter and improving carbon sequestration.
- Enhancing microbial diversity and ecosystem functioning.

- Naturally suppressing pests and soil-borne diseases.
- Accelerating nutrient cycling of essential plant elements.
- Maintaining ecological balance and soil ecosystem services.

Legume-based rotations are not only a production strategy but also an ecological engineering approach that strengthens agroecosystem resilience. Recent studies indicate that legumes enhance soil microbiota and, beyond biological nitrogen fixation, stimulate the proliferation of beneficial microorganisms through root exudates (Woo et al., 2022).

2. LEGUME ROTATION AND SOIL HEALTH RELATIONSHIP

Soil health is one of the most critical determinants of sustainability in agricultural production. The exclusion of chemical fertilizers and pesticides in organic farming necessitates the maintenance and improvement of soil fertility through natural means. In this context, crop rotation systems that incorporate legumes have emerged as an effective strategy to improve the physical, chemical, and biological properties of soil (Ananda et al., 2022).

Legumes fix atmospheric nitrogen biologically through symbiotic bacteria such as *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*, which inhabit root nodules. This fixation not only satisfies the nutritional requirements of the legume crop itself but also enriches the soil with mineral nitrogen, reducing the dependence on synthetic fertilizers (Fahde et al., 2023). Additionally, legumes improve nutrient availability by releasing organic acids and phenolic compounds from their root systems, which solubilize otherwise inaccessible phosphates and micronutrients, thus facilitating plant uptake (Zambelli et al., 2025).

2.1. Soil Fertility and Organic Matter Cycling

Leguminous crops accelerate organic matter cycling within crop rotations. Their plant residues and root biomass significantly contribute to soil organic carbon pools. The increase in organic matter improves both the cation exchange capacity and structural stability of the soil. Empirical studies indicate that legumes can increase total soil organic carbon content by 15–25% within rotation systems (Yao et al., 2025).

Moreover, due to their high nitrogen content, legume residues decompose rapidly, initiating mineralization processes that accelerate nutrient cycling and enhance the productivity of

subsequent crops. For this reason, legumes such as chickpea and lentil are often used as nutrient sources for following crops in organic farming systems (Masunga et al., 2016).

2.2. Improvement of Soil Physical Structure

The deep root systems of legumes penetrate lower soil horizons, alleviating compaction and improving soil aeration. This is particularly beneficial for heavy clay soils, where it enhances both water infiltration and water retention. Additionally, biopores created by legume roots provide favorable channels for the root systems of subsequent crops (Islam et al., 2024).

Soil aggregate stability is further improved by polysaccharides and proteinaceous compounds secreted by legume roots. These compounds bind soil particles together, reducing erosion risks and preventing surface runoff. In organic farming, this function is vital for preserving long-term soil structure (Tian et al., 2022).

2.3. Contribution of Legumes to Nutrient Dynamics

Legumes not only enrich nitrogen levels in the soil through biological nitrogen fixation but also enhance the bioavailability of other macro- and micronutrients such as phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), and copper (Cu) (Ebbisa, 2022).

Organic acids, siderophores, and phenolic compounds excreted from legume roots chemically modify the soil matrix, mobilizing otherwise insoluble nutrient elements. This process is particularly important for dissolving phosphate minerals—such as calcium phosphate, iron phosphate, and aluminum phosphate—that are typically unavailable to plants, thereby increasing soil phosphorus bioavailability (Chen et al., 2023).

Notably, chickpea and lentil release significant amounts of carboxylic acids into the rhizosphere, which improve phosphate solubilization and phosphorus-use efficiency in subsequent crops. Thus, legumes offer a natural mechanism that reduces the need for phosphorus fertilizers in organic systems (Neumann and Römheld, 1999).

2.4. Carbon and Nitrogen Balance Mechanisms in Soil

Legume-based rotations contribute to maintaining a balanced soil carbon-to-nitrogen (C/N) ratio. When combined with crop residues that have high C/N ratios, such as cereal straw, legumes help optimize this ratio. Their low C/N residues accelerate microbial mineralization processes and boost soil biological activity (Cong et al., 2015).

Maintaining an appropriate C/N ratio minimizes nitrogen leaching and reduces greenhouse gas emissions, particularly nitrous oxide, offering a significant advantage in lowering the carbon footprint of organic agriculture (Holka et al., 2022).

2.5. Suppression of Soil-borne Diseases and Enhanced Resistance

Legumes secrete allelopathic compounds that suppress soil-borne pathogens. These compounds inhibit fungal pathogens while encouraging the growth of beneficial microorganisms. Given the restrictions on chemical fungicides in organic farming, the natural disease-suppressive effects of legumes are particularly valuable for pest and disease management (Yu et al., 2022).

Including legumes in crop rotations not only reduces pathogen pressure but also enhances soil biodiversity and ecosystem resilience. As a result, the incidence of diseases such as root rot and *Fusarium* wilt in subsequent crops is significantly reduced (Woo et al., 2022).

3. LEGUMES' SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION AND ECOSYSTEM SERVICES

Nitrogen availability is one of the most critical factors influencing soil fertility in sustainable agricultural systems. The prohibition of synthetic nitrogen fertilizers in organic farming underscores the importance of biological nitrogen fixation (BNF). Legumes form symbiotic associations with nitrogen-fixing bacteria such as *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, and *Mesorhizobium* within their root nodules. These microorganisms convert atmospheric nitrogen (N_2) into ammonium (NH_4^+), a form that is accessible to both the legume itself and subsequent crops in rotation (Barbieri et al., 2023). This natural process not only enhances soil fertility but also supports ecosystem services and environmental sustainability.

3.1. Mechanism and Efficiency of Nitrogen Fixation

Within root nodules, symbiotic bacteria use the enzyme nitrogenase to convert atmospheric nitrogen into ammonium (NH_4^+), which can be readily absorbed by plants. This conversion is an energy-intensive process, requiring approximately 16 ATP molecules to reduce one N_2

molecule. The necessary energy is provided by carbohydrates from the host plant, demonstrating the highly coordinated and mutualistic relationship between the plant and its bacterial partners (Valentine et al., 2010).

Root nodules are specialized organs that maintain low oxygen concentrations to protect nitrogenase from oxidative inactivation. Leghemoglobin, a hemoprotein in nodules, controls oxygen transport to ensure that respiration occurs without damaging nitrogenase (Degli Esposti and Martinez Romero, 2016).

Legumes are capable of fixing between 50 and 300 kg of nitrogen per hectare annually, depending on factors such as species, soil conditions, bacterial strain effectiveness, and management practices. Environmental factors, including soil pH, temperature, and organic matter content, strongly influence fixation efficiency (Postgate, 1982).

Different legume species form symbioses with different bacterial strains, resulting in varying nitrogen fixation capacities. For example, soybean (*Glycine max*) exhibits high fixation efficiency with *Bradyrhizobium japonicum*, whereas chickpea (*Cicer arietinum*) has moderate fixation with *Mesorhizobium ciceri* (Mohammadi et al., 2012). Consequently, selecting the appropriate legume-bacteria combination is essential for maximizing nitrogen inputs in organic systems.

Modern inoculant technologies further improve nitrogen fixation, especially in soils with insufficient populations of effective *Rhizobium*. Proper bacterial inoculation increases legume productivity and reduces reliance on chemical fertilizers.

At the molecular level, nodule formation is triggered when flavonoids secreted by plant roots induce bacteria to produce Nod factors, signaling compounds that initiate nodule development and determine the specificity of the plant-bacteria partnership (Stafford, 1997).

3.2. Contributions to Soil and Plant Nutrition

Biological nitrogen fixation supplies both the legume itself and subsequent crops with essential nitrogen. After harvest, nitrogen is gradually released through microbial decomposition of root nodules and plant residues, enriching soil organic nitrogen content (Kumar et al., 2019). This

process reduces the need for external nitrogen inputs, which is particularly beneficial in organic farming systems (Abrol et al., 2012).

Additionally, nitrogen fixation enhances overall nutrient cycling in the soil. Organic nitrogen compounds are mineralized by soil microorganisms into plant-available forms (ammonium and nitrate). This improved nutrient turnover also accelerates the cycling of other essential macronutrients such as phosphorus and potassium (Doran and Smith, 1991).

The enhanced microbial activity driven by nitrogen fixation also improves soil structure, boosts water retention, and reduces erosion. Moreover, it helps suppress soil pathogens, contributing to sustainable soil health (Quinn, 2009).

Overall, nitrogen fixation by legumes represents an environmentally friendly and cost-effective alternative to synthetic nitrogen sources, increasing the productivity of both legumes and subsequent crops (Stagnari et al., 2017).

3.3. Ecosystem Services and Environmental Contributions

Nitrogen fixation by legumes reduces the need for synthetic fertilizers, thereby decreasing soil and water pollution. Excessive nitrogen leaching, particularly nitrate contamination of groundwater, is a critical environmental issue in conventional farming. Legume-based systems help mitigate these risks (Giller et al., 1995).

The ecosystem services of legumes include:

- **Enhancing Soil Fertility:** Contributing significant nitrogen to the soil.
- **Supporting Biodiversity:** Promoting microbial diversity, especially *Rhizobium* populations.
- **Reducing Carbon Footprint:** Lowering greenhouse gas emissions associated with fertilizer production.
- **Economic Benefits:** Decreasing fertilizer costs and supporting long-term profitability in organic farming.

3.4. Interaction Between *Rhizobium* and Soil Microbiota

Beyond nitrogen fixation, *Rhizobium* species act as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) by producing metabolites such as indole-3-acetic acid (IAA), which stimulates root growth and enhances nutrient uptake (Jaiswal et al., 2021).

Rhizobium also improves iron availability through siderophore production and competes with pathogens for root colonization. Siderophores bind iron, depriving pathogens of this essential element and thereby inhibiting their growth (De-Andrade et al., 2023).

Legume rotations promote the persistence and diversity of *Rhizobium* populations, creating a “biological memory” in the soil. This enriched microbial reservoir benefits subsequent crops by improving nutrient availability and disease suppression (Yu et al., 2021).

3.5. Sustainability and Climate Change Connection

Biological nitrogen fixation is a key strategy for reducing greenhouse gas emissions. Synthetic nitrogen fertilizer production via the Haber-Bosch process is energy-intensive, accounting for about 1% of global energy use and 1.4% of CO₂ emissions. Legume-based nitrogen inputs significantly reduce this environmental burden (Erisman et al., 2008).

Legumes also contribute to carbon sequestration by increasing soil organic carbon through root biomass and rhizodeposits. Crop rotations involving legumes maintain higher soil carbon stocks than monoculture systems, thereby mitigating climate change impacts (Poeplau and Don, 2015; Dent and Cocking, 2017).

In organic farming, legumes reduce nitrate leaching and improve overall soil resilience, making them a cornerstone of climate-smart agriculture (Sanginga, 2003).

4. EFFECTS OF LEGUME ROTATION ON THE SOIL MICROBIOTA IN ORGANIC FARMING

The diversity and functional capacity of soil microbiota play a vital role in productivity, nutrient cycling, and plant health within sustainable organic farming systems. Since organic agriculture limits the use of synthetic chemicals, it relies heavily on the biological processes driven by soil microorganisms. Incorporating legumes into crop rotations serves as an effective biological

strategy to balance microbial communities and promote the proliferation of beneficial microbes. The enrichment of both symbiotic and free-living bacterial populations in the legume rhizosphere creates a microecological environment that significantly improves soil health (Chianu et al., 2011).

4.1. Legumes and the Rhizosphere Microbiome

The rhizosphere of legumes is one of the most microbially active zones in the soil matrix. Symbiotic bacteria such as *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, and *Sinorhizobium* fix atmospheric nitrogen in root nodules, while the surrounding rhizosphere supports diverse microbial communities, including bacteria and fungi. These microorganisms release organic acids, enzymes, and phytohormones that enhance plant growth and encourage the establishment of beneficial microbial networks around the roots (Goyal et al., 2021).

In organic systems, legume rotation greatly increases microbial diversity in the rhizosphere. The absence of synthetic pesticides and fertilizers fosters natural microbial interactions. Notably, root exudates from chickpea and lentil stimulate the growth of phosphate-solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi, improving nutrient cycling (Lal, 2015).

4.2. Increase in Microbial Diversity and Functional Capacity

Shifts in rhizosphere microbial communities following legume cultivation profoundly affect ecosystem sustainability. Numerous studies have shown that legume rotations increase both alpha and beta diversity in soil microbiota, counteracting the microbial decline often associated with monoculture (Wang et al., 2023).

From a functional standpoint, legume rhizospheres harbor higher populations of microorganisms involved in ammonium oxidation, phosphate mobilization, and biological disease control. Many of these microbes produce plant growth-promoting hormones, such as indole-3-acetic acid (IAA), and actively inhibit pathogenic organisms (Yang et al., 2024).

4.3. Pathogen Suppression and Allelopathic Effects

Soil-borne pathogens are a major concern in organic farming due to the limited availability of chemical fungicides. Legume rotations, however, naturally suppress pathogens through allelopathy and biological competition. Siderophores and antibiotic-like metabolites produced

by *Rhizobium* create an unfavorable environment for pathogenic bacteria and fungi (Das et al., 2017).

In addition, certain legume species release phenolic compounds and allelopathic chemicals into the rhizosphere that inhibit harmful fungi, including *Fusarium* and *Rhizoctonia*. These interactions shift the microbial balance in favor of pathogen-antagonistic organisms (Sugiyama and Yazaki, 2011).

4.4. Relationship Between Organic Matter and Microbial Activity

Legumes increase soil organic matter through high biomass production and root residues. During decomposition, these residues release carbon-rich compounds that serve as essential energy sources for soil microbes. Studies have shown that legume rotations can increase microbial biomass by 20–40% (Hu et al., 2024).

The elevated microbial activity promotes the growth of functional microorganisms, such as actinomycetes and phosphate-solubilizing bacteria, which accelerate nutrient mineralization and improve the availability of both macro- and micronutrients (Liu et al., 2023).

4.5. Microbial Networks and Long-Term Effects

The stability and resilience of soil ecosystems depend largely on the diversity of microbial networks. In organic farming, legume rotation fosters the establishment of a “microbial memory”, which persists in the soil and benefits subsequent crops. This long-term effect creates a more balanced and resilient soil microbiome (Wang et al., 2023).

Furthermore, the symbiotic associations between legumes and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) not only improve phosphorus uptake but also enhance plant stress tolerance. These beneficial symbioses form the biological foundation for disease suppression and ecosystem resilience in organic farming systems (Ahmed et al., 2025).

5. LONG-TERM EFFECTS OF LEGUME ROTATION ON SOIL HEALTH AND PRODUCTIVITY

Sustainable productivity in organic farming depends on the balanced preservation of the soil’s physical, chemical, and biological properties. Legumes play a strategic role in crop rotation

systems, improving soil health over the long term through symbiotic nitrogen fixation, root biomass input, and organic matter enrichment. Numerous studies have shown that legume rotations increase soil organic matter, enhance soil structure, improve aggregate stability, and boost water retention capacity (Yan et al., 2023).

Legume rotations also promote the *Rhizobium*-legume symbiosis, a crucial component of the soil's nitrogen cycle, creating a natural nitrogen reservoir that benefits both current and subsequent crops. As a result, legumes have a direct and lasting impact on soil fertility and productivity in organic production systems (Stainsby et al., 2020).

5.1. Organic Matter and Nitrogen Dynamics

Soil organic matter is one of the most important indicators of soil health. The root residues and leaf litter of legumes contribute significant amounts of carbon and nitrogen to the soil. Research suggests that legume rotations can increase total soil nitrogen levels by 15–30% (Meng et al., 2025).

Through biological nitrogen fixation, atmospheric nitrogen (N_2) is converted into bioavailable ammonium (NH_4^+) by *Rhizobium* bacteria. This natural nitrogen input can reduce the need for chemical fertilizers by up to 50% for subsequent crops (Rose et al., 2016). Furthermore, the mineralization of organic matter improves the bioavailability of essential macro- and micronutrients, supporting sustainable crop productivity (Rosinger et al., 2025).

5.2. Improvement of Physical Soil Properties

Legumes have deep, well-developed root systems that sustainably improve the physical structure of soils. Their roots penetrate various soil layers, enhancing macro- and micropore formation, which in turn increases water-holding capacity and improves aeration in the root zone. Adequate aeration supports both root development and beneficial microbial activity (Kocira et al., 2020).

The enhancement of soil aggregate stability also significantly reduces erosion and surface runoff risks. This is particularly advantageous for organic farming on sloped or organic matter-deficient soils. Organic compounds secreted by legume roots further stimulate microbial

activity on the root surface, which enhances soil particle cohesion and strengthens aggregate formation (Ansari et al., 2022).

In fields where legumes are rotated, water infiltration and storage capacity are notably improved, making crops more resilient to drought and water stress. Moreover, the deeper root structures regulate subsurface water movement, minimizing water and nutrient losses via leaching or runoff (Joyce et al., 2002).

5.3. Relationship Between Soil Biological Activity and Productivity

Soil biological activity is a critical determinant of soil ecosystem sustainability, nutrient cycling, and long-term productivity. The rhizosphere of legumes releases carbon-rich compounds such as amino acids, sugars, and organic acids—that stimulate microbial communities and increase microbial diversity (Yu et al., 2021).

Field studies indicate that microbial biomass in soils under legume rotations can increase by 20–40%, boosting populations of symbiotic nitrogen-fixing bacteria like *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*. This microbial proliferation positively influences biochemical processes beyond nitrogen cycling, including phosphorus mineralization, sulfur oxidation, and soil carbon stabilization (Liu et al., 2023).

Legumes also promote the growth of phosphate-solubilizing bacteria (PSB) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). These microorganisms enhance the availability of poorly soluble nutrients like phosphorus, zinc, and copper, while mycorrhizal fungi improve plant tolerance to water stress and enhance aggregate stability (Ordoñez et al., 2016).

5.4. Long-term Productivity and Soil Ecosystem Resilience

Legume rotations significantly improve the resilience of soil ecosystems. Monoculture practices in organic systems often lead to soil fatigue, nutrient imbalances, and reduced microbial activity. In contrast, the periodic inclusion of legumes in rotations can reverse these effects. Long-term field studies indicate that the positive effects of legumes extend not only to the current growing season but also persist for up to two or three subsequent years, underlining their role as “ecological engineers” in agroecosystems (Liu et al., 2022).

5.5. Carbon Sequestration and Climate Resilience

Legumes enhance carbon sequestration by transferring atmospheric carbon into soil organic matter. Through photosynthesis, they convert CO₂ into organic compounds that are incorporated into root biomass and rhizodeposits. Post-harvest residues decompose, forming humus and enriching soil organic carbon (SOC) stocks. The deep root systems of legumes also facilitate the transfer of carbon into subsoil layers, promoting long-term storage (Six et al., 2002).

Increased SOC improves soil structure, boosts water retention, and supports microbial diversity, thereby improving soil health and crop performance. Legume-based rotations also reduce the reliance on synthetic fertilizers, lowering energy use and greenhouse gas emissions (Lal, 2004).

In organic farming, legumes enhance ecosystem services, including biodiversity conservation, natural pest regulation, water quality improvement, and reduced carbon footprints. Their role in climate-resilient agriculture makes them an indispensable part of sustainable production systems.

6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Legume rotation constitutes a fundamental pillar for achieving both ecological balance and economic sustainability within organic farming systems. Through biological nitrogen fixation, legumes significantly enhance soil nitrogen content, leading to an approximate 20–30% increase in yields of subsequent crops, particularly cereals. Additionally, the root architecture of legumes improves soil structure by enhancing aeration and reducing erosion, thereby maintaining long-term soil health. The complex and diverse microbial communities inhabiting the legume rhizosphere further accelerate nutrient cycling processes, contributing to improved soil fertility and resilience in organic cultivation.

Despite these benefits, legume rotations face several biological challenges, including sensitivity to environmental stressors such as climate variability, drought, excessive precipitation, and soil-borne pathogens. Economically, limitations arise from fluctuating market conditions and limited sales potential of legume crops, which pose significant barriers for farmers in planning effective rotation strategies. Consequently, successful adoption of legume rotations necessitates a balanced integration of both biological efficacy and economic viability.

From an environmental perspective, legumes play a critical role in mitigating nitrate leaching and reducing greenhouse gas emissions by decreasing dependency on synthetic fertilizers. Their capacity to enhance soil organic carbon stocks also contributes to carbon sequestration, supporting climate change mitigation efforts. Economically, improved yields in subsequent crops translate into reduced fertilizer costs and enhanced farm income, while rising consumer demand for organic products elevates the market value and profitability of legume cultivation.

Looking forward, the effectiveness of legume rotations will be amplified through advancements in understanding microbial diversity and biotechnology applications. The synergistic use of beneficial microorganisms, particularly bacteria exhibiting ACC deaminase activity, offers promising avenues to bolster plant tolerance to abiotic and biotic stresses. Furthermore, breeding region-specific legume cultivars adapted to anticipated climate scenarios, combined with the adoption of precision agriculture technologies, will be instrumental in optimizing both productivity and sustainability.

Practically, it is recommended that legumes be integrated into crop rotations with cereals and vegetables over a minimum duration of 2 to 3 years to maximize agronomic benefits. Continuous monitoring of soil health indicators—such as organic matter content, pH levels, and nutrient availability—is essential to inform adaptive management. Expanding the application of microbial inoculants, including *Rhizobium* and other biofertilizers, within comprehensive soil microbial management programs is also advised. Moreover, supportive government policies offering financial incentives and enhanced farmer education and outreach programs will play a crucial role in facilitating widespread adoption of legume rotations.

In summary, legume rotation represents not only an agronomic practice that enhances crop productivity but also a holistic strategy that sustains soil health, promotes microbial biodiversity, strengthens ecosystem resilience, and ensures economic sustainability. For organic farmers, this approach offers a viable long-term solution that minimizes environmental impact while maximizing economic returns. Future integration of legume rotations with smart farming techniques and biotechnological innovations promises to further elevate the sustainability and efficiency of organic agriculture.

REFERENCES

Ahmed, N., Li, J., Li, Y., Deng, L., Deng, L., Chachar, M., ... & Tu, P. (2025). Symbiotic synergy: How Arbuscular Mycorrhizal Fungi enhance nutrient uptake, stress tolerance, and soil health through molecular mechanisms and hormonal regulation. *IMA fungus*, 16, e144989.

Ananda, M. R., Vaiahnav, S., Naide, P. R., & Aruna, N. V. (2022). Long term benefits of legume based cropping systems on soil health and productivity. An overview. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(9), 299-315.

Ansari, M. A., Choudhury, B. U., Layek, J., Das, A., Lal, R., & Mishra, V. K. (2022). Green manuring and crop residue management: Effect on soil organic carbon stock, aggregation, and system productivity in the foothills of Eastern Himalaya (India). *Soil and Tillage Research*, 218, 105318.

Barbieri, P., Starck, T., Voisin, A. S., & Nesme, T. (2023). Biological nitrogen fixation of legumes crops under organic farming as driven by cropping management: A review. *Agricultural Systems*, 205, 103579.

Barros-Rodríguez, A., Rangseekaew, P., Lasudee, K., Pathom-Aree, W., & Manzanera, M. (2021). Impacts of agriculture on the environment and soil microbial biodiversity. *Plants*, 10(11), 2325.

Chen, Z., Wang, L., Cardoso, J. A., Zhu, S., Liu, G., Rao, I. M., & Lin, Y. (2023). Improving phosphorus acquisition efficiency through modification of root growth responses to phosphate starvation in legumes. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1094157.

Chianu, J. N., Nkonya, E. M., Mairura, F. S., Chianu, J. N., & Akinnifesi, F. K. (2011). Biological nitrogen fixation and socioeconomic factors for legume production in sub-Saharan Africa: a review. *Agronomy for sustainable development*, 31(1), 139-154.

Cong, W. F., Hoffland, E., Li, L., Janssen, B. H., & Van der Werf, W. (2015). Intercropping affects the rate of decomposition of soil organic matter and root litter. *Plant and Soil*, 391(1), 399-411.

De-Andrade, L. A., Santos, C. H. B., Frezarin, E. T., Sales, L. R., & Rigobelo, E. C. (2023). Plant growth-promoting rhizobacteria for sustainable agricultural production. *Microorganisms*, 11(4), 1088.

Degli Esposti, M., & Martinez Romero, E. (2016). A survey of the energy metabolism of nodulating symbionts reveals a new form of respiratory complex I. *FEMS Microbiology Ecology*, 92(6), fiw084.

Dent, D., & Cocking, E. (2017). Establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals and other non-legume crops: The Greener Nitrogen Revolution. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 7.

Dias, T., Dukes, A., & Antunes, P. M. (2015). Accounting for soil biotic effects on soil health and crop productivity in the design of crop rotations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(3), 447-454.

Ebbisa, A. (2022). Mechanisms underlying cereal/legume intercropping as nature-based biofortification: A review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1), 19.

Fahde, S., Boughribil, S., Sijilmassi, B., & Amri, A. (2023). Rhizobia: a promising source of plant growth-promoting molecules and their non-legume interactions: examining applications and mechanisms. *Agriculture*, 13(7), 1279.

Giller, K. E., & Cadisch, G. (1995). Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. *Plant and soil*, 174(1), 255-277.

Goyal, R. K., Mattoo, A. K., & Schmidt, M. A. (2021). Rhizobial–host interactions and symbiotic nitrogen fixation in legume crops toward agriculture sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 669404.

Holka, M., Kowalska, J., & Jakubowska, M. (2022). Reducing carbon footprint of agriculture can organic farming help to mitigate climate change?. *Agriculture*, 12(9), 1383.

Hu, Q., Zhang, Y., Cao, W., Yang, Y., Hu, Y., He, T., ... & Shi, X. (2024). Legume cover crops sequester more soil organic carbon than non-legume cover crops by stimulating microbial transformations. *Geoderma*, 450, 117024.

Irisarri, P., Imperial, J., Lattanzi, F. A., Monza, J., Palacios, J., Sanjuan, J., & Grossman, J. (2021). Maximizing nitrogen fixation in legumes as a tool for sustainable agriculture intensification. *Frontiers in Agronomy*, 3, 796717.

Islam, M. D., Binte, B. I., Hazzazi, Y., & Kamal, M. Z. U. (2024). Factors affecting biopore-root interaction: a review. *Discover Agriculture*, 2(1), 67.

Jaiswal, S. K., Mohammed, M., Ibny, F. Y., & Dakora, F. D. (2021). Rhizobia as a source of plant growth-promoting molecules: potential applications and possible operational mechanisms. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 619676.

Joyce, B. A., Wallender, W. W., Mitchell, J. P., Huyck, L. M., Temple, S. R., Brostrom, P. N., & Hsiao, T. C. (2002). Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. *Transactions of the ASAE*, 45(2), 315.

Kocira, A., Staniak, M., Tomaszewska, M., Kornas, R., Cymerman, J., Panasiewicz, K., & Lipińska, H. (2020). Legume cover crops as one of the elements of strategic weed management and soil quality improvement. A review. *Agriculture*, 10(9), 394.

Kumar, S., Meena, R. S., Datta, R., Verma, S. K., Yadav, G. S., Pradhan, G., ... & Mashuk, H. A. (2019). Legumes for carbon and nitrogen cycling: an organic approach. In *Carbon and nitrogen cycling in soil* (pp. 337-375). Singapore: Springer Singapore.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *science*, 304(5677), 1623-1627.

Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.

Liu, C., Feng, X., Xu, Y., Kumar, A., Yan, Z., Zhou, J., ... & Zang, H. (2023). Legume-based rotation enhances subsequent wheat yield and maintains soil carbon storage. *Agronomy for Sustainable Development*, 43(5), 64.

Liu, C., Plaza-Bonilla, D., Coulter, J. A., Kutcher, H. R., Beckie, H. J., Wang, L., ... & Gan, Y. (2022). Diversifying crop rotations enhances agroecosystem services and resilience. *Advances in Agronomy*, 173, 299-335.

Liu, Q., Zhao, Y., Li, T., Chen, L., Chen, Y., & Sui, P. (2023). Changes in soil microbial biomass, diversity, and activity with crop rotation in cropping systems: A global synthesis. *Applied Soil Ecology*, 186, 104815.

- Masunga, R. H., Uzokwe, V. N., Mlay, P. D., Odeh, I., Singh, A., Buchan, D., & De Neve, S. (2016). Nitrogen mineralization dynamics of different valuable organic amendments commonly used in agriculture. *Applied Soil Ecology*, 101, 185-193.
- Meng, T., Fan, Y., Tao, Y., Wu, Y., Pang, S., Yang, W., ... & Zhang, X. (2025). Legume-based rotation alters soil eukaryotic community and improves soil multifunctionality. *Annals of Microbiology*, 75(1), 1-15.
- Mohammadi, K., Sohrabi, Y., Heidari, G., Khalesro, S., & Majidi, M. (2012). Effective factors on biological nitrogen fixation. *African journal of agricultural research*, 7(12), 1782-1788.
- Neumann, G., & Römheld, V. (1999). Root excretion of carboxylic acids and protons in phosphorus-deficient plants. *Plant and soil*, 211(1), 121-130.
- Ordoñez, Y. M., Fernandez, B. R., Lara, L. S., Rodriguez, A., Uribe-Velez, D., & Sanders, I. R. (2016). Bacteria with phosphate solubilizing capacity alter mycorrhizal fungal growth both inside and outside the root and in the presence of native microbial communities. *PloS one*, 11(6), e0154438.
- Pittarello, M., Dal Ferro, N., Chiarini, F., Morari, F., & Carletti, P. (2021). Influence of tillage and crop rotations in organic and conventional farming systems on soil organic matter, bulk density and enzymatic activities in a short-term field experiment. *Agronomy*, 11(4), 724.
- Poeplau, C., & Don, A. (2015). Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41.
- Postgate, J. R. (1982). Biological nitrogen fixation: fundamentals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 296(1082), 375-385.
- Quinn, M. A. (2009). Biological nitrogen fixation and soil health improvement. In *The lentil: botany, production and uses* (pp. 229-247). Wallingford UK: CABI.
- Rose, T. J., Julia, C. C., Shepherd, M., Rose, M. T., & Van Zwieten, L. (2016). Faba bean is less susceptible to fertiliser N impacts on biological N₂ fixation than chickpea in monoculture and intercropping systems. *Biology and Fertility of Soils*, 52(2), 271-276.

Rosinger, C., Keiblinger, K. M., Bernardini, L. G., Horn, D., Heller, G., Eigner, H., ... & Bodner, G. (2025). Significant advances in plant-available and replenishable macro-and micronutrients with soil health-oriented conservation farming: Novel insights from a multi-site on-farm evaluation. *Geoderma*, 457, 117275.

Sanginga, N. (2003). Role of biological nitrogen fixation in legume based cropping systems; a case study of West Africa farming systems. *Plant and soil*, 252(1), 25-39.

Senbayram, M., Wenthe, C., Lingner, A., Isselstein, J., Steinmann, H., Kaya, C., & Köbke, S. (2015). Legume-based mixed intercropping systems may lower agricultural born N₂O emissions. *Energy, Sustainability and Society*, 6(1), 2.

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., & Paustian, K. (2002). Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and soil*, 241(2), 155-176.

Stafford, H. A. (1997). Roles of flavonoids in symbiotic and defense functions in legume roots. *The Botanical Review*, 63(1), 27-39.

Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 2.

Stainsby, A., May, W. E., Lafond, G. P., & Entz, M. H. (2020). Soil aggregate stability increased with a self-regenerating legume cover crop in low-nitrogen, no-till agroecosystems of Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 100(3), 314-318.

Sugiyama, A., & Yazaki, K. (2011). Root exudates of legume plants and their involvement in interactions with soil microbes. In *Secretions and exudates in biological systems* (pp. 27-48). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 51(3), 746-755.

Wang, P., Nie, J., Yang, L., Zhao, J., Wang, X., Zhang, Y., ... & Zeng, Z. (2023). Plant growth stages covered the legacy effect of rotation systems on microbial community structure and

function in wheat rhizosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21), 59632-59644.

Woo, S. L., De Filippis, F., Zotti, M., Vandenberg, A., Hucl, P., & Bonanomi, G. (2022). Pea-wheat rotation affects soil microbiota diversity, community structure, and soilborne pathogens. *Microorganisms*, 10(2), 370.

Woo, S. L., De Filippis, F., Zotti, M., Vandenberg, A., Hucl, P., & Bonanomi, G. (2022). Pea-wheat rotation affects soil microbiota diversity, community structure, and soilborne pathogens. *Microorganisms*, 10(2), 370.

Yan, Z., Zhou, J., Liu, C., Jia, R., Mganga, K. Z., Yang, L., ... & Zeng, Z. (2023). Legume-based crop diversification reinforces soil health and carbon storage driven by microbial biomass and aggregates. *Soil and Tillage Research*, 234, 105848.

Yang, Y., Xu, N., Zhang, Z., Lei, C., Chen, B., Qin, G., ... & Qian, H. (2024). Deciphering microbial community and nitrogen fixation in the legume rhizosphere. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(11), 5659-5670.

Yao, W., Yang, Y., Beillouin, D., Zhao, J., Olesen, J. E., Zhou, J., ... & Zang, H. (2025). Legume-rice rotations increase rice yields and carbon sequestration potential globally. *One Earth*, 8(2).

Yu, H., Wang, F., Shao, M., Huang, L., Xie, Y., Xu, Y., & Kong, L. (2021). Effects of rotations with legume on soil functional microbial communities involved in phosphorus transformation. *Frontiers in microbiology*, 12, 661100.

Yu, H., Wang, F., Shao, M., Huang, L., Xie, Y., Xu, Y., & Kong, L. (2021). Effects of rotations with legume on soil functional microbial communities involved in phosphorus transformation. *Frontiers in microbiology*, 12, 661100.

Yu, S., Wang, T., Meng, Y., Yao, S., Wang, L., Zheng, H., ... & Zhang, B. (2022). Leguminous cover crops and soya increased soil fungal diversity and suppressed pathotrophs caused by continuous cereal cropping. *Frontiers in Microbiology*, 13, 993214.

Zambelli, A., Nocito, F. F., & Araniti, F. (2025). Unveiling the multifaceted roles of root exudates: chemical interactions, allelopathy, and agricultural applications. *Agronomy*, 15(4), 1-30.

A THEORETICAL FRAMEWORK FOR A STATIC COSMOLOGICAL MODEL BASED ON QUANTUM VACUUM PROPERTIES

Dr. Anastasia Viktor

Department of Theoretical Physics, Lomonosov Moscow State University, Russia

Abstract

This theoretical study develops a static cosmological model grounded in properties of the quantum vacuum, aiming to address longstanding questions in cosmology such as the nature of dark energy and the cosmological constant problem. The framework integrates quantum field theory with general relativity, proposing that vacuum fluctuations contribute to gravitational effects stabilizing the universe on large scales. Mathematical formulations derive modified field equations incorporating vacuum energy density and pressure contributions modeled as a perfect fluid with negative equation of state parameters. Stability analysis shows conditions under which a static, spatially flat universe can be sustained without expansion or contraction. This contrasts with conventional dynamic cosmological models, offering new insights into fundamental physics. Potential observational implications and challenges, including compatibility with cosmic microwave background data and large-scale structure formation, are discussed. The model invites further theoretical development and experimental testing to reconsider foundational assumptions in cosmology.

Keywords: static cosmological model, quantum vacuum, dark energy, cosmological constant, theoretical physics

ESTIMATION OF FUNCTIONAL RESPONSE MODELS USING SUPERVISED FUNCTIONAL PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

Dr. Yuki Tanaka

Dr. Min-Seok Lee

Assoc. Prof. Dr. Hana Kim

Department of Statistics, Seoul National University, South Korea

Abstract

This paper presents a methodology for estimating functional response models employing supervised functional principal component analysis (SFPCA). Such models are instrumental in analyzing complex data where responses are functions, common in fields including biomedicine, environmental studies, and finance. The approach integrates supervision by incorporating response variables to guide the extraction of principal components, improving interpretability and predictive accuracy. The authors develop estimation algorithms, provide theoretical guarantees of convergence, and demonstrate application to real datasets involving longitudinal measurements and functional predictors. Simulation studies compare SFPCA with classical unsupervised methods, highlighting superior performance in model fitting and variable selection. The framework facilitates efficient dimension reduction while retaining critical information relevant to prediction tasks. Potential extensions in mixed-effects and high-dimensional functional data analysis are outlined. This contribution enriches the statistical toolbox for functional data modeling and offers practical benefits for complex data-driven research.

Keywords: functional data analysis, supervised principal component analysis, functional response models, dimension reduction, statistical modeling

Tuzluluğun Yağlı Tohumlu Bitkilerde Verim ve Gelişime Etkisi

Aynur BİLMEZ ÖZÇINAR (ORCID: 0000-0002-3173-6147)

aynurbilmez@siirt.edu.tr

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye

Özet

Tuzluluk önemli bir abiyotik stres faktörlerden olup, yağlı tohumlu bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve verimliliği üzerinde önemli etkilere sahip bir çevresel stres faktörüdür. Tuzlu topraklar, özellikle sodyum (Na⁺) ve klorür (Cl⁻) iyonlarının yüksek konsantrasyonları ile karakterize edilir ve bu durum bitkilerin çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Tuzlu topraklarda, yüksek tuz konsantrasyonu, osmotik basıncı artırarak, bitkilerin kökleri üzerinden su alımını zorlaştırır. Yüksek sodyum seviyeleri, potasyumun alımını engelleyebilir. Potasyum, bitki metabolizması ve hücre işleyişi için kritik bir mikro elementtir. Bu dengesizlik, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde olumsuz bir etki yapar. Tuz stresinin en önemli sonuçlarından biri, bitkilerin fotosentez kapasitesinin azalmasıdır. Su kaybı ve besin elementlerindeki dengesizlik, klorofil sentezini ve dolayısıyla fotosentezi olumsuz etkilemektedir. Tuz stresi, bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesine neden olabilir. Bu durum, hücrelerde oksidatif strese yol açar ve hücresel bileşenlere zarar verebilir. Tuzluluk, yağlı tohumlu bitkiler üzerinde çok yönlü olumsuz etkiler yaratır. Bu etkiler, su alımından besin dengelerine, fizyolojik işlevlerden büyüme ve verim kaybına kadar uzanır. Çiftçiler ve araştırmacılar, tuzluluğa dayanıklı bitki çeşitleri geliştirmek ve tarımsal uygulamalarda bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla sürekli çalışmalar yapmaktadır. Adaptasyon mekanizmaları ve yenilikçi tarım yöntemleri, tuzluluğun etkilerini minimize etmek için kritik önem taşır.

Anahtar kelimeler: tuzluluk, yağlı tohumlu bitkiler, gelişim, verim

Effect of Salinity on Yield and Development in Oilseed Crops

Abstract

Salinity is an important abiotic stress factor and an environmental stress factor that has significant effects on the growth, development and productivity of oilseed crops. Saline soils are characterized by high concentrations of sodium (Na⁺) and chloride (Cl⁻) ions in particular, which can negatively affect various physiological and biochemical processes in plants. In saline soils, high salt concentration increases osmotic pressure, making it difficult for plants to uptake water through their roots. High sodium levels can inhibit potassium uptake. Potassium is a critical microelement for plant metabolism and cell functioning. This imbalance has a negative

effect on plant growth and development. One of the most important consequences of salt stress is the decrease in the photosynthetic capacity of plants. Water loss and imbalance in nutrient elements negatively affect chlorophyll synthesis and thus photosynthesis. Salt stress can cause the accumulation of reactive oxygen species (ROS) in plants. This leads to oxidative stress in cells and can damage cellular components. Salinity has multiple negative effects on oilseed crops. These effects range from water uptake to nutrient balance, from physiological functions to growth and yield loss. Farmers and researchers are constantly working to develop salinity-tolerant plant varieties and reduce these negative effects in agricultural practices. Adaptation mechanisms and innovative farming methods are critical to minimizing the effects of salinity.

Keyword: salinity, oilseed crops, development, yield

1. Introduction

Salts naturally found in soils generally consist of chlorides (NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2), sulfates (Na_2SO_4 , MgSO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4), nitrates (NaNO_3 , KNO_3), carbonates and bicarbonates (CaCO_3 , MgCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NaHCO_3), and borates. The most commonly encountered type of salt in nature is sodium chloride (NaCl) (Tal, 1983).

Salinity, which causes yield losses in agricultural areas, is one of the main abiotic stress factors, particularly in arid and semi-arid regions. Inappropriate irrigation methods, insufficient drainage, low precipitation, high evaporation rates, and the use of saline water for irrigation are among the primary causes of this issue (Munns and Tester, 2008). Salinity can lead to stunted growth, reduced quality and yield, and even plant death (Hasegawa et al., 1986).

In arid climates, the primary mechanism of salinity formation is the accumulation of dissolved salts transported to the soil surface via capillarity from groundwater, followed by surface evaporation (Öz and Karasu, 2007). Especially in arid and semi-arid regions such as the Mediterranean, the area of salt-affected soils is increasing. The main reasons are the high salt content of irrigation water and the accumulation of these salts in the soil over time. Today, approximately one-third of the world's irrigated agricultural land faces salinity problems, and this issue continues to grow (Taiz and Zeiger, 2008; Saleh, 2012).

Salt stress in agricultural lands poses a direct threat to food production. Improper irrigation and management practices lead to soil salinization, limiting agricultural productivity. This situation negatively affects not only agriculture but also forests, pastures, and natural vegetation (Ramoliya and Pandey, 2004).

Natural and Anthropogenic Causes of Salinity Formation

Soil salinity is associated with both natural processes and human activities. Improper and excessive irrigation practices, inadequate drainage systems, high water table levels, and the high salt content of irrigation water are among the major causes. Moreover, incorrect fertilization methods can disrupt the soil's salt balance and contribute to salinity (Bresler et al., 1982).

Salinity Problem in Turkey and Around the World

Salinity, which is common in arid and semi-arid climates, reduces soil fertility and hinders agricultural production. In areas where evaporation exceeds precipitation, salt concentration in the soil increases, resulting in yield reduction and posing a threat to agricultural sustainability. Reclamation of salt-affected lands is often costly and does not offer long-term solutions. Therefore, breeding salt-tolerant plant varieties is gaining increasing importance (Arzani, 2008; Özen and Onay, 2013).

In Turkey, approximately 2.7 million hectares of land are affected by salinity and drainage problems. Of this, around 1.5 million hectares suffer from both salinity and alkalinity issues (Dinç et al., 1993).

General Effects of Salinity on Plant Development

Salinity affects plant growth through both direct and indirect mechanisms. Direct effects occur with the accumulation of harmful ions in the root zone due to increased soil solution concentration, while indirect effects arise from the degradation of the soil's physical, chemical, and biological properties, which hinder plant development (Alantor, 1998).

Seed Germination and Seedling Development

Seed germination and seedling establishment are among the most critical phases of a plant's life cycle (Hubbard et al., 2012). These stages are particularly sensitive to environmental stress factors such as salinity and serve as early indicators of stress responses (Almansouri et al., 2001; Yadav et al., 2011; Cuartero et al., 2006). Salinity increases the osmotic potential around the seed, causing physiological drought (Murillo-Amador et al., 2002), and induces ionic toxicity, negatively impacting biochemical processes within the seed (Khajeh-Hosseini et al., 2003; Aydın and Atıcı, 2015). The impact of salinity on germination varies depending on plant species, cultivar, growth stage, and duration of salt exposure (Ashraf, 1994; Munns, 2002).

4. Responses to Salinity in Oilseed Crops

Sunflower

Sunflower cultivars exhibit variation in salt tolerance. Kaya et al. (2006) reported that two sunflower cultivars with high water retention capacity were more sensitive to the osmotic effects of salt during germination. Heidari et al. (2016), in a hydroponic study involving 12 sunflower varieties, observed that salt stress initially increased chlorophyll content but led to a reduction in the long term.

Safflower

Safflower is particularly sensitive to salinity during germination and early seedling stages. Therefore, identifying salt-tolerant genotypes is crucial for breeding efforts (Arslan et al., 2012). Çavumirza and Demir (2023) emphasized that high salt concentrations reduce germination rate.

Rapeseed (Canola)

Yurtseven et al. (2001) reported that irrigation with saline water reduced growth and fresh weight in rapeseed. Shekari et al. (2000) noted that increasing salinity levels negatively affected

germination rate and plant height. Pre-treatments with compounds such as SA and AsA were found to mitigate the effects of salinity during germination (Erkoyuncu and Yorgancılar, 2020).

Soybean

In soybean, salinity leads to the accumulation of Na^+ and Cl^- , which limits plant development. Slama and Bouaziz (1978) and Maas et al. (1972) have detailed the effects of salt on mineral uptake and ion distribution. Özçınar et al. (2022) highlighted significant reductions in growth parameters under different salt concentrations.

Peanut and Sesame

In peanuts, salinity affects nutrient uptake, increasing levels of Ca, P, and Fe, while Mn levels remain constant (Chavan et al., 1980). In sesame, salinity leads to reductions in key growth parameters such as leaf area and fruit weight (Alpaslan et al., 1999).

Plant Tolerance Mechanisms Against Salinity

Plants develop various physiological and molecular defense mechanisms against salt stress. Transport systems that prevent the toxic accumulation of Na^+ and Cl^- ions are activated to maintain water balance and ion homeostasis (Reinhold and Guy, 2002). Additionally, low molecular weight osmolytes such as proline are synthesized to protect cellular structures (Parvaiz and Satyawati, 2008).

Hormones also play a vital role in this process. Plant hormones such as cytokinins, auxins, ABA, salicylic acid, and ascorbic acid regulate stress signaling and support germination and development (Rhaman et al., 2020; Khan et al., 2011). Proline accumulation helps prevent DNA damage, stabilize cellular structures, and scavenge free radicals (Jain et al., 2001; Kumar et al., 2003).

Conclusion and Recommendations

The increasing salinity problem in Turkey's agricultural lands threatens productivity and sustainable agriculture. Therefore, identifying, developing, and disseminating salt-tolerant plant varieties is of great importance. Comprehensive breeding programs that integrate physiological, genetic, and biotechnological approaches are necessary to enhance salt tolerance.

Referances

- Alantor, D., 1998. Tuzluluk, Su Stresi ve Bitki Gelisimi Iliskileri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Semineri, Ankara.
- Almansouri, M., Kinet J.M., Lutts S., 2001. Effect of Salt and Osmotic Stresses on Germination in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). Plant and Soil, 231 (2):243-254.
- Alpaslan, M., Güneş, A., Taban, S., 1999. “Salinity Resistance of Certain Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars”, Tr. J. Of Biology 23 (1999) 499-506.
- Arslan, Y., Katar, D., Güler, S., Subaşı, A., Bülbül, A. Subaşı, İ. 2012. Çimlenme ve erken fide gelişimi döneminde (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tuza toleransının belirlenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 26(2): 6-11.
- Arzani, A., 2008. Improving Salinity Tolerance in Crop Plants: A Biotechnological View, In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 44:373-383. <http://dx.doi.org/10.1007/s11627-008-9157-7>
- Ashraf, M., 1994. Organic substance responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*, Biol Plant. 36:255259
- Aydın, İ., Atıcı, Ö., 2015. Tuz Stresinin Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (2): 1-15.
- Bresler, E., Neale, B. L. M., Carter, D. L., 1982. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modelling. Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York, 236 p.
- Chavan, P.D., Karadge, B.A., 1980. Influence of Salinity on Mineral Nutrition of Peanut (*Arachis Hyogea* L.) Plant and Soil. 54: 5- 13.
- Cuartero, J., Bolarin, M., Asins, M., Moreno, V., 2006. Increasing Salt Tolerance in the Tomato, Journal of Experimental Botany, 57 (5): 1045-1058.
- Çavumirza, M., Demir, İ., 2023. Bazı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Çeşitlerinde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Çimlenme ve Çıkış Üzerine Etkisi. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences 13 (1) (2023) 24-30.
- Dinç, U., Senol, S., Kapur, S., Atalay, I., Cangir, C., 1993. Türkiye Toprakları. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Genel Yayın No 2: 51-233.
- Erkoyuncu, M.T., Yorgancılar, M., 2020. Tuz Stresine Maruz Bırakılan Kanola (*Brassica napus* L.)’da Priming Uygulamalarının (Salisilik Asit ve Askorbik Asit) Çimlenme Üzerine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 10(4): 3109-3121.
- Hasegawa, P., Bressan, R., Handa, A., 1986. Cellular Mechanisms of Salinity Tolerance. Hort Science, 21 (6): 1317-1324.
- Heidari, N., Dortaj, E., Karimi, M., Karami, S., Kordi, N., 2016. The effects of acute high intensity interval exercise of judo on blood rheology factors.
- Hubbard, M., Germida, J., Vujanovic, V., 2012. Fungal Endophytes Improve Wheat Seed Germination Under Heat and Drought Stress. Botany, 90 (2): 137-149.
- Jain, M., Mathur, G., Koul, S., Sarin, N., 2001. Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogaea* L.), Plant Cell Reports 20 (5): 463-468.
- Kaya, M.D., Okçu, G., Atak, M., Çıkılı, Y., Kolsarıcı, Ö., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stresses during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24: 291-295.

- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A., Bingham, I., 2003. The Interaction between Salinity Stress and Seed Vigour during Germination of Soyabean Seeds. *Seed Science and technology*, 31 (3): 715-725.
- Khan, M.B., Gurchani, M.A., Hussain, M., Freed, S., Mahmood, K., 2011. Wheat Seed Enhancement by Vitamin and Hormonal Priming, *Pakistan Journal of Botany*, 43 (3):1495-1499.
- Kumar, S.G., Reddy, A.M., Sudhakar, C., 2003. NaCl effects on proline metabolism in two high yielding genotypes of mulberry (*Morus alba* L.) with contrasting salt tolerance, *Plant Science*, 165: 1245-1251.
- Maas, E.V., Ogata, G., Garber, M.J. 1972. Influence of Salinity on Fe Mn, and Zinc Uptake by Plants. *Argon J.* 64 (6): 793-795.
- Munns, R, 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant, Cell & Environment*, 25 (2): 239-250.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Murillo-Amador, B., López-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J., Flores-Hernández, A., 2002. Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188 (4): 235-247.
- Öz, M., Karasu, A., 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21, 9-21.
- Özçınar, A.B., Arslan, H., Arslan, D., 2022. Soya (*Glycine max.* L. Merrill) ‘Da Tuz Uygulamasının Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi* 6(4): 762-776.
- Özen, H.Ç., Onay, A., 2013. Bitki Fizyolojisi, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Parvaiz, A., Satyawati, S., 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plant-a review, *Plant Soil Environment*, 54(3) : 89-99.
- Ramoliya, P.J., Patel, H.M. Pandey, A.N., 2004. Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Salvadora persica* (*Salvadoraceae*), *Forest Ecology and Management*, 202, 181-193.
- Reinhold, L., Guy, M., 2002. Function of membrane transport system under salinity: plazma membrane, *Salinity: Environment-Plants-Molecules*, Published by Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0492-3, Dordrecht, The Netherlands, 522p.
- Rhaman, M.S., Imran, S., Rauf, F., Khatun, M., Baskin, C.C., Murata, Y., Hasanuzzaman, M., 2020. Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*, 10(1), 37.
- Saleh, B., 2012. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Soil & Environment*. 31(2): 113-118.
- Shekari, F., Khoii, F.R., Javanshir, A. Alvari, H., Shkiba M.R., 2000. Effects of sodium chloride salinity on germination of rapeseed cultivars. *Turkish Journal of Field Crops* 5(1): 21-28.
- Slama, F., Bouaziz, E., 1978. Sodium Uptake and International Distribution in Soybean Under Saline Conditions. *Agronomie Tropicale* 33 (3): 227-233.

- Taiz, L., Zeiger, E., 2008. Bitki Fizyolojisi 3. Cilt, pp. 611-615. Çeviren editör İsmail Türkan Palme Yayıncılık, Ankara.
- Tal, M., 1983. Selection For Stres Tolerance In “Handbook Of Plant Cell Culture. Volume I” (D. E. Evans, W. R. Sharp, P. V. Ammirato, Y. Yamada, (eds) Collier Macmillan Publisher, London, 461-487.
- Yadav, P., Maya, K., Zakwan, A., 2011. Seed Priming Mediated Germination Improvement and Tolerance to Subsequent Exposure to Cold and Salt Stress in Capsicum. Research Journal of Seed Science, 4 (3): 125-136.
- Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A., Tek, A. 2001. Tuzluluğun ve Sulama Aralığının Kolzada (*Brassica napus oleifera*) Verime ve Gelişmeye Etkisi. 8- 11 Kasım I. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı, 215- 219, Belek/ Antalya.

DOUBLE-LAYER PLASMONICS THROUGH METAL(Ag)-METAL OXIDE (ZnO) BILAYER THIN FILMS SAFETY LABELS

- Erciyes Üniversitesi, Dr. Öğr. Üyesi Sami PEKDEMİR

samipekdemir@erciyes.edu.tr

0000-0002-7929-6849

- Erciyes Üniversitesi, Salih BİTGEN ,

Salihbtgn070@gmail.com

0009-0003-0570-391X

ABSTRACT

This study systematically investigates the fabrication processes and structural variations of zinc oxide (ZnO) and silver (Ag) thin film coatings deposited on silicon (Si) wafer surfaces, with the aim of developing nanotechnology-based plasmonic security labels. The experimental design consists of two main stages, comprising six production series in total. The first three series focus on forming single-layer structures containing only ZnO thin films. The latter three involve creating multilayer hybrid configurations, whereby Ag layers of different thicknesses (70 nm, 100 nm and 150 nm) are deposited on top of the ZnO films.

During fabrication, the silicon (Si) wafer surfaces were first cleaned and dried chemically to ensure substrate suitability. Subsequently, ZnO films were deposited via radio-frequency (RF) sputtering. To improve the crystalline quality of the ZnO layers, each sample underwent post-deposition annealing. In the multilayer series, Ag coatings were deposited exclusively on the ZnO surface, enabling the ZnO layer to act as a buffer and mediate interaction with the underlying substrate.

Preliminary findings suggest that standalone ZnO films consistently perform well in terms of crystallinity and surface uniformity. In contrast, notable differences in surface plasmon resonance behaviour were observed in the Ag-coated multilayer structures, with clear variations in optical absorption properties as a function of silver layer thickness. Furthermore, morphological analyses reveal significant changes in surface texture as Ag thickness increases.

Overall, the findings of this research offer valuable insights into the scalable integration of ZnO and Ag nanomaterials into advanced security technologies. The results demonstrate their strong potential application in optoelectronic devices, rewritable security labels and nanoscale encoding platforms.

Keywords: Plasmonic structures, SERS, Raman spectroscopy, Security Labels

ÇİMENTO DÖNER FIRIN KALSİNATÖRLERİNDE AKIŞKANLAŞTIRMA

Uğur ÇALI

Atatürk Üniversitesi, ugur.cali24@ogr.atauni.edu.tr – 0000-0002-3112-9726

Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK

Atatürk Üniversitesi, serenturk@atauni.edu.tr – 0000-0002-3112-9726

ÖZET

Enerji ve emek yoğunluğu yüksek bir sektör olan çimento sektöründe, döner fırınların en önemli parçalarından birisi olan ön kalsinasyon kulesinin verimli ve etkin bir akışkanlaştırma ile verimliliğe etkisini teorik olarak incelemektir.

Çimento sektöründe dünyada olduğu gibi Türkiye’de de enerji ve yakıt ana maliyet giderlerini teşkil etmektedir. Bu nedenledir ki çimento sektörüne dair ekonomik analiz yapılırken ele alınması gereken başlıca değişkenler enerji ve yakıttır.

Çimento sektöründe, bir ton çimento üretmek için yaklaşık 100-110 kWh arasında elektrik ve 2,5-4,0 GJ ısı enerjisi gereklidir. Çimento maliyetlerinin %38’lik kısmı yakıt maliyeti, %21’lik kısmı ise elektrik maliyetidir. Toplam olarak değerlendirildiğinde ise enerji maliyetleri toplam işletme maliyetlerinde %60 pay ile en büyük dilimi temsil etmektedir.

Çimento endüstrisinde, enerji tüketimini azaltmak ve kaynak verimliliğini artırmak için alınan tedbirler fiili olarak CO₂ ve diğer gaz emisyonlarını azaltacaktır. Yakıtların yanma reaksiyonu ve proses kaynaklı (CaCO₃’ün kalsinasyonu) oluşan CO₂ emisyonlarının azaltılması, birçok entegre çalışmanın uyumlu bir şekilde yürütülmesi ile sağlanabilir.

Yapılan bu araştırma ve çalışma Çimento Döner Fırını ekipmanlarından olan kalsinatörün verimli bir şekilde akışkan yatak prensiplerine göre kullanım şartlarını analiz etmek, çimento fabrikası yatırımları için olması gereken ölçeklendirme için referans, proses kontrol ve operasyonların verimliliğinin takibi için yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akışkanlaşma ve Akışkan Yataklar, Çimento Endüstrisi, Enerji ve Verimlilik, Çevre, Boyutlandırma

1.GİRİŞ

Türkiye’de Çimento sektörü sanayiinin lokomotif sektörlerinden biri olarak öncü olma konumunu devam ettiregelmiştir. Türkiye’nin çimento üretiminin büyük bir çoğunluğu iç satışa ayrılmakta, bu nedenle dış satışa konu olan kısmının iç satışa oranla düşük kaldığını söylemek yanlış olmaz. Türkiye dünya üretiminde ilk 10 ülke içinde yer alırken diğer taraftan dünya ihracatında da ikinci sırada yer almaktadır.

Çimento, kalker, marn ve kil karışımının 1400-1600 derecelerde pişirilmesinden sonra öğütülmesi ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcıdır. Hidrolik bağlayıcılar, su ile reaksiyona girdikten sonra sert bir kütle oluşturur ve su içerisinde sertlik ve mukavemet değerlerini korur veya artırır. (Dogaka, 2015). Çimento kireçtaşı, kil, şist, marn, alçıtaşı, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, puzzolanik malzemeler, demir mineralleri gibi maddelerden oluşmaktadır (Karakaş, 2006). Çimento, başlıca hammaddeleri olan kireç, silisyum dioksit, alumina ve demir oksit bileşiklerinin homojen ve belirli miktarlarda karıştırılıp, sinterleşme sıcaklığına kadar pişirilmesi ile elde edilen klinkerin eklenen çeşitli katkılarla birlikte öğütülmesiyle elde edilen bir malzemedir. Klinkeri oluşturan temel bileşikler, kimyasal formülleri ve elde edildikleri ana kaynaklar Çizelge 1.'de gösterilmiştir (CSGB, 2016).

Çizelge 1. Klinkeri oluşturan bileşikler ve temel kaynakları (CSGB, 2016).

BİLEŞİK	FORMÜL	ANA KAYNAK
Kireç	CaO	Kalker (kireçtaşı), marn
Silisyum dioksit	SiO ₂	Kil, kum, kumtaşı, çakıl
Alumina	Al ₂ O ₃	Kil, boksit, kum, şeyl
Demir oksit	Fe ₂ O ₃	Hematit, limonit, pirit külü, demir cürufu

Sektör yoğun emek ve enerji tüketen sektörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle maksimum verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından oldukça önemli ve değerli bir kavram olarak karşımıza çıkmakta, yeni fırsatlar, teknoloji arayışları, alternatif hammadde ve alternatif yakıt tüketimi, dijitalleşme ve yapay zeka uygulamaları, yanma ve yakma teknolojileri, yeşil dönüşüm gibi pek çok başlıkta uygulama ve arayışlar devam etmektedir. Bu açıdan akışkanlaşma ve akışkanlaştırma önemli bir mühendislik terminolojisi olarak üzerinde durulması gereken bir kavram ve değerini giderek artırarak sektörün önünü açmaktadır.

2.AMAÇ

Enerji ve emek yoğunluğu yüksek bir sektör olan çimento sektöründe, döner fırınların en önemli parçalarından birisi olan ön kalsinasyon kulesinin verimli ve etkin bir akışkanlaştırma ile verimliliğe etkisinin teorik olarak incelemek saha pratikleri ile karşılaştırmaktır. Böylece aşağıda açıkladığımız verimlilik, çevre ve sürdürülebilirlik açısından değerlendirme ve yorum yapabilecek verileri oluşturmaktır.

2.1. Üretim Verimliliği

Türkiye'deki çimento üretim maliyetleri ise Çizelge 2'de verilmektedir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de enerji ve yakıt ana maliyet giderlerini teşkil etmektedir. Bu nedenledir ki, çimento sektörüne dair ekonomik analiz yapılırken ele alınması gereken başlıca değişkenler enerji ve yakıttır. Hammadde ve işçiliğin ise %9-10 arasında seyrettiği söylenebilir. Kalkerin (kireçtaşı) çimento ve beton yapımında başlıca komponent olması, inşaat harç ve sıvalarındaki bağlayıcı özelliği, Türkiye'de oldukça yaygın bulunması hammadde yönünden sıkıntı yaşanmamasını sağlarken, üretimi olumlu etkilemektedir.

Çizelge 2. Türkiye’de Çimento Sektöründe Temel Maliyet Gruplarının Payları (%) (Kaynak: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çimento Sektörü Raporu, 2020)

Hammadde ve Yardımcı Maddeler	9,6
Enerji	21,1
Yakıt	38
İşçilik	9,4
Amortisman	7
Diğer Sabit Giderler	13

2.2. Enerji Verimliliği

Ülkemizde çimento sektörünün sanayi üretimindeki payı %3 olarak ölçülmektedir (TOBB, 2012) ve bu oranla ülkemiz, sanayinin lokomotif sektörlerinden biri olarak göze çarpmaktadır. Sektörün toplam enerji sanayi tüketimindeki payı ise %17,5 olarak ölçülmüştür ve bu değerler demir çelik sektöründen sonra en çok enerji tüketen ikinci sanayidir. Enerji yoğun bir sektör olarak nitelenen çimento sektöründe, bir ton çimento üretmek için yaklaşık 100-110 kWh arasında elektrik ve 2,5-4,0 GJ yakıt enerjisi gereklidir. Sektörün maliyet bileşenleri incelendiğinde ise %38’lik bir dilimle yakıt gideri, (<https://cementurk.com.tr/cimento-sektoru-ve-alternatif-enerji-kaynaklari/> 23.04.2025 2019 Sayfa 2 / 6) çimento sektörünün temel harcama kalemini oluşturmaktadır. Başlıca kullanılan yakıtlar ise %70 oranında petrokok ve %28 oranında linyit olarak öne çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında çimento sektörü, mevcut durumda fosil yakıtlara bağımlı olarak tanımlanabilir. Diğer bir maliyet bileşeni ise %21 pay ile elektrik maliyetidir. Toplam olarak değerlendirildiğinde ise enerji maliyetleri toplam işletme maliyetlerinde %60 pay ile en büyük dilimi temsil etmektedir. Ekonomik veriler, özellikle döviz, elektrik ve petroldeki fiyat yükselmeleri dönem dönem bu maliyetleri %80’lere kadar çıkarmaktadır. Sektörün Türk sanayisindeki yeri ve kendi içerisindeki enerji maliyeti düşünüldüğünde, enerji alanında yapılacak olan verimlilik çalışmaları ve iyileştirmeler doğrudan doğruya ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Petrol, birincil ve ikincil yakıtlar açısından dışa bağımlılık enerji verimliliğini oldukça önemli bir maliyet unsuru haline getirmektedir.

2.3. Çevresel Etki ve Emisyonların Düşürülmesine Etkileri

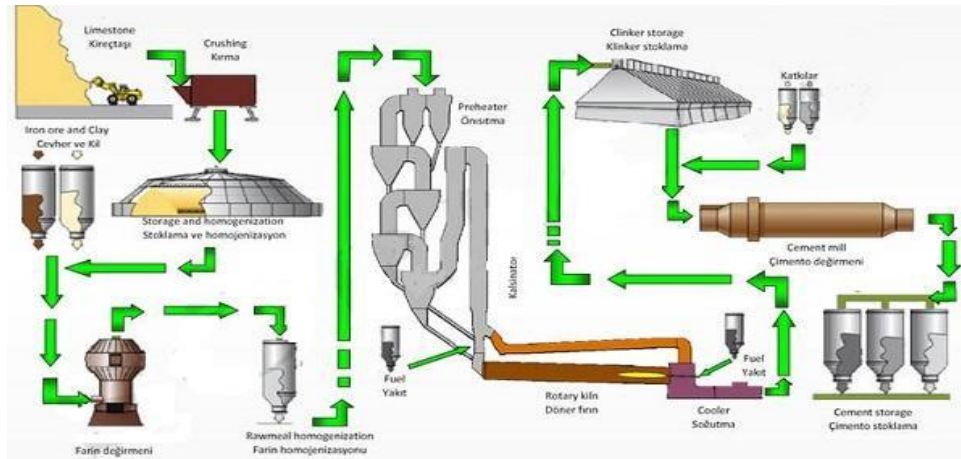
Çimento endüstrisi CO₂, enerji ve malzeme yoğun bir sektördür. Enerji tüketimini azaltmak ve kaynak verimliliğini artırmak için alınan tedbirler, fiili olarak CO₂ emisyonlarını azaltacak, dolayısıyla CO₂ emisyonlarına odaklanacaktır. Proses emisyonlarının (üretim prosesi sırasında kireçtaşının kirece dönüştüğü zaman oluşur) ve gerekli termal enerjiden kaynaklanan emisyonların kombinasyonu, 1990 yılında her bir klinker tonu için 912 kg olduğu belirlenmiştir. 20 yıl içinde, Avrupa çimento endüstrisi, 1990 yılında 719 kg'dan ton çimento başına CO₂ emisyonunu 2010 yılında 660 kg'a düşürmüştür. CO₂ emisyonlarının azaltılması, birçok paralel çalışmanın uyumlu bir şekilde yürütülmesi ile sağlanabilir. Gerçek bir fark yaratacak teknolojilerin, yatırımların ve süreçlerin birleşimi doğru tanımlanmalıdır (Cembureau, 2018).

Yanma gazları (CO , NO_x , SO_2), Uçucular (KCl , NaCl , SO_3 , K_2O , Na_2O) ve toz partiküller yine önemli emisyon kaynağı olarak söylenebilir. Bu nedenle akışkanlaştırma mühendisliği ve akışkan yatak prensiplerinin doğru uygulanması emisyonun kaynağında önlenmesi açısından oldukça önemli ve değerli bir mühendislik uygulamasıdır.

3.ÇİMENTO ÜRETİM SÜRECİ

Çimento üretim aşamaları;

Çimento üretim aşamaları aşağıdaki Görsel 1' de verilmiştir (Nkfu, 2018).



Görsel 1. Çimento üretim aşamaları (Nkfu, 2018).

- Hammadde temini
- Hammadde hazırlama ve depolama
- Farin hazırlama ve depolama
- Yakıt hazırlama ve depolama
- Klinker üretimi ve depolama
- Çimento öğütme ve depolama
- Ambalajlama ve sevk

3.1. Çimento Üretim Teknolojisi

Çimento üretimi için 3 farklı proses söz konusudur. Bunlar; yaş sistem, yarı yaş sistem, kuru sistemlerdir. Bu çalışmada kuru sistemli döner fırın teknolojisi esas alınacaktır.

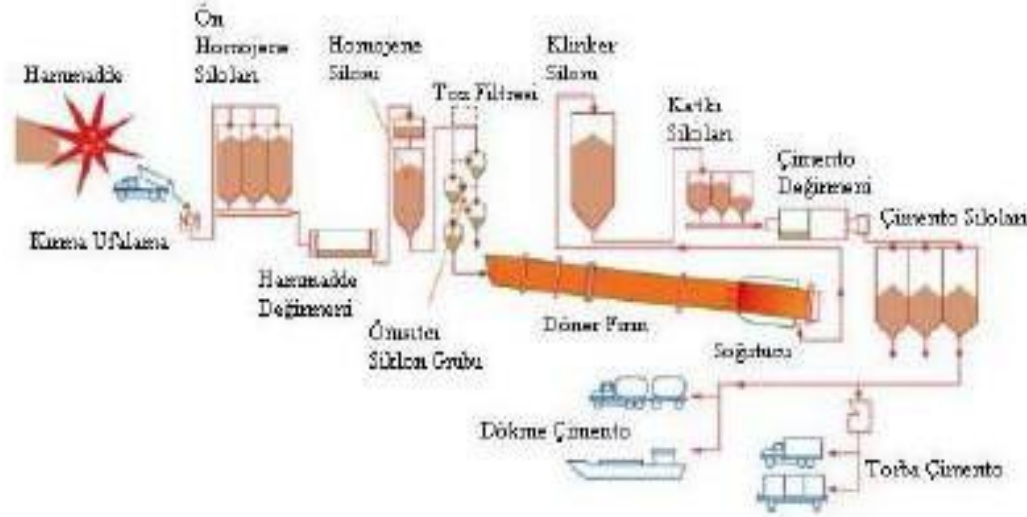
Kuru sistemle üretim:

Bu sistemde kalsinasyon işlemi fırında değil de ön ısıtıcıda olmaktadır (Kocakaya, 2016). Ön ısıtıcılarda siklonlar bulunmaktadır. Burada gerçekleşen olay, ön ısıtıcı da bulunan siklonlardan farinin yukarıdan aşağıya doğru inerken, aşağıdan çıkan sıcak gazla kalsine olup fırına girmesidir. Bu sayede bu sistemde daha küçük fırınlar kullanılmaktadır.

Şu an dünyada var olan fabrikaların çoğu kuru prosese uygun olarak çalışmaktadır ve yeni

kurulmakta olan fabrikaların da hepsi kuru prosese uygun olarak tasarlanmaktadır. Kuru proses, daha fazla enerji tasarrufu sağladığı için tercih edilmektedir (Karakaş, 2006).

Aşağıdaki Görsel 2’ de kuru sistemle üretim yapan çimento fabrikasının üretim kademeleri gösterilmiştir (Savaş, 2004).



Görsel 2. Kuru Sistemle Çimento Üretimi

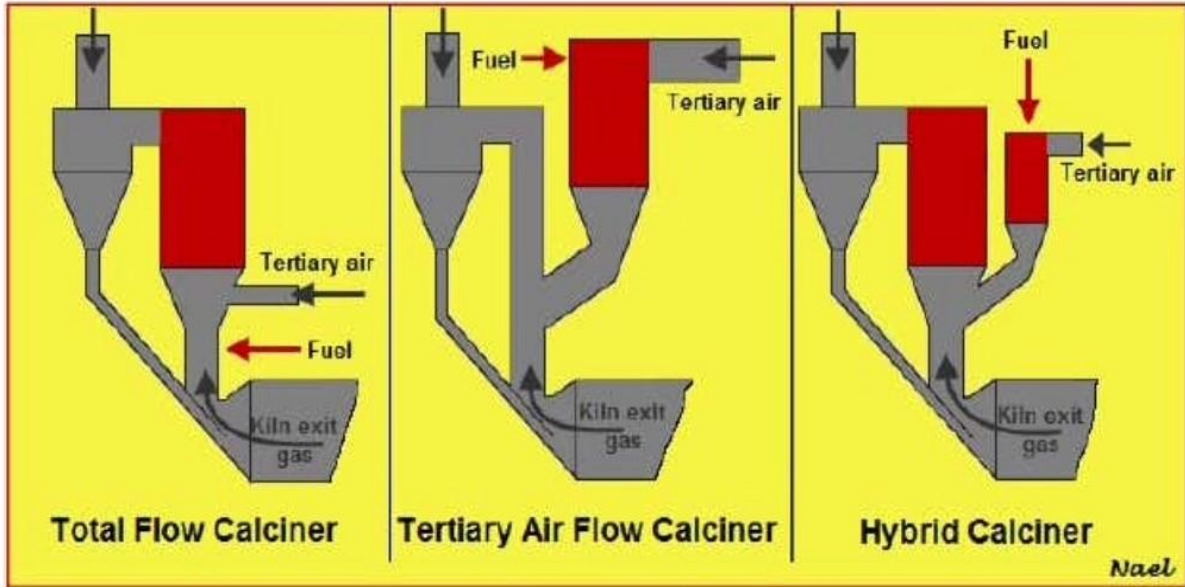
Çimento sektöründe genel olarak üç farklı tip kalsinatörden bahsedebiliriz. Bu çalışmada Toplam Akışlı Önkalsinatörü esas alarak Akışkan yatak prensiplerine göre değerlendirme yapıldı.

3.2. Toplam Akışlı Önkalsinatör

Toplam akışlı ön kalsinatörlerde yanma fırın çıkış gazları ile tersiyer hava karışımında gerçekleşir. Dolayısıyla yanma %10-14 oksijen içeren gazlarda başlar ve yaklaşık %1-3 oksijen içeren gazlarda sona erer. Önkalsinatörden gelen Öğütülmüş hammadde (farin) Siklon kademelerinden aşağı doğru hareket ederken ,sıcak gaz yukarı doğru hareket eder. Ters akım prensibi ile çalışan sistem böylece yakıtın yanması ile oluşan ısı enerjisi ile ,öğütülmüş hammadde(farin) arasında ısı transferi gerçekleşerek kalsinasyon reaksiyonu oluşturur.



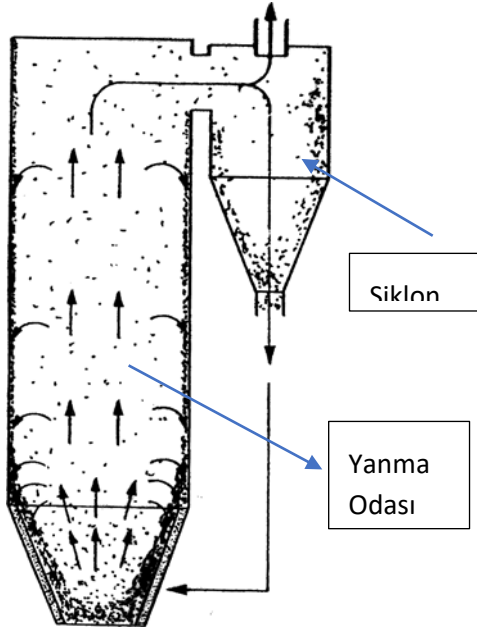
Önkalsinatör tipleri Görsel 3.’de gösterilmiştir



Görsel 3. Önkalsinatör tipleri

4.AKIŞKAN YATAKLAR

Çimento sektöründe genel olarak karşılaşılan Dolaşimli Akışkan Yatak (DAY) sistemleri Görsel 4’de gösterilmiştir.



Görsel 4. DAY yatak ve siklon

Küçük tanecik boyutu ve yüksek gaz hızları sebebiyle bu akışkan yataklarda, yatak ve serbest bölge ayırımı yapılmaz.

Gaz hızları kabarcıklı sistemlerden (~ 2 m/s) 3-4 katı daha fazla olduğu için parçacıklar rahatlıkla sürüklenir. Böylece yatak ve seyrek bölge ayırımı olmadan ,yanma havasının da kademeli olarak beslenmesiyle yanmanın tüm akışkan yatak boyunca sürmesi sağlanır.

En alttan giren hava miktarı toplam havanın %60 -%75'ini oluştururken, geri kalan hava daha yukarı seviyelerden ikincil hava olarak sisteme verilir.

Yanma 840-900°C'da gerçekleşirken, ince tanecikler (< 450 mikron) 6-8 m/s yanma gazı hızıyla akışkan yatak dışına taşınırlar. Bu parçacıklar genelde akışkan yatak(yanma odası) çıkışına yerleştirilen siklon tarafından tutularak akışkan yatak(yanma odasına) geri gönderilir. Böylece sürekli bir dolaşım gerçekleştirilmiş olur.

Parçacık dolaşımı ile, kömüre yanma için, kireçtaşına da kükürt tutması için yakıcı içinde daha uzun kalma süresi sağlanmış olur böylece parçacıkların ısısından maksimum yararlanılır.

Bu sistemde alev boruları(burner) yatağın içine yerleştirilmemiştir. Borular yanma odasının duvarlarına ve gaz yolu üzerine yerleştirilmiştir.

Akışkan yataklı kazanların teknolojisi gereği, hem kabarcıklı hem de dolaşımli sistemlerde yakıt bünyesindeki kükürdün çok büyük bir bölümü yatakta kireçtaşı ile reaksiyona girerek tutulmuş olduğundan baca gazlarının kükürt içeriği düşüktür. Yatakta oluşan gazların kükürtten arındırılmış olması düşük sıcaklıkta korozyon tehlikesini ortadan kaldırır.

DAY Dolaşımli Akışkan Yatak) yakma sisteminde kullanılan kömürün kükürt içeriğine ve kireçtaşının reaktivitesine bağlı olarak $2 - 2.5$ Ca/S mol oranı ile, %90 'lara varan SO₂ giderme verimi elde edilmektedir.

KAY(Kabarcıklı Akışkan Yatak) birim alandan elde edilen güç 1.3 MW/m² civarındadır. DAY yakma sistemlerinde ise partikül boyutunun küçük olması nedeniyle ısı transfer katsayıları KAY yakma sistemlerinden yüksek olup, birim yatak alanından elde edilen güç 4.5 MW/m² civarındadır. Bu durumda ısı transfer sisteminin boyutu ve maliyeti DAY'da daha azdır.

4.1.Akışkan Yatak Teknolojisinin Avantajları

4.1.1. Yüksek Yanma Verimi ve Yüksek Isı Transfer Katsayısı

Akışkan yataklı kazanlarda düzgün katı-gaz karışımının sağlanması ve parçacıkların yatakta kalma süresinin uzunluğu nedeniyle yüksek yanma verimi elde edilmektedir. Yanma verimi kazanı terk eden parçacıkların tutularak sisteme geri gönderilmesi ile daha da artırılır.

Ayrıca yatak içerisinde ısı transfer katsayısı çok yüksek olduğu için ısı transferi yüzeyleri ve dolayısıyla kazan boyutları konvansiyonel kazanlara göre daha küçüktür ve daha az yatırım maliyeti gerektirir.

4.1.2. Yakıt Hazırlama Kolaylığı

Pulvarize kazanlara göre kömürün tane boyutunun daha iri olması nedeni ile, yakıt hazırlama tesisleri daha basittir, işletme bakım masrafları ve yatırım maliyetleri düşüktür.

4.1.3. Yüksek Kullanılabilirlik

Özellikle kül erime noktası düşük yakıtların, akışkan yataklı kazanlarda yakılması durumunda erime noktasının altındaki sıcaklıklarda çalışıldığı için ısı transfer yüzeylerine kül yapışması sonucu oluşacak birçok kazan işletme problemlerine rastlanmaz.

Dolayısıyla, akışkan yataklı kazanlarda %90 – 95 düzeyinde kullanılabilirlik söz konusudur.

4.1.4. Yakıt Bileşiminde Esneklik

Yatak malzemesinin yüksek ısı kapasitesi sayesinde, yakıtın yatağa girdiğinde anında ısınması ve parçacıklara yanma için uzun süre sağlanması, akışkan yataklı kazanlarda, düşük ısı değerli yakıtların bile rahatlıkla yakılabildiğini sağlamaktadır.

4.1.5. Düşük NO_x ve SO₂ Emisyonları:

Kükürt dioksit özellikle asit yağmurlarına yol açması, dolayısıyla havada ve suda asit birikimi oluşturması sebebiyle önemle üzerinde durulan emisyonlardan biridir. Yanma sırasında yakıtın bünyesinde bulunan kükürdün oksitlenmesiyle kükürt dioksit oluşurken, akışkan yataklı kazanlarda yatak bölgesine kireçtaşı beslenerek bu kükürt dioksit tutulur. Daha sonra yatak külü ve uçucu kül olarak sistem dışına taşınır.

Azot oksitler çevreyle etkileşimleri açısından kükürt oksitlerden çok daha geniş kapsamlı etkileri olan gazlardır. Azot oksitlerin, asit yağmuru, ozon tabakasının incilmesi, sera gazı etkisi ve fotokimyasal sis oluşumunda rol almaları sebebiyle çevre üzerinde belirgin etkileri vardır.

Bu gazların yanma sonucunda oluşması için iki kaynak vardır :1- yakıttaki azot 2- yanma için beslenen havadaki atmosferik azot. Atmosferik azot özellikle 1200°C ve üstündeki sıcaklıklarda oksijenle reaksiyona girerek ısı-azot oksit oluşur, dolayısı ile çok daha düşük işletme sıcaklığına sahip akışkan yataklı kazanlarda önemli bir azot oksit oluşmaz.

Yakıt kaynaklı azot oksitler: DAY yakıcılarında azot oksitlerin emisyonları için kademeli hava beslemesi yapılarak indirgeyici atmosfer oluşturulur ve azotun oksitlenerek azot oksite dönüşmesi engellenir.

Sonuç olarak düşük yanma sıcaklığı ve kademeli hava beslemesi sayesinde düşük miktarda NO_x oluşumu ve kalsinatör içinde kireçtaşı ile SO₂ 'nin tutulması sayesinde, ilave baca gazı arıtma tesisleri olmaksızın çevre sınırlarının altında NO_x ve SO₂ emisyonları gerçekleşir.

5.TASARIM PARAMETRELERİ VE GELDART SINIFLAMASI

Geldart Sınıflaması Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Geldart Sınıflaması

Tip	Tanım	
A	Aeratable	FCC katalizörleri
B	Kum tipi	Kum, cam boncukları
C	Yapışkan	Mikronize kalsit

D	Sıçrayıcı	Plastik peletler
---	-----------	------------------

Her parçacık akışkanlaştırılmaz. Katı parçacıkların akışkanlaştırılmış yataklardaki davranışı çoğunlukla boyutlarına ve yoğunluklarına bağlıdır. Geldart'ın (1973, 1978) dikkatli bir gözlemi Görsel 5'de gösterilmiştir ve burada dört farklı toz tipinin özellikleri aşağıdaki gibi kategorize edilmiştir:

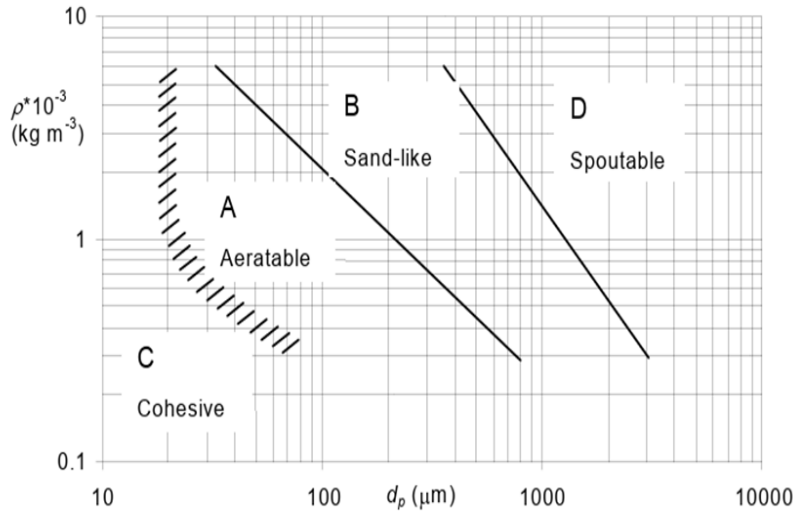
Grup A, "havalandırılabilir" parçacıklar olarak adlandırılır. Bu malzemeler küçük ortalama parçacık boyutuna ($d_p < 30 \mu m$) ve/veya düşük parçacık yoğunluğuna ($< 1,4 \text{ g/cm}^3$) sahiptir. Kıraking katalizörleri genellikle bu kategoridedir. Bu katılar, kabarcık oluşumu olmadan düşük gaz hızlarında düzgün akışkanlaşma ile kolayca akışkanlaşır. Daha yüksek gaz hızlarında, sonunda kabarcıkların oluşmaya başladığı ve minimum kabarcıklanma hızı U_{mf} 'nin her zaman U_{mf} 'den büyük olduğu bir noktaya ulaşılır.

Grup B, "kum benzeri" parçacıklar olarak adlandırılır ve bazıları buna kabarcıklı parçacıklar der. Bu gruptaki parçacıkların çoğu $150 \mu m$ ila $500 \mu m$ boyuta ve $1,4$ ila 4 g/cm^3 yoğunluğa sahiptir. Bu parçacıklar için, minimum akışkanlaşma hızı aşıldığında, fazla gaz kabarcıklar şeklinde görünür. Grup B parçacıklarından oluşan bir yataktaki kabarcıklar büyük bir boyuta ulaşabilir. Tipik olarak kullanılan grup B malzemeleri cam boncuklar (ballotini) ve irikumdur.

Grup C, malzemeleri 'kohesif' veya çok ince tozlardır. Boyutları genellikle $30 \mu m$ 'den küçüktür ve gazın etkisinden kaynaklanana kıyasla parçacıklar arası kuvvetler nispeten büyük olduğundan akışkanlaştırmaları son derece zordur. Küçük çaplı yataklarda, Grup C parçacıkları kolayca kanallaşmaya yol açar. Grup C malzemelerine örnek olarak talk, un ve nişasta verilebilir.

Grup D, malzemeler ya çok büyük ($600 \mu m$ den büyük) ya da çok yoğundur. Derin yataklarda akışkanlaştırmaları zordur. Grup B parçacıklarının aksine, hız arttıkça yatakta bir jet oluşabilir ve daha sonra malzeme püskürtme hareketiyle jetle dışarı üflenebilir. Gaz dağılımı eşit değilse, püskürtme davranışı ve ciddi kanalizasyon beklenebilir. Kavrulmuş kahve çekirdekleri, saçma kurşun ve bazı kavurma metal cevherleri Grup D malzemelerine örnektir.

Geldart'ın sınıflandırması, Görsel 5'de gösterildiği gibi ortam koşullarında ve yaklaşık $10 \cdot U_{mf}$ 'den düşük U için akışkanlaştırma için açık ve kullanımı kolaydır. Bilinen bir yoğunluk ρ_s ve ortalama parçacık boyutu d_p 'ye sahip herhangi bir katıdır.

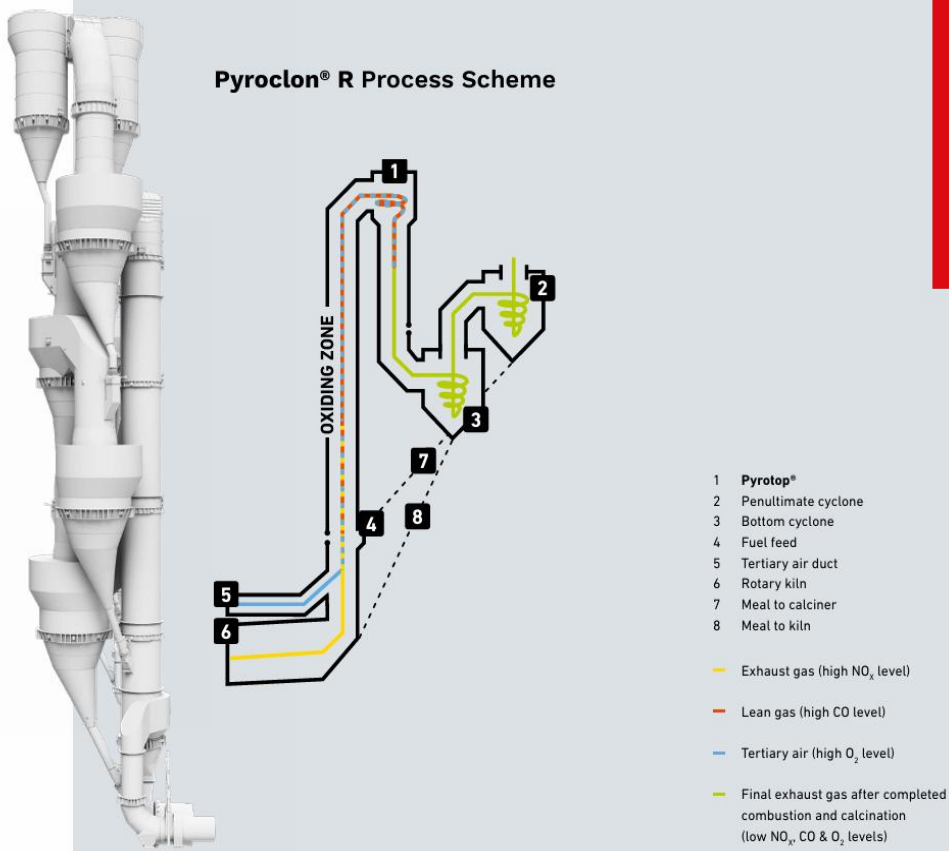


Görsel 5. Geldart Toz Sınıflaması Grafiği Görseli

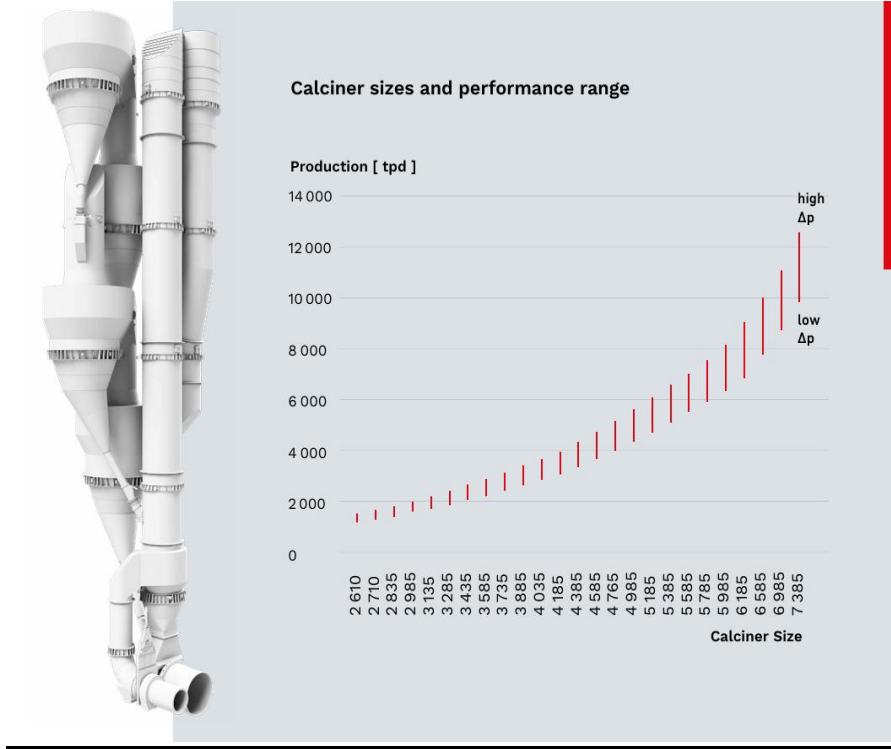
6.KABULLER ve HESAPLAMALAR

Bu çalışmada gerçek saha verileri, şartları ve tecrübeleri kullanılarak hesaplamalar ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Kalsinatör (Akışkan Yatak) olarak, Alman KHD firmasının geliştirdiği ve Türk çimento sektöründe kullanımı oldukça yaygın Pyroclon sistemi kullanılmıştır.



Görsel 6. Pyroclon sistemi genel görseli



Görsel 7. Kalsinatör dizayn Tablosu

7.ÖRNEK ÇÖZÜMLER

2500 Ton/Gün klinker üretim kapasitesine sahip bir çimento fabrikasında Farin(Öğütülmüş kuru hammadde karışımı) ve Kömür(Öğütülmüş kuru yakıt) için ;

7.1.Kalsinatörde(Akışkan Yatak) porozite

7.2.Minimum yatak yüksekliği

7.3.Basınç düşüşü

7.4.Minimum akışkanlaşma hızı

7.5.Sürükleme havası minimum debisi,

8.Siklon Çapı ve boyutlarının teorik olarak hesaplaması yapıldı.

Kabuller;

Farin(Öğütülmüş Hammadde) için;

$M_f=207$ ton/saat

$D_{kal}=4200$ mm

$T_k= 850\pm 50$ C

$\rho_{hava}=414,9$ kg/m³

$c_p 850$ C=1,1095

$D_f=0,09$ mm

$\rho_f=1050$ kg/m³

$\mu_{hava850}=4,410$

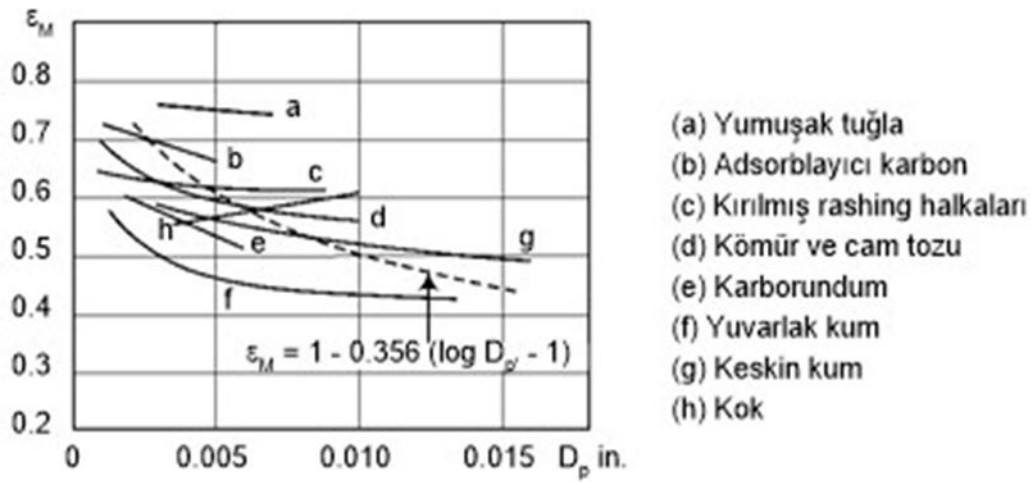
$g=9,81$ m/s²

Kömür(Öğütülmüş Yakıt) için;

$M_{k\ddot{o}m} = 10 \text{ ton/saat}$
 $D_{kal} = 4200 \text{ mm}$
 $T_k = 850 \pm 50 \text{ C}$
 $\rho_{hava} = 414,9 \text{ kg/m}^3$
 $c_p \text{ } 850 \text{ C} = 1,1095$
 $D_{k\ddot{o}m} = 0.06 \text{ mm}$
 $\rho_{k\ddot{o}m} = 850 \text{ kg/m}^3$
 $\mu_{hava 850 \text{ C}} = 4,410$
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Çözümler;

7.1. Akışkan Yatak Porozitesi



Görsel.8. Porozite partikül çapı grafiği

Grafikteki d eğrisinden;

Farin için;

$$\epsilon_{mf} = 0,66$$

Kömür için;

$$\epsilon_{mk\ddot{o}m} = 0,62 \text{ bulunur.}$$

Veya

$\epsilon_M = 1 - 0.356(\log D_p - 1)$ formülünden;

Farin için;

$$\epsilon_M = 1 - 0.356(\log 90 - 1)$$

$$\epsilon_M = 0,6602$$

Kömür için;

$$\epsilon_M = 1 - 0.356(\log 60 - 1)$$

$$\epsilon_M = 0,7229$$

7.2. Minimum yatak yüksekliği

Farin için ;

$$KH_f = 207000 \text{ kg} / 1200 \text{ kg/m}^3 = 172,5 \text{ m}^3$$

$$Lof = 4 * V / \pi * D_k^2$$

$$Lof=172,5*4/(4,2)^2*\pi$$

$$Lof=12,45 \text{ m}$$

$$Lmf=Lof*(1-\epsilon_0)/(1-\epsilon_{mf})$$

$$Lmf=12,45*(1-0)/(1-0,62)$$

$$Lmf=32,78 \text{ m}$$

Kömür için;

$$KHk\ddot{o}m=10000/850=11,76 \text{ m}^3$$

$$Lok\ddot{o}m=4*V/\pi*Dk^2$$

$$Lok\ddot{o}m=11,76*4/(4,2)^2*\pi$$

$$Lok\ddot{o}m=0,85 \text{ m}$$

$$Lmk\ddot{o}m=Lok\ddot{o}m*(1-\epsilon_0)/(1-\epsilon_{mf})$$

$$Lmk\ddot{o}m=0,85*(1-0)/(1-0,7229)$$

$$Lmk\ddot{o}m=3,067 \text{ m}$$

7.3. Basınç düşüşü

$$\Delta P=(1-\epsilon_{mf})\rho_{hava}*g*Lmf$$

$$\Delta P=(1-\epsilon_{mk\ddot{o}m})\rho_{hava}*g*Lmk\ddot{o}m$$

Veya

$$-\Delta P/Lm=Pa-Pb/LD=g/gc(1-\epsilon_{mf})(\rho_o-\rho)$$

Farin için;

$$-\Delta P/32,78=1*(1-0,62)(1200-414,9)$$

$$-\Delta P=9985,40 \text{ kg/m}^2=0,9985 \text{ kg/cm}^2$$

Kömür için;

$$-\Delta P/3,067=1*(1-0,723)(850-414,9)$$

$$-\Delta P=369,78 \text{ kg/m}^2=0,0370 \text{ kg/cm}^2$$

7.4. Minimum Akışkanlaşma Hızı

Farin için;

$$Vo=g(\rho_{mf}-\rho_{hava})Df^2p\epsilon_{mf}^3/150\mu(1-\epsilon_{mf})$$

$$V0=9,81*(1200-414,9)*(9*10^{-4})^2*0,62^3/150*4,411^{-5}*(1-0,62)$$

$$=3,05$$

m/s

Kömür için;

$$Vo=g(\rho_{mf}-\rho_{hava})Df^2p\epsilon_{mf}^3/150\mu(1-\epsilon_{mf})$$

$$V0=9,81*(850-414,9)*(9*10^{-4})^2*0,723^3/150*4,411^{-5}*(1-0,723)$$

$$=1,89 \text{ m/s}$$

7.5. Minimum Akışkanlaşma Debisi

Farin için ;

$$Q_{min}=V0*Akal.$$

$$Akal.=\pi*dka^2$$

$$Akal=\pi*(2,1)^2$$

$$Akal=13,85 \text{ m}^2$$

$$Q_{min}=3,05*13,85$$

$$Q_{min}=42,26 \text{ m}^3/\text{s}=152136 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kömür için;

$$Q_{min}=V_0 \cdot A_{kal.}$$

$$A_{kal.} = \pi \cdot d_{kal}^2$$

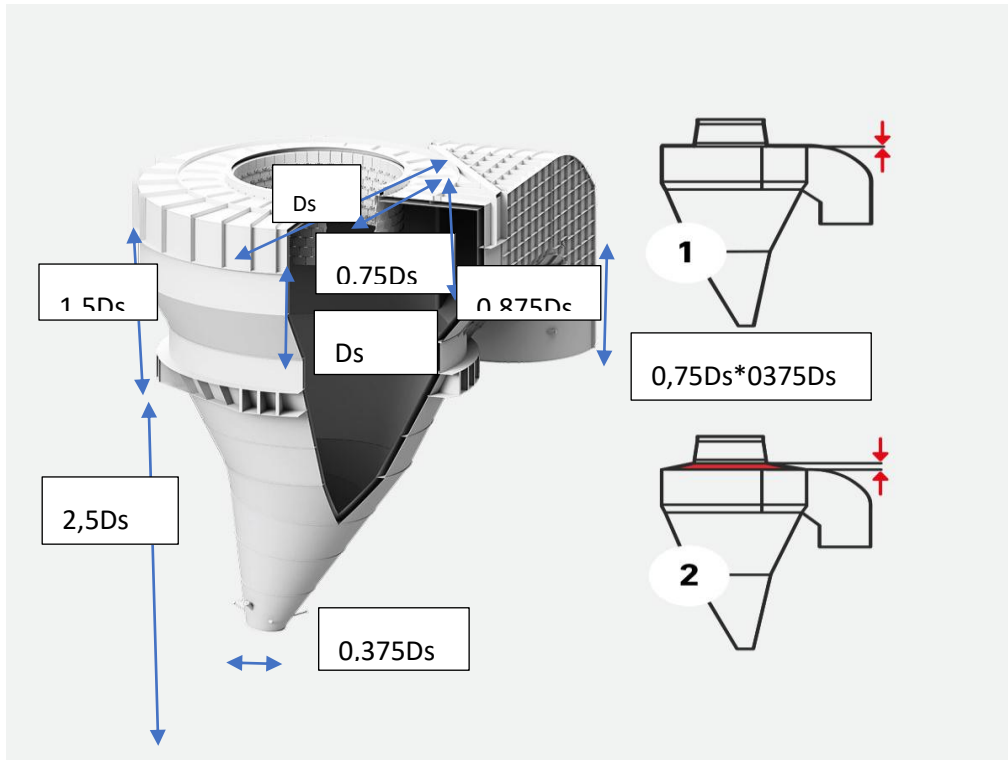
$$A_{kal} = \pi \cdot (2,1)^2$$

$$A_{kal} = 13,85 \text{ m}^2$$

$$Q_{min} = 1,89 \cdot 13,85$$

$$Q_{min} = 26,18 \text{ m}^3/\text{s} = 94235 \text{ m}^3/\text{h}$$

8.KALSİNATÖRE (AKIŞKAN YATAK) BAĞLI SİKLON BOYUTLARI



Görsel 9. Siklon Ölçeklendirme

$D_s = 4 \cdot (Q_{min} / \pi \cdot V_0)$ 5 kademeli siklon grubunda 4 adet gaz kanalı olduğu için

V_0 genel olarak 9-27 m/sn kabul edilmektedir.

Çimento sektörü için kabul edilen değerler 24-26 m/sn'dir. Bu nedenle her iki değer için ayrı hesaplanmıştır.

8.1. Siklon Üst Tavan Çapı ve Boyu

$$D_s = 4 \cdot (152136 / (\pi \cdot 3600 \cdot 24))$$

$$D_{smax.} = 7,04 \text{ m}$$

$$Ds=4*(152136/*3600*26)$$
$$Dsmin.=6,5 \text{ m}$$

8.2. Giriş Borusu Boyutları

$$Lgb=0,75DsX0,375Ds$$
$$Lgb=5,265 \text{ m}X2,63 \text{ m}$$

8.3. Üst Silindirik Gövde Uzunluğu

$$Lüsg=1*Ds$$
$$Lüsg=7,02 \text{ m}$$

8.4. Silindirik Gövde Uzunluğu

$$Lsg=1,5*Ds$$
$$Lsg=10,53 \text{ m}$$

8.5. Konik Bölge Uzunluğu

$$Lkon=2,5*Ds$$
$$Lkon=2,5*7,02$$
$$Lkon=17,55 \text{ m}$$

8.6. Dalma Boru Çapı

$$Ddbç=0,75*Ds$$
$$Ddbç=7,02*0,75=5,265 \text{ m}$$

8.7. Dalma Boru Uzunluğu

$$Ddbu=0,875*Ds$$
$$Ddbu=7,02*0,875=6,14 \text{ m}$$

8.8. Alt Konik Çapı

$$Dakç=0,375*Ds$$
$$Dakç=0,375*7,02=2,63 \text{ m}$$

9. YORUMLAR

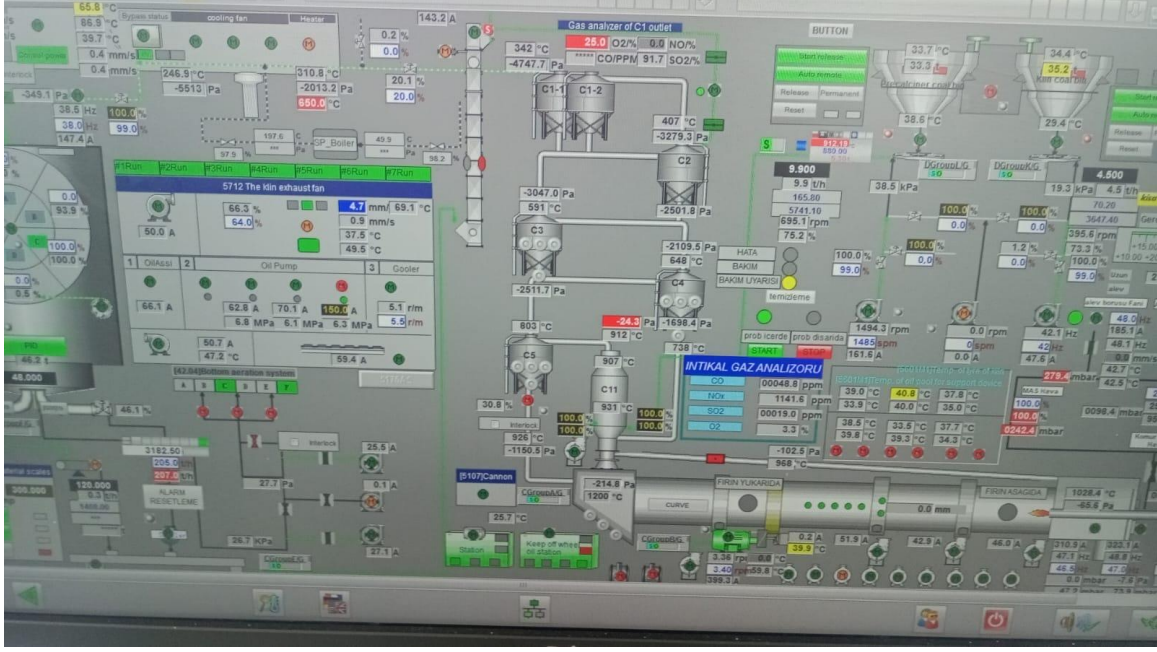
Yukardaki hesaplamalar ile saha değerleri karşılaştırıldığında dizayn değerleri ile örtüşen sonuçlar bulunmuştur. Bu nedenle Döner Fırın operasyonlarında akışkan yatak uygulamaları dikkate alınarak çalışmalar yapılması üretim ve enerji verimini optimize edecektir. Çizelge 4, Çizelge 5 ve Görsel 10'dan da görüleceği üzere gerçek çalışma ve gerçek ölçüleri göstermektedir. Dolayısıyla kabullerle fiili durum örtüşmektedir.

Çizelge 4. Çimento Döner Fırını Baca Gazı Dizayn Değerleri

Çalışma Alanı	Ekipman Adı	Tip ve Özellikleri	Adedi	Yıllık Çalışma Oranı(%)
Döner Fırın	Sistem Fanı	Debi:540000 m ³ /h Toplam Basınç: 4000 Pa	1	85

Çizelge 5. Çimento Döner Fırın Önısıtıcı ve Önkalsinasyon Dizayn Değerleri

Çalışma Alanı	Ekipman Adı	Tip ve Özellikleri	Adedi	Yıllık Çalışma Oranı(%)
Kalsinasyon Kulesi(Siklonlar)	Ön Isıtıcı ve Ön Kalsinasyon	Kapasite 2500 ton/gün Siklon 1 ø 4730 mm Siklon 2 ø 6700 mm Siklon 3 ø 6700 mm Siklon 4 ø 7000 mm Siklon 5 ø 7000 mm Kalsinatör ø 7000 mm h 35100 mm	1	85



Görsel 10. 2500 ton/gün Fırın Prosesi Gerçek Ekran Görüntüsü

Bilimsel yayınlar ve hesaplamalardan da görüleceği üzere Çimento Döner Fırınlara entegre kullanılan Kalsinatörler aslında Akışkan yatak reaktörler ve uygulamalarının en iyi örneklerindendir.

Bu nedenle Döner Fırın proses ve operasyonlarında bu prensipler, ölçümler ve hesaplamalar;

Hammadde hazırlama ve kurutmada

Kömür hazırlama ve kurutmada

Öğütme parametrelerinde

Bacagazı debisi hesaplamasında

Siklon tip ve ölçülerinin belirlenmesinde

Yanma ve yakma veriminde

Yakıt sevk ve yakma havası ayarlamasında

Kömür sevk kompresörü seçiminde

Kömür hattı-kalsinatör bağlantı noktası seçiminde

Tersiyer hava miktarında

Tersiyer hava kalsinatör bağlantı noktası seçiminde

Proses ve operasyonların optimizasyonun da önemli referans değerler oluşturacaktır.

Bu referans değerler;

Üretim verimliliği

Termal enerji verimliliği

Elektriksel enerji verimliliği

Proses güvenliği

Emisyonların düşürülmesi çevresel etkinin azaltılması

Üretim maliyetlerinin düşürülmesi

Sürdürülebilirlik gibi endüstriyel tesisler için çok önemli kazanımlar sağlayacaktır.

10.KAYNAKÇA

- [1] Kuleli, Ö., Çimento Mühendisliği El Kitabı, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara (2010).
- [2] Stepień, L., Dr. Scazko, M., Fludization, AGH University of Science and Technology Cracow (2015)
- [3] ERENTÜRK.S Akışkanlaştırma Yüksek Lisans Ders Notları, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Erzurum (2025)
- [4] Kunii & Levenspiel Fludization Engineering WBSCD, Sürdürülebilirlik Raporları IEEE-IAS/PCA Kongre Yayınları
- [5] Cembureau. The role of cement in the 2050 low carbon economy. 2018. Cembureau Intl.: https://cembureau.eu/media/1500/cembureau_2050roadmap_lowcarboneconomy 2013-09-01.pdf, (Erişim Tarihi:22.02.2018).
- [6] TÇMB. (2014). Türk Çimento Sektörünün Alternatif Yakıt ve Alternatif Hammadde Kullanımı Yaklaşımı. Türkiye Çimento Müstahsilleri.
- [7] TOBB. (2012). Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Meclis Sektör Raporu. TOBB.
- [8] Dogaka. "TR63 Bölgesi Çimento Sektör Raporu 2015. Dogaka Intl.:" http://www.dogaka.gov.tr/Icerik/Dosya/www.dogaka.gov.tr_626_KN2F58CG_c_imento-Sektor-Raporu-2015.pdf, (Erişim Tarihi:20.12.2017).
- [9] MTA. Çimento Çeşitleri, Özellikleri, Hammaddeleri ve Üretim Aşamaları. 2018. MTA Intl.: http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_16/223.pdf, (Erişim Tarihi:17.03.2018).
- [10] Nkfu. Çimento Nasıl Elde Edilir? Üretim Aşamaları. 2018. Nkfu Intl.: <http://www.nkfu.com/cimento-elde-edilir-uretim-asamalari/>, (04.06.2018).
- [11] Sgm.Intl.: <https://sgm.sanayi.gov.tr/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=812cc0ae-08b8-4d18-83f2-171e7760555f> (Erişim Tarihi:30.03.2018).
- [12] AYAN, S. İMSAD Sürdürülebilirlik Komitesi Paylaşım. Ankara (2013).
- [13] Bithas, K. Revisiting the Energy Development Link: Evidence from the 20th Century for Knowledgebased and Developing Economies. (2016).
- [14] Krausmann, F. Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. (2011).
- [15] Altınkaynak, M., "Çimento fabrikalarında kullanılan döner fırının termodinamik analizi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta (2013).
- [16] Orhan, U. Ön Isıtıcı Kalsinatörlü Çimento fabrikasına ait Döner Fırın Prosesi Üzerinde Enerji ve Ekserji Analizlerinin Uygulanması Uygulanması Bilecik Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bilecik (2018)
- [17] Karakaş, F., "Çimento hammaddelerinin öğütülmesinde enerji optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2006).

- [18] Bilgin, Ö., Koç, E., "Çimento üretim teknolojisinde kullanılan ana ekipmanlar", Yer Altı Kaynakları Dergisi, 4: 31-40 (2013).
- [19] Çağatay, B. "Türkiye’de Çimento Sektörüne İlişkin Gelecek Tahminleri” Dumlupınar Üniversitesi İİBF Dergisi 4(8) 95-115 (2020)
- [20] Çoşkun, S. "Çimento Sektörü Alternatif Enerji Kaynakları” Cementurk Dergisi 10.Kasım.2017 Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, Çimento Üretim Sektörü, Aralık 2017.
- [21] TCMA. Çimento Üretiminin Tarihçesi. Intl.:<http://www.tcma.org.tr/index.php?page=icerikgoster&menuID=50>, (Erişim Tarihi:08.12.2017).
- [22] KHD Gmbh, Resmi internet sitesi kataloğu ” [Pyroclon® R - KHD Humboldt Wedag](#)
- [23] Arkoz Çimento çalışma veri ekranı Doğubeyazıt/Ağrı 2025
- [24] Arkoz Çimento döner fırın dizayn değerleri” 2500t/d çimento üretim hattı türkiye için teknik tasarım teklifi “(technical design proposal for (2500t/d cement production line of turkey), jiangsu yapı malzemeleri araştırma ve tasarım enstitüsü(jiangsu building materials research & design institute) doğubeyazıt/ ağrı 2016

DIŞLİ TASARIM PARAMETRELERİNİN DIŞ DİBİ GERİLMESİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ

Makine Mühendisi, MUSTAFA KIRAC

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, mustafa134gs@gmail.com – 0009-0002-5241-9682

Doç. Dr. Oğuz DOĞAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, oguzdogan@ksu.edu.tr – 0000-0003-4203-8237

ÖZET

Dişli çarkların dayanımını etkileyen önemli faktörlerden biri olan diş dibi gerilmesi, çeşitli tasarım parametrelerindeki değişimlere bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, farklı dişli tasarım parametrelerin diş dibi gerilmesine olan etkileri sayısal olarak incelenmiştir. Bu parametreler, kavrama açısı ($\alpha=20^\circ, 23^\circ, 26^\circ$), profil kaydırma faktörü ($x=-0,3, 0, 0,3$) ve kesici takım uç yarıçapıdır ($\rho=0,1, 0,25, 0,375$). Belirtilen parametreler doğrultusunda toplamda yirmi yedi adet dişli tasarımı gerçekleştirilmiştir ve sonlu elemanlar analizleri ile her bir tasarım parametresi için diş dibi gerilmeleri hesaplanmıştır. Yapılan analizlerde diş dibinde oluşan maksimum gerilme değerleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarından çıkan değerler grafiklerle ve şekillerle yorumlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre en yüksek gerilme değeri 144,77 MPa ile $\alpha=20^\circ, x=-0,3, \rho=0,1$ tasarım parametrelerine sahip dişlide görülmüştür. En düşük gerilme ise $\alpha=26^\circ, x=0,3, \rho=0,375$ parametreleri ile tasarlanan dişli çarklar için 93,475 MPa olarak tespit edilmiştir. Yirmi yedi sayısal analiz sonucuna göre, kavrama açısının artması diş kök profilini kalınlaştırarak kesit alanını artırmakta ve bu sayede gerilmeyi azaltmaktadır. Profil kaydırma faktörü pozitifte yaklaştıkça diş dibi kalınlaşmakta, böylece daha dayanıklı bir yapı oluşmakta ve gerilme düşmektedir. Kesici takım uç yarıçapındaki artış ise yükün dağıldığı alanı genişlettiğinden gerilmenin daha homojen yayılmasını sağlamak ve maksimum gerilme değerlerini azaltmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Kavrama Açısı, Profil Kaydırma, Kesici Takım Uç Yarıçapı, Gerilme, Dişli

NUMERICAL ANALYSIS FOR FLUID FLOW AND CONVECTIVE HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF ALUMINIUM OXIDE-GRAPHENE OXIDE HYBRID NANOFLUID FLOW ALONG A SQUARE MINICHANNEL

Res. Asst. Bahaddin TOPAK

Karabuk University, bahaddintopak@karabuk.edu.tr - 0009-0004-1665-9990

Assoc. Prof. Dr. Cuneyt UYSAL

Karabuk University, cuneytuysal@karabuk.edu.tr - 0000-0002-7986-1684

ABSTRACT

In this study, fluid flow and convective heat transfer characteristics of Aluminium Oxide (Al_2O_3) – Graphene Oxide (GO) hybrid nanofluid flow along a square minichannel is numerically investigated. The minichannel dimensions are $H = W = 3$ mm and $L = 2$ m. A uniform heat flux of $q_s'' = 2000$ W/m² is applied to the minichannel walls. The hybrid nanoparticle is (80:20) Al_2O_3 –GO and the base fluid is water. The nanofluid has various nanoparticle volume fractions ($\phi = 0.25\%$, $\phi = 0.50\%$, $\phi = 0.75\%$, and $\phi = 1.0\%$). The flow is laminar flow and the Reynolds numbers are ranged from $\text{Re} = 100$ to $\text{Re} = 1000$. In addition, the flow is thermally developing flow. Pressure drop increases as nanoparticle volume fraction increases. As a result, at $\text{Re} = 1000$, the pressure drop is determined to be $\Delta P = 1434.84$ Pa for water, $\Delta P = 2517.85$ Pa for hybrid nanofluid having $\phi = 1.0\%$. The same Darcy friction values are obtained for all fluids considered in this study. The convective heat transfer coefficient increases 43.97% when 1.0% Al_2O_3 –GO hybrid nanoparticle is added to water, at $\text{Re} = 100$. However, the highest Nusselt number values are obtained for water. At $\text{Re} = 1000$, the Nusselt number is determined to be $\overline{Nu} = 3.457$ for water, $\overline{Nu} = 3.413$ for hybrid nanofluid having $\phi = 1.0\%$. It is clear that the increment in conductive heat transfer is higher than that of convective heat transfer when Al_2O_3 –GO hybrid nanoparticle is added to water.

Keywords: Friction factor; Nusselt number; Pressure drop.

1. INTRODUCTION

The idea of enhancing heat transfer by adding solid particles into fluids was firstly proposed by James Clerk Maxwell in 1881 [1]. However, this idea was in penalty for macro-sized solid particles due to some reasons such as abrasion, clogging, aggregation, sedimentation etc. Advances in nanotechnology have enabled the synthesis of nano-sized solid particles. In 1995, Choi and Eastman [2] prepared some fluids including metallic and non-metallic nanoparticles; by this way, the “nanofluid” term was firstly introduced.

Several nanofluids having different base fluids and different nanoparticles have been investigated by researchers in the perspectives of fluid flow and convective heat transfer characteristics under different flow regimes, duct geometries and boundary conditions. Mohammed et al. [3] compared fluid flow and convective heat transfer characteristics of aluminum oxide (Al_2O_3)/water, silver (Ag)/water, copper (II) oxide (CuO)/water, diamond/water, silicon dioxide (SiO_2)/water and titanium dioxide (TiO_2)/water nanofluid flows along a triangular microchannel. They reported that diamond/water nanofluid had the highest convective heat transfer. They also reported that Ag/water nanofluid had the lowest pressure drop. Uysal et al. [4] investigated zinc oxide (ZnO)/ethylene glycol nanofluid flow along a rectangular microchannel for various aspect ratios ($\alpha = 1.0\text{--}2.0$). They reported that the microchannel having aspect ratio of 1.0 had the lowest pressure drop and the highest convective heat transfer. Uysal and Korkmaz [5] numerically investigated Ag – magnesium oxide (MgO)/water hybrid nanofluid flow along a rectangular minichannel and they reported that $\phi = 2.0\%$ Ag–MgO/water hybrid nanofluid provided 21.29% higher convective heat transfer compared to water at $\text{Re} = 2000$. Sharipova et al. [6] experimentally investigated heat transfer characteristics of iron oxide (Fe_3O_4)–graphene oxide (GO)/water hybrid nanofluid flow along helical coil heat exchanger. They found that Fe_3O_4 –GO/water hybrid nanofluid showed heat transfer enhancement of up to 270% at optimum working conditions. Hussein et al. [7] experimentally investigated multi-wall carbon nanotube (MWCNT)–graphene nanoplatelet (GNP)/water hybrid nanofluid flow along a minitube under laminar flow conditions. It was reported that MWCNT–GNP/water hybrid nanofluid provided a heat transfer enhancement of 43.3% but an increment of 11% in pressure drop at $\text{Re} = 200$.

In this study, fluid flow and convective heat transfer characteristics of Al_2O_3 –GO/water hybrid nanofluid flow is numerically investigated under laminar flow regime and uniform heat flux boundary condition. The channel geometry is selected as a square minichannel. Pressure drop,

Darcy friction factor, convective heat transfer coefficient and Nusselt number values are determined for various hybrid nanoparticle fractions under given conditions.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Minichannel Geometry

Figure 1 shows the schematic illustration of minichannel considered in this study.

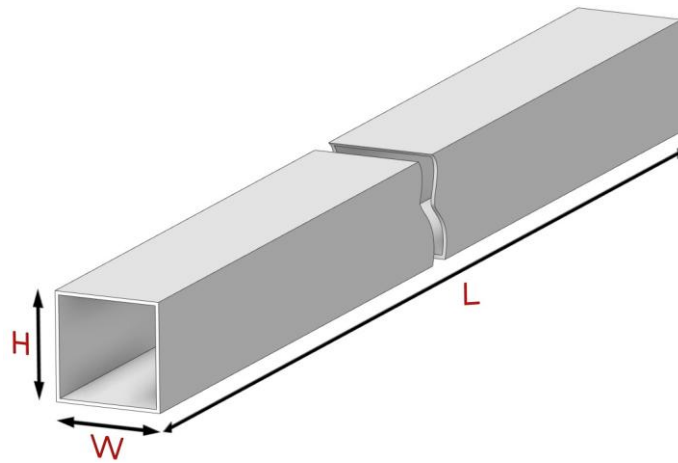


Figure 1. Schematic illustration of square minichannel

The dimensions of minichannel are tabulated in Table 1.

Table 1. Minichannel dimensions

Geometry	H (mm)	W (mm)	L (mm)
Square	3	3	2000

2.2. Governing Equations

For flow domain; continuity, momentum and energy equations should be solved. These equations can respectively be written as follows:

$$\text{div}(\rho \vec{V}) = 0 \quad (1)$$

$$\text{div}(\rho \vec{V} \vec{V}) = -\text{grad}(P) + \text{div}(\mu \text{grad}(\vec{V})) \quad (2)$$

$$\operatorname{div}(\rho c_p \vec{V} T) = \operatorname{div}(k \operatorname{grad}(T)) \quad (3)$$

For this study, the flow is considered as steady–state incompressible laminar flow. In addition; radiation heat transfer, viscous dissipation and buoyancy effects are neglected.

2.3. Physical Properties of Hybrid Nanofluids

As can be seen from Equations 1–3, some physical properties of working fluid are required to be able to solve the governing equations. For this study, Al_2O_3 –GO/water hybrid nanofluid is used as working fluid. The hybrid nanoparticle is assumed to be 80 wt.% Al_2O_3 nanoparticle and 20 wt.% GO nanoparticle. The densities of Al_2O_3 and GO nanoparticles are $\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 3950 \text{ kg/m}^3$ and $\rho_{\text{GO}} = 2700 \text{ kg/m}^3$, respectively [8]. Similarly, the specific heats of Al_2O_3 and GO nanoparticles are $c_{p,\text{Al}_2\text{O}_3} = 880 \text{ J/(kgK)}$ and $c_{p,\text{GO}} = 717 \text{ J/(kgK)}$, respectively [9–10].

The density of hybrid nanoparticle can be determined as follows:

$$\rho_{\text{hnp}} = \frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3} + m_{\text{GO}}}{\left(\frac{m_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{\rho_{\text{Al}_2\text{O}_3}} + \frac{m_{\text{GO}}}{\rho_{\text{GO}}} \right)} \quad (4)$$

Similarly, the specific heat of hybrid nanoparticle can be found by using the following expression:

$$(mc_p)_{\text{hnp}} = (mc_p)_{\text{Al}_2\text{O}_3} + (mc_p)_{\text{GO}} \quad (5)$$

The density and specific heat of hybrid nanofluid can be calculated by using the following equations, respectively:

$$\rho_{\text{hnf}} = (1 - \phi) \rho_{\text{bf}} + \phi \rho_{\text{hnp}} \quad (6)$$

$$(\rho c_p)_{hnf} = (1 - \varphi)(\rho c_p)_{bf} + \varphi(\rho c_p)_{hnp} \quad (7)$$

The viscosity and thermal conductivity values of Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluid are obtained from Reference [8].

These physical properties of Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluid are tabulated in Table 2.

Table 2. Physical properties of Al_2O_3 -GO hybrid nanofluid [8]

Material	ρ [kg/m ³]	c_p [J/(kgK)]	μ [Pa.s]	k [W/(mK)]
Water	998.20	4182.00	0.000810	0.610
0.25% hybrid	1004.74	4152.00	0.000875	0.791
0.50% hybrid	1011.29	4122.40	0.000940	0.832
0.75% hybrid	1017.83	4093.17	0.001005	0.857
1.00% hybrid	1024.37	4064.31	0.001087	0.881

2.4. Physical Parameters

In this study, Al_2O_3 -GO hybrid nanofluids having various nanoparticle volume fractions are compared at identical Reynolds number. Reynolds number is defined as follows:

$$Re = \frac{\rho V_{ave} D}{\mu} \quad (8)$$

where the D term is hydraulic diameter and it is $D = H$ for square minichannel.

Darcy friction factor can be found by using Darcy–Weisbach formula as follows:

$$f = 2 \frac{D}{L} \frac{\Delta P}{\rho V_{ave}^2} \quad (9)$$

For this study, a uniform surface heat flux of $q_s'' = 2000$ W/m² is applied to minichannel walls.

By this way, the heat rate transferred to the working fluid can be determined as follows:

$$\dot{Q} = q_s'' A_s \quad (10)$$

In addition, the q_s'' term can be expressed as follows:

$$q_s'' = \bar{h} (T_s - T_b) \quad (11)$$

where the T_s and T_b terms are surface temperature and bulk temperature, respectively. The bulk temperature can be determined as $T_b = (T_{in} + T_{out})/2$.

Heat gained by working fluid can be determined as follows:

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_{out} - T_{in}) \quad (12)$$

where the $\dot{m}$ term is mass flow rate and it can be determined as $\dot{m} = \rho A_c V_{ave}$. Equations 10 and 12 are equal to each other. By re-arranging these equations, the following expression for average convection heat transfer coefficient is obtained.

$$\bar{h} = \rho c_p V_{ave} \frac{A_c (T_{out} - T_{in})}{A_s (T_s - T_b)} \quad (13)$$

Average Nusselt number can be determined as follows:

$$\overline{Nu} = \frac{\bar{h} D}{k} \quad (14)$$

2.5.Numerical Procedure

In numerical solution, Coupled Scheme method is selected for pressure–velocity coupling. In spatial discretization, Least Squares Cell Based Method is selected for gradient. In addition, Second Order Upwind is selected for momentum and energy and Second Order is selected for pressure. Convergence value for the iteration of governing equations is selected to be 1×10^{-8} . During the calculations, no convergence problem is encountered.

In numerical solutions, the inlet temperature of working fluids is assumed to be $T_{in} = 300$ K. The inlet velocities are determined by using Equation 8. The pressure–outlet boundary condition is applied. By this way, the pressure at minichannel outlet is assumed to be $P_{out} = 0$ Pa (gauge). H2 boundary condition is applied to the minichannel walls. A uniform heat flux of $q_s'' = 2000$ W/m² is applied to the minichannel walls.

2.6. Grid Independency Test

Figure 2 shows the grid distribution for square minichannel.

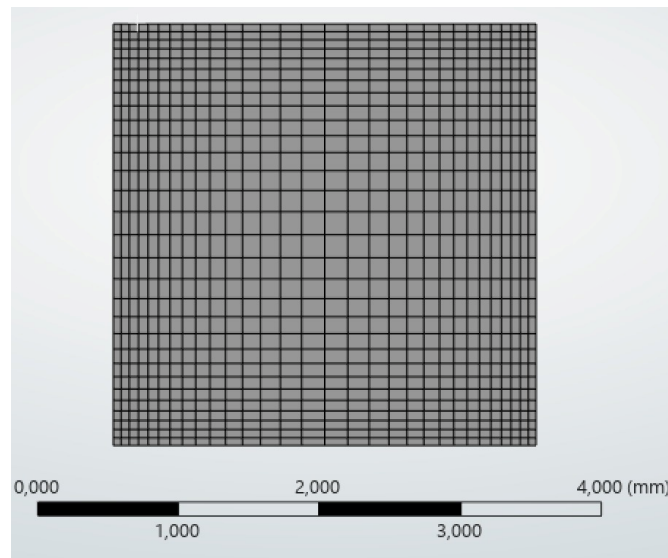


Figure 2. Grid distribution for square minichannel

As can be seen from Figure 2, hexagonal grids are used and finer grids are used close to minichannel wall to enhance the accuracy of solution for boundary layer. Various numbers of grids are tested. Table 3 presents the tested grid numbers and the Nusselt number and Darcy friction factor values obtained for them.

In numerical solutions, the grid with 30*30*4000 is selected. The deviations for Nusselt number and Darcy friction factor between 40*40*3000 and 30*30*4000 are 0.07% and 0.19%, respectively.

Table 3. Grid Independency Test

Grid Elements	Nu [-]	ΔNu (%)	f [-]	Δf (%)
5*5*1000	3.3205	-	0.051941	-
10*10*2000	3.4467	3.80	0.057124	9.98
20*20*2000	3.4617	0.44	0.058630	2.64
20*20*3000	3.4590	-0.08	0.058630	0.00
30*30*3000	3.4599	0.02	0.058935	0.52
30*30*4000	3.4569	-0.09	0.058935	0.00
30*30*5000	3.4541	-0.08	0.058935	0.00
30*30*6000	3.4515	-0.08	0.058935	0.00
40*40*3000	3.4594	0.23	0.059049	0.19
40*40*4000	3.4565	-0.09	0.059049	0.00
40*40*5000	3.4538	-0.08	0.059049	0.00

2.7.Code Validation Test

For laminar flow, hydrodynamic and thermal entrance lengths can be determined with using the following relations, respectively.

$$L_h = C_h D Re \quad (15)$$

$$L_{th} = C_{th} D Re Pr \quad (16)$$

where the C_h and C_{th} terms are coefficients and they can be assumed to be $C_h = 0.09$ for square cross-section and $C_{th} = 0.066$ for square cross-section under uniform heat flux [11]. With considering Equations 15 and 16, the hydrodynamic and thermal entrance lengths for our study are determined and the obtained results are tabulated in Table 4.

Table 4. Entrance lengths and flow characteristics

Re [-]	Pr [-]	L_h [mm]	L_{th} [mm]	Hydrodynamic	Thermal
100	3.5233	27	69.76	Developed	Developed
200	4.4532	54	176.35	Developed	Developed
300	4.8534	81	288.29	Developed	Developing
400	5.0763	108	402.04	Developed	Developing
500	5.2174	135	516.52	Developed	Developing
600	5.3152	162	631.45	Developed	Developing
700	5.3867	189	746.60	Developed	Developing

800	5.4414	216	861.92	Developing	Developing
900	5.4844	243	977.32	Developing	Developing
1000	5.5194	270	1092.84	Developing	Developing

It is noted that Prandtl number is determined for bulk temperature and the flow is assumed to be developed if entrance length is smaller than 10% of overall channel length. According to Table 4; the flow is fully developed at $Re = 100$ and $Re = 200$; it is thermally developing between $Re = 200$ and $Re = 800$; after $Re = 800$, it is simultaneously developing.

For hydrodynamically developed laminar flow, the Poiseuille number for square cross-section is given as follows [12]:

$$Po = f Re = 56.92 \quad (17)$$

Figure 3 shows the comparison of Equation 17 and the results obtained by our numerical solutions.

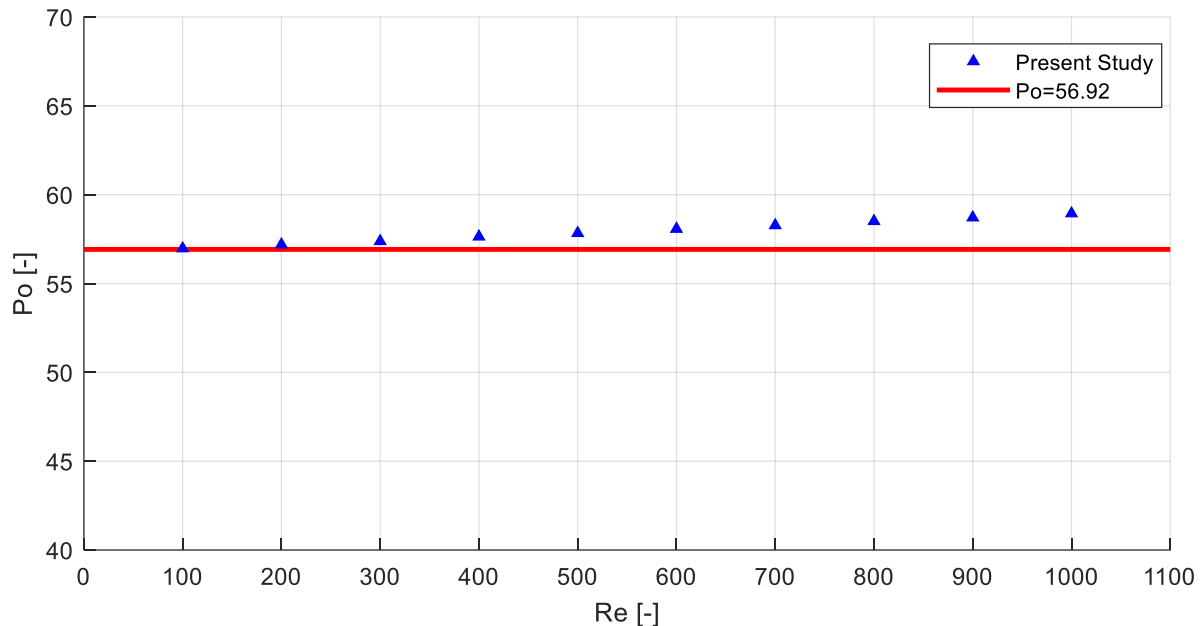


Figure 3. Code validation in the perspective of Poiseuille number

In the perspective of Poiseuille number, the minimum deviation is obtained to be 0.09% at $Re = 100$ and the maximum deviation is 3.55% at $Re = 1000$. The average deviation is determined to be 1.81%.

In addition, the validation of numerical solution is tested in the perspective of Nusselt number. The Nusselt number for fully developed laminar flow along a square duct under H2 boundary condition is given as follows [13]:

$$Nu = 3.091 \quad (18)$$

In the comparison, Equation 18 is used at $Re = 100$ and $Re = 200$. For remaining Reynolds numbers, the data presented by Shah and London [13] for hydrodynamically developed thermally developing laminar flow along square ducts under H2 boundary condition is used. The comparison of Equation 18 and the data presented by Shah and London [13] with the results obtained by our numerical solutions is illustrated in Figure 4.

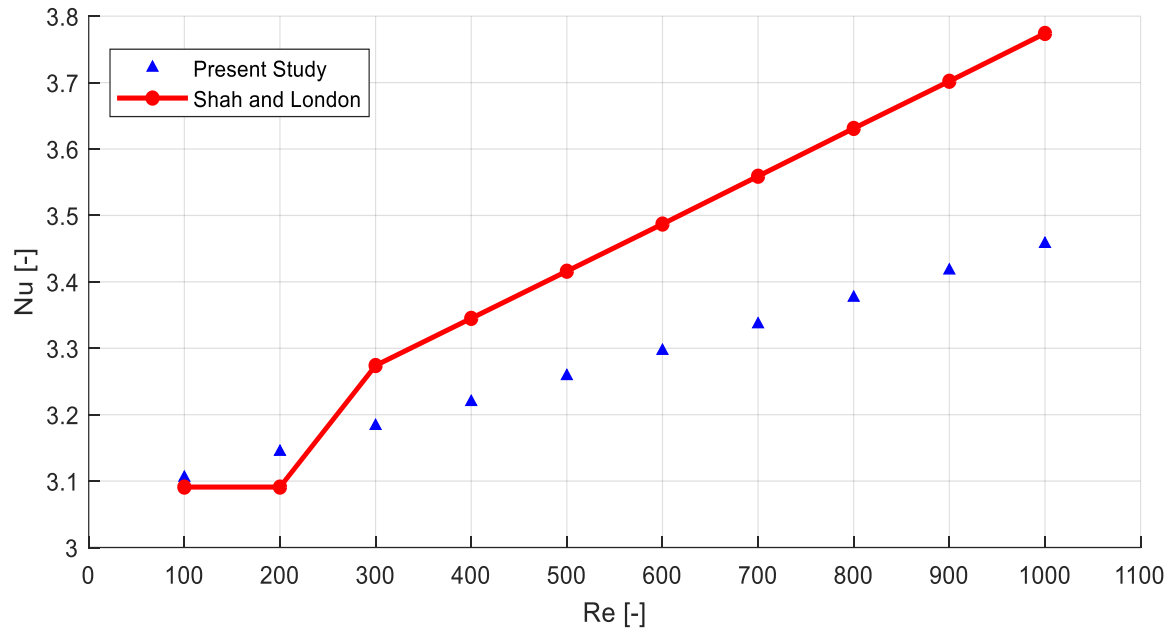


Figure 4. Code validation in the perspective of Nusselt number

In the perspective of Nusselt number, the minimum deviation is obtained to be 0.45% at $Re = 100$, and the maximum deviation is determined to be -8.40% at $Re = 1000$. The average deviation is calculated to be 4.82%.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, fluid flow and convective heat transfer characteristics of Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluid flow along a square minichannel is numerically investigated under H2 boundary

condition. The flow is thermally developing laminar flow and the Reynolds number is ranged from $Re = 100$ to $Re = 1000$.

3.1. Pressure Drop

The variation of pressure drop with Reynolds number for Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluids is illustrated in Figure 5.

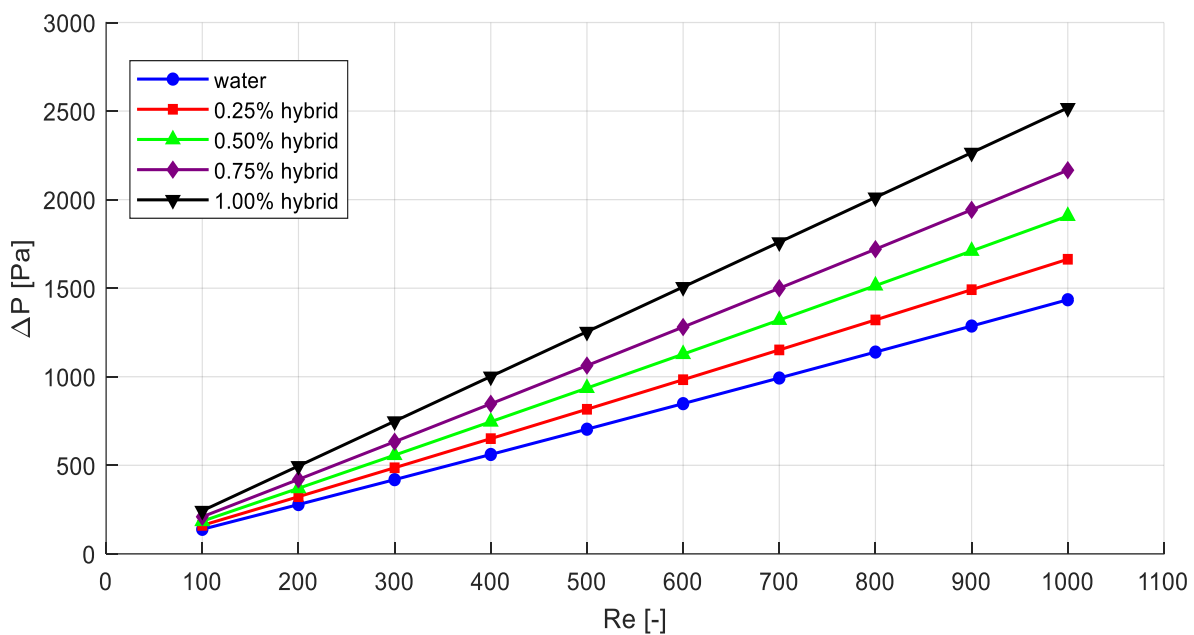


Figure 5. Pressure drop vs Reynolds number

As can be seen from Figure 5, the pressure drop increases as hybrid nanoparticle content increases. The highest pressure drop is obtained for Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluid having $\phi = 1.0\%$. As a result, at $Re = 1000$, the pressure drop is obtained to be $\Delta P = 1434.83$ Pa for water and $\Delta P = 2517.80$ Pa for Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluid having $\phi = 1.0\%$. It means that 1.0% Al_2O_3 -GO hybrid nanoparticle addition to water causes an increment of 75.48% in pressure drop.

3.2. Darcy Friction Factor

Figure 6 shows the variation of Darcy friction factor with Reynolds number for Al_2O_3 -GO/water hybrid nanofluids.

As can be seen from Figure 6, the same Darcy friction factor is obtained for all working fluids in this study. It is due to that the dimensionless pressure is not changing with nanoparticle addition. The same situation is reported by Uysal et al. [4]. The Darcy friction factor decreases as Reynolds number increases. At $Re = 100$ and $Re = 1000$, the Darcy friction factor is determined to be $f = 0.569680$ and $f = 0.058938$, respectively.

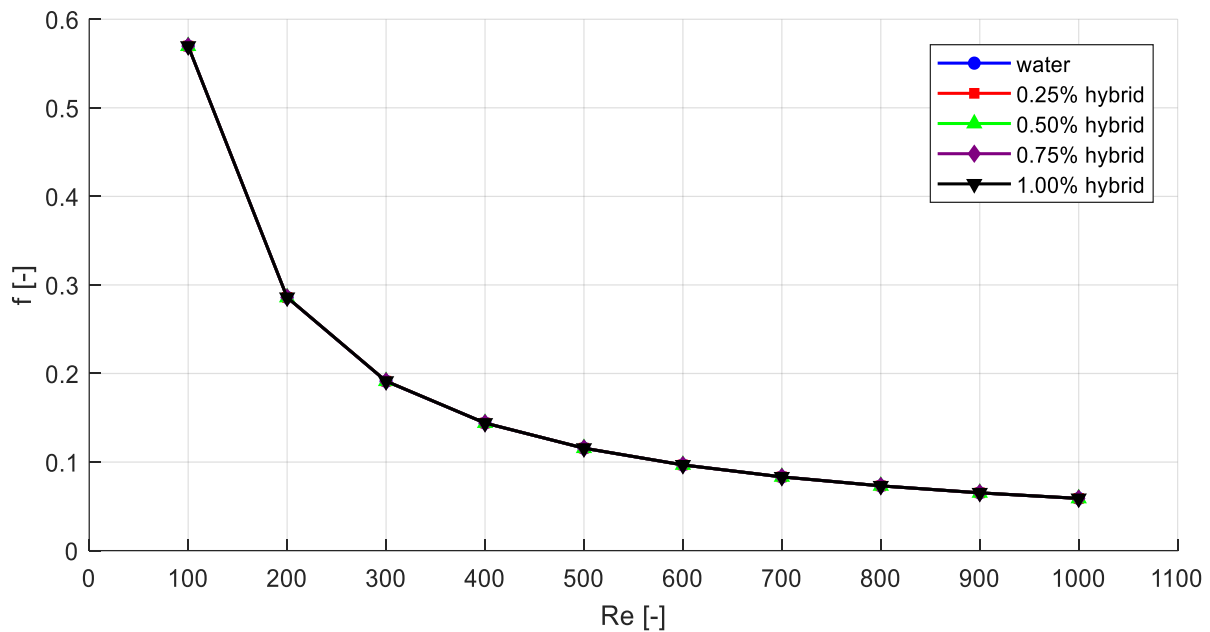


Figure 6. Darcy friction factor vs Reynolds number

3.3. Convection Heat Transfer Coefficient

The variation of convection heat transfer coefficient with Reynolds number for Al_2O_3 –GO/water hybrid nanofluids is illustrated in Figure 7.

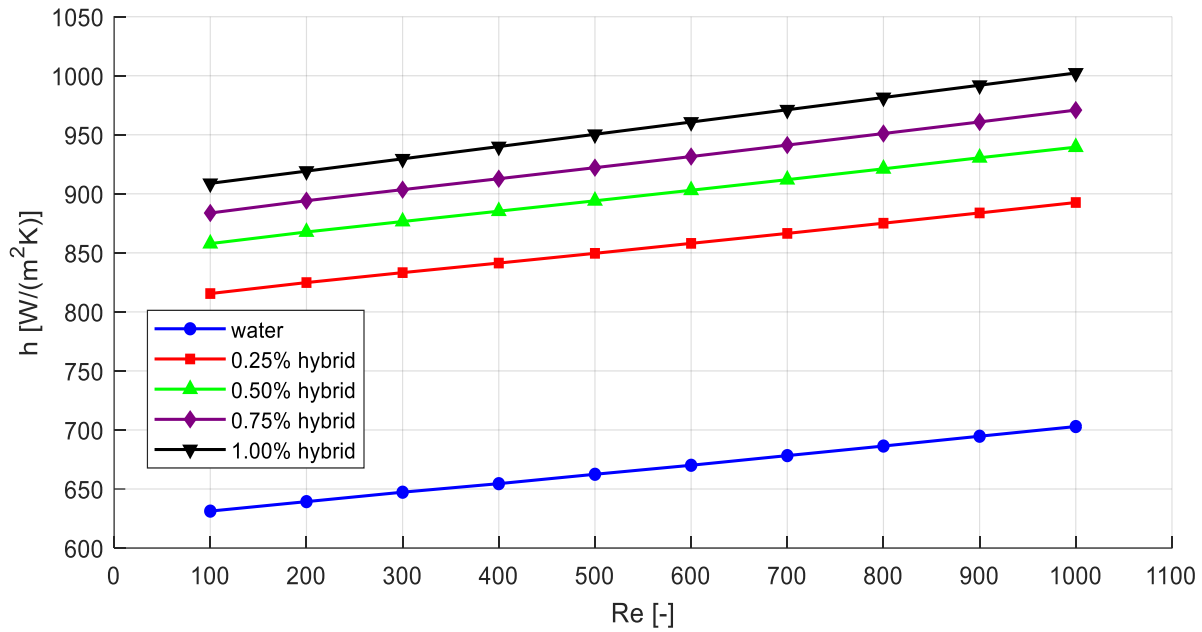


Figure 7. Convection heat transfer coefficient vs Reynolds number

As can be seen from Figure 7, the convection heat transfer coefficient increases as hybrid nanoparticle content increases. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--GO/water}$ hybrid nanofluid having $\phi=1.0\%$ has the highest convection heat transfer coefficient. As a result, at $\text{Re}=1000$, the convective heat transfer coefficient is obtained to be $\bar{h}=702.91 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ for water and $\bar{h}=1002.34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ for $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--GO/water}$ hybrid nanofluid having $\phi=1.0\%$. It means that $\phi=1.0\%$ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--GO}$ hybrid nanoparticle addition to water causes an enhancement of 42.60% in convection heat transfer for $\text{Re}=1000$. This enhancement value is obtained to be 43.97% at $\text{Re}=100$.

3.4.Nusselt Number

Figure 8 shows the variation of Nusselt number with Reynolds number for $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--GO/water}$ hybrid nanofluids.

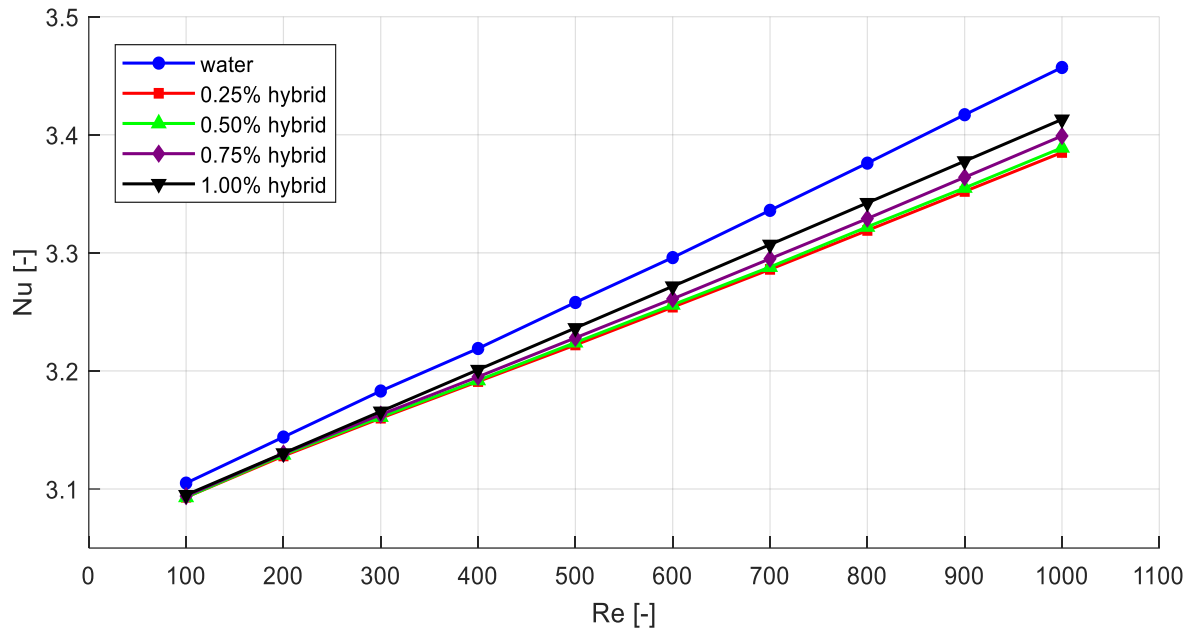


Figure 8. Nusselt number vs Reynolds number

As can be seen from Figure 8, the highest Nusselt number is obtained for water. The lowest Nusselt number is obtained for $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-GO/water}$ hybrid nanofluid having $\phi = 0.25\%$. As a result, at $\text{Re} = 1000$, the Nusselt number is obtained to be $\overline{Nu} = 3.385$ for $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-GO/water}$ hybrid nanofluid having $\phi = 0.25\%$ and $\overline{Nu} = 3.457$ for water. It is due to that increment in conductive heat transfer is higher than that of convective heat transfer when $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-GO}$ hybrid nanoparticle is added to water.

REFERENCES

- [1] Maxwell, J.C., *A Treatise on Electricity and Magnetism*, Clarendon Press Series, Oxford, 1873.
- [2] Choi, S.U.S., Eastman, J.A., *Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles*, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 1–8, San Francisco, 1995.
- [3] Mohammed, H.A., Gunnasegaran, P., Shuaib, N.H., *The impact of various nanofluid types on triangular microchannels heat sink cooling performance*, International Communications in Heat and Mass Transfer, 38: 767–773, 2011.

- [4] Uysal, C., Arslan, K., Kurt, H., *A numerical analysis of fluid flow and heat transfer characteristics of ZnO-ethylene glycol nanofluid in rectangular microchannels*, Strojnicki Vestnik – Journal of Mechanical Engineering, 62: 603–613, 2016.
- [5] Uysal, C., Korkmaz, M.E., *Estimation of entropy generation for Ag-MgO/water hybrid nanofluid flow through rectangular minichannel using artificial neural network*, Journal of Polytechnic, 22 (1): 41–51, 2019.
- [6] Sharipova, A., Shafiee, M., Lotfi, M., Elahi, F., *Synergistic effect of synthesized Fe₃O₄@Graphene oxide nanohybrids on heat transfer enhancement and flow efficiency in nanofluids for advanced thermal applications*, International Journal of Thermal Sciences, 214: 109878, 2025.
- [7] Hussein, A.A., Abdullah, M.Z., Yusop, N.M., Al-Nimr, M.A., Atieh, M.A., Mehrali, M., *Experiment on forced convective heat transfer enhancement using MWCNTs/GNPs hybrid nanofluid and mini-tube*, International Journal of Heat and Mass Transfer, 115: 1121–1131, 2017.
- [8] Selvarajoo, K., Wanatasanappan, V.V., Luon, N.Y., *Experimental measurement of thermal conductivity and viscosity of Al₂O₃-GO (80:20) hybrid and mono nanofluids: A new correlation*, Diamond and Related Materials, 144: 111018, 2024.
- [9] Ali, M., Rasheed, R.H., Al-Asadi, H.A., Kadhim, S.A., Nayyef, D.R., Rashid, F.L., Hammoodi, K.A., Pasha, P., *Analyzing the effects of a Maxwell nanofluid with graphene oxide on rectangular, triangular, and chamfered baffles on the surface of a stretched surface*, International Journal of Thermofluids, 27: 101247, 2025.
- [10] Karimpooremam, R., Poursaied, F., Keyvani, B., Razmi, M., Aghayari, R., Toghraie, D., Salahshour, S., *Effects of using wire coils and aluminum oxide nanofluid on heat transfer in a double-pipe heat exchanger and predicting data with artificial neural networks*, Case Studies in Thermal Engineering, 71: 106232, 2025.
- [11] Jiji, L.M., *Heat Convection*, Springer, New York, USA, 2006.
- [12] Çengel, Y.A., Cimbala, J.M., *Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları*, Palme Yayınevi, Ankara, Türkiye, 2021.
- [13] Shah, R.K., London, A.L., *Laminar Flow Forced Convection in Ducts*, Academic Press, London, UK, 1978.

GÖZDEKİ ANATOMİK YAPILARIN OTOMATİK TESPİTİNE YÖNELİK BİR CNN MODELİN GELİŞTİRİLMESİ

Ahmed Hassan Saleh Hassan Farag ELKASSASS

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, en.elkassass@gmail.com - 0009-0009-2080-7489

Oğuzhan GÜNEŞ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, oguzgunes.46@gmail.com - 0009-0001-8995-6142

Op. Dr. Ahmet Taha KARAKUZU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Derince Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
Kulak Burun Boğaz Kliniği,
ahmettahakarakuzu@gmail.com - 0000-0003-3281-4706

Prof. Dr. Halil Erdem ÖZEL

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Kocaeli Şehir Hastanesi,
Kulak Burun Boğaz Kliniği,
heozel@yahoo.com – 0000-0002-7235-3433

Doç.Dr. Turab SELÇUK

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, turabselcuk@ksu.edu.tr - 0000-0002-8445-2105

DEVELOPMENT OF A CNN MODEL FOR AUTOMATIC DETECTION OF ANATOMICAL STRUCTURES IN THE EYE

ÖZET

Merkezi (beyincik, beyin sapı) ve periferik (iç kulak ve denge sinirleri) denge sisteminden kaynaklanan asimetrik vestibüler uyarılar baş dönmesi şikâyetine yol açar ve bu hastalarda sık karşılaşılan bir bulgu olan nistagmusa — ritmik, istemsiz ve sıçrayıcı göz hareketlerine — neden olur. Farklı paternlerde ortaya çıkabilen nistagmusun nesnel ve nicel analizi, bu sistemlere ait hastalıkların tanısına önemli katkı sağlamaktadır. Çalışmada iris, pupil ve sklera gibi anatomik yapıların tespiti için YOLO tabanlı derin öğrenme algoritmaları kullanılmış ve

tüm yapılar için precision, recall ve accuracy değerleri %90’ın üzerinde elde edilmiştir. Pupil hareketleri Norfair Tracker ile hem yatay hem dikey eksenlerde zamana bağlı olarak izlendi; küçük, anlamsız hareketler filtrelenerek anlamlı ve güvenilir sonuçlar sağlandı. Bu sistem, izleme doğruluğunu ve işlem hızını artırmakla kalmayıp uzman müdahalesine olan bağımlılığı azaltarak, düşük maliyetli, taşınabilir ve ek donanım gerektirmeyen bir çözüm sunmaktadır. Böylece yöntem, baş dönmesi olan hastaların erken tanısında ve izlenmesinde etkin bir araç haline gelirken; biyomedikal tanı alanlarına kolaylıkla adapte edilebilir güçlü ve yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Videonistagmografi , Vertigo, YOLO, Pupil Tespiti

Abstract

Asymmetric vestibular stimuli originating from the central (cerebellum, brainstem) and peripheral (inner ear and vestibular nerves) vestibular systems can lead to vertigo and result in nystagmus — rhythmic, involuntary, and jerky eye movements — a common clinical finding in such patients. The objective and quantitative analysis of nystagmus, which may present in various patterns, provides significant diagnostic value in identifying disorders related to these systems. Deep learning algorithms based on the YOLO architecture were employed to detect anatomical structures such as the iris, pupil, and sclera, achieving precision, recall, and accuracy rates above 90% for all structures. Pupil movements were tracked over time on both horizontal and vertical axes using the Norfair Tracker, with minor, insignificant movements filtered out to ensure meaningful and reliable results. This system not only improves tracking accuracy and processing speed but also reduces dependency on expert intervention, offering a low-cost, portable solution that does not require additional hardware. Thus, the method emerges as an effective tool for the early diagnosis and monitoring of patients with vertigo, while also standing out as a powerful and innovative solution that can be easily adapted to biomedical diagnostic applications.

Keywords: Videonystagmography, Vertigo, YOLO, Pupil Detection,

EXISTENCE OF SOLUTIONS FOR BOUNDARY VALUE PROBLEMS OF FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH MULTI-TERM FRACTIONAL INTEGRAL CONDITIONS

MELDA SAHİLLİ

Ege University, 91230000455@ogrenci.ege.edu.tr – <https://orcid.org/0009-0004-3556-2799>

ABSTRACT

Fractional differential equations are an important and rapidly developing subfield of mathematics that deals with the generalization of the concepts of derivative and integral to non-integer (fractional) orders. These equations are widely used in many scientific fields such as control theory, dynamical systems, physical processes, biological systems, and engineering. In this study, fractional differential equations with multi-term fractional integral conditions are investigated, and the existence of solutions for such boundary value problems is addressed.

Under appropriate conditions, the fractional differential equation involving Caputo and Riemann-Liouville fractional derivatives with multi-term fractional integral conditions has been considered as follows:

$${}^{RL}D_{0+}^{\beta}({}^CD_{0+}^{\alpha}x(t) + \lambda) = f(t, x(t), Gx(t), Hx(t)), \quad t \in (0, b)$$

$$\sum_{i=1}^m \delta_i \left(I^{\beta_i} x(\eta_i) - I^{\beta_i} x(0) \right) = a_1, \quad \sum_{j=1}^n \mu_j \left(I^{\gamma_j} x(b) - I^{\gamma_j} x(\zeta_j) \right) = a_2$$

where $0 < \alpha, \beta \leq 1$, $\eta_i, \zeta_j \in (0, b)$, $\delta_i, \mu_j \in \mathbb{R}$ for all $i = 1, 2, \dots, m$ $j = 1, 2, \dots, n$ $a_1, a_2 \in \mathbb{R}$, $\lambda \in \mathbb{R}$ I^{θ} is the Riemann-Liouville fractional integral of order $\theta > 0$ ($\theta = \beta_i, \gamma_j$, $i = 1, 2, \dots, m$ $j = 1, 2, \dots, n$), ${}^CD_{0+}^{\alpha}$ is the Caputo fractional derivative of order α , ${}^{RL}D_{0+}^{\beta}$ is the Riemann-Liouville fractional derivative of order β and $Gx(t) = \int_0^t g(t, s)x(s)ds$, $Hx(t) = \int_0^b h(t, s)x(s)ds$ where $g, h: [0, b] \times [0, b] \rightarrow [0, \infty)$ are continuous functions with $\bar{g} = \max \{g(t, s): (t, s) \in [0, b] \times [0, b]\}$ and $\bar{h} = \max \{h(t, s): (t, s) \in [0, b] \times [0, b]\}$.

The existence of the solution to the problem has been proven using Banach and Krasnoselskii's fixed point theorems. These theoretical results have been supported by numerical examples developed for various parameter values, and the scientific significance of the results has been analyzed. The aim of this study is to contribute to the mathematical analysis of systems with fractional derivatives and to reveal the solution behavior under nonlocal boundary conditions.

Keywords: Fractional Derivative, Boundary Value Problems, Fixed Point Theorems

AMS Classification: 34A08

FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH TOPOLOGICAL SPACES

Dr. Aysun Benek

Kafkas University, aysunbenek12@gmail.com - ORCID:0000-0001-8131-6178

Prof. Dr. Taha Yasin Öztürk

Kafkas University, taha36100@hotmail.com - ORCID:0000-0003-2402-6507

Assoc. Prof. Adem Yolcu

Kafkas University, yolcu.adem@gmail.com - ORCID:0000-0002-4317-652X

ABSTRACT

Modeling uncertain, incomplete, and contradictory data has become a crucial necessity in various scientific disciplines, including artificial intelligence, data mining, medical diagnosis, and decision-making systems. Classical mathematical tools often fall short in handling the complexity and vagueness of real-world problems. To overcome these limitations, uncertainty modeling approaches have significantly evolved starting from Zadeh's fuzzy set theory, which allowed for partial membership, and extending through various frameworks such as Molodtsov's soft set theory, Pawlak's rough set theory, and Smarandache's neutrosophic logic, each adding different layers of flexibility and interpretability. In this evolutionary process, Fermatean Neutrosophic Sets have emerged as an important extension of neutrosophic sets, providing a more expressive mechanism to handle the degrees of truth, falsity, and indeterminacy, especially in environments characterized by high uncertainty. By adopting Fermatean norms, this structure enhances the range and sensitivity of membership degrees beyond what is achievable in traditional intuitionistic or classical neutrosophic systems.

In this study, a new topological structure called Fermatean Neutrosophic Soft Rough Topological Spaces is defined, built upon Fermatean Neutrosophic Soft Rough Sets (FNSR). Within the scope of Fermatean Neutrosophic Soft Rough Topological Spaces, the concepts of open and closed sets are redefined; a conceptual framework adapted to environments with high uncertainty is presented, unlike classical topology. The Fermatean Neutrosophic Soft Rough Topological Spaces framework not only generalizes classical topological spaces but also provides a flexible and robust foundation for mathematical modeling in ambiguous environments. By extending topological reasoning to soft, rough, and neutrosophic contexts simultaneously, this study aims to contribute to the theoretical development of uncertainty modeling and to open new directions for practical implementations in fields where conventional topology is insufficient.

Key words: Fermatean neutrosophic soft rough topological spaces, FNSR-open set, FNSR-closed set.

1. INTRODUCTION

The modeling of uncertainty, incomplete information, and multi-valued conditions has become a fundamental issue in various fields such as artificial intelligence, decision support systems, engineering, economics, and medicine. Due to the limitations of classical set theory in handling such cases, numerous alternative mathematical frameworks have been proposed.

Zadeh [1] first introduced fuzzy set theory to represent uncertainty by assigning membership degrees in the interval $[0,1]$. Later, Atanassov [2] proposed the concept of intuitionistic fuzzy sets, where both membership and non-membership degrees are considered independently. However, neither model was sufficient to capture certain types of indeterminate information. To address this limitation, Smarandache [3] introduced the concept of neutrosophic sets, where each element is associated with three independent degrees: truth (T), indeterminacy (I), and falsity (F). This framework is particularly effective in modeling inconsistent and incomplete information. In a parallel direction, soft set theory, proposed by Molodtsov [4], offered a parameterized model that considers decision-related attributes. This theory was later extended to fuzzy soft sets by Maji, Biswas, and Roy [5], and to neutrosophic soft sets by Çağman, Enginoğlu, and Karataş [6], thereby enhancing decision-making capabilities under vagueness and uncertainty. Additionally, rough set theory, introduced by Pawlak [7], models imprecise or incomplete knowledge through lower and upper approximations. It has been widely used in knowledge discovery and data mining applications.

In recent years, the need to model stronger forms of uncertainty and internal inconsistency has led to the development of more sophisticated structures. One such structure is the Fermatean fuzzy set (FFS), introduced by Senapati and Yager [8], which extends intuitionistic and Pythagorean fuzzy sets by employing the condition: $0 \leq (\mu_N(n))^3 + (\nu_N(n))^3 \leq 1$. Here, $\mu(n)$ and $\nu(n)$ denote the degrees of membership and non-membership, respectively. This constraint provides a broader space for uncertainty representation. When the FFS is combined with soft set parameters, the resulting model is known as the Fermatean fuzzy soft set (FFSS). Salsabeela and John [9] applied this structure in multi-criteria group decision-making using the TOPSIS method. Moreover, Büyüközkan and Uztürk Baran [10] conducted a comprehensive review showing that FFSS models are increasingly used in real-world applications and enriched through various aggregation operators.

More recently, hybrid models have been proposed to further enhance expressiveness. One such model, the Fermatean Neutrosophic Soft Set (FNSS), combines the strengths of Fermatean averages with neutrosophic and soft set structures [11]. FNSS demonstrates greater discriminatory power than classical neutrosophic models and is particularly useful in multi-criteria decision-making and topological modeling.

Building on these developments, this study introduces the concept of Fermatean Neutrosophic Soft Rough Topological Spaces, which synthesizes the Fermatean neutrosophic soft set

framework with rough topological structures. This new model aims to integrate the granular approximation capabilities of rough set theory with the nuanced uncertainty representation of Fermatean neutrosophic soft logic. In doing so, Fermatean Neutrosophic Soft Rough Topological Spaces offers a comprehensive and flexible topological environment capable of handling high degrees of ambiguity and incompleteness in real-world applications. In this study, we introduced the concept of fermatean neutrosophic soft rough topology. We were defined and basic concepts such as open set, closed set on fermatean neutrosophic soft rough topological spaces were presented. The properties of the newly defined concepts were investigated and verified.

2. PRELIMINARY

This section we present some basic definitions.

Definition 2.1 [4] Let Σ be an initial universe, Υ be a set of all parameters and $P(\Sigma)$ denotes the power set of Σ . A pair (N, Υ) is called a soft set over Σ , where N is a mapping given by $N: \Upsilon \rightarrow P(\Sigma)$. In other words, the soft set is a parameterized family of subsets of the set Σ . For $\sigma \in \Upsilon$, $N(\sigma)$ may be considered as the set of σ -elements of the soft set (N, Υ) , or as the set of σ -approximate elements of the soft set, i.e.,

$$(N, \Upsilon) = \{(\sigma, N(\sigma)) : \sigma \in \Upsilon, N: \Upsilon \rightarrow P(\Sigma)\}.$$

Definition 2.2 [12] A neutrosophic set N on the universe of discourse Σ is defined as:

$$N = \{ \langle n, \mu_N(n), \nu_N(n), \omega_N(n) \rangle : n \in \Sigma \},$$

where $\mu, \nu, \omega: \Sigma \rightarrow]^{-}0, 1^{+}[$ and $^{-}0 \leq \mu_N(n) + \nu_N(n) + \omega_N(n) \leq 3^{+}$.

Definition 2.3 [13] Let Σ be an initial universe set and Υ be a set of parameters. Let $NS(\Sigma)$ denote the set of all neutrosophic sets of Σ . Then, a neutrosophic soft set (N, Υ) over Σ is a set defined by a set valued function N representing a mapping $N: \Upsilon \rightarrow NS(\Sigma)$ where N is called approximate function of the neutrosophic soft set (N, Υ) . In other words, the neutrosophic soft set is a parameterized family of some elements of the set $NS(\Sigma)$ and therefore it can be written as a set of ordered pairs,

$$(N, Y) = \left\{ \left(\sigma, \langle n, \mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n), \omega_{N(\sigma)}(n) \rangle : n \in \Sigma \right) : \sigma \in Y \right\}$$

where $\mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n), \omega_{N(\sigma)}(n) \in [0, 1]$, respectively called the truth-membership, indeterminacy-membership, falsity-membership function of $N(\sigma)$. Since supremum of each μ, ν, ω is 1 so the inequality $0 \leq \mu_{N(\sigma)}(n) + \nu_{N(\sigma)}(n) + \omega_{N(\sigma)}(n) \leq 3$ is obvious.

Definition 2.4 [8] Let Σ be a universe of discourse. A fermatean fuzzy set (FFS) in Σ is given by, $N = \{(n, \mu_N(n), \nu_N(n)) : n \in \Sigma\}$ where, $\mu_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ denotes the degree of membership and $\nu_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ denotes the degree of nonmembership of the element $n \in \Sigma$ to the set N with the condition that $0 \leq (\mu_N(n))^3 + (\nu_N(n))^3 \leq 1$.

Definition 2.5 [14] Let Σ be the universal set and Y be a set of parameters. The fermatean fuzzy soft set is defined as the pair (N, Y) where, $N : Y \rightarrow FFS(\Sigma)$ and $FFS(\Sigma)$ is the set of all fermatean fuzzy subsets of Σ . Y on Σ is a family of parameters formed by some fermatean fuzzy subsets on Σ . For any parameter $\sigma \in Y$, $N(\sigma)$ is a (ffs) associated with of Σ . Then, it is called fermatean fuzzy value set of parameter. $N(\sigma)$ can be written as an (ffs) such that

$$N(\sigma) = \left\{ \langle n, \mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n) \rangle : n \in \Sigma \right\}$$

where $\mu_{N(\sigma)}(n)$ and $\nu_{N(\sigma)}(n)$ are the membership and non-membership functions, respectively. The condition $(\mu_{N(\sigma)}(n))^3 + (\nu_{N(\sigma)}(n))^3 \leq 1$ holds. Then, $\nu_{N(\sigma)}(n) = \sqrt[3]{1 - (\mu_{N(\sigma)}(n))^3}$ for all σ .

Definition 2.6 [15] Let $\Sigma \neq \emptyset$. A fermatean neutrosophic set N has the form

$$N = \{(n, \mu_N(n), \nu_N(n), \omega_N(n)) : n \in \Sigma\},$$

where $\mu_N, \nu_N, \omega_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ demonstrate the degree of indeterminacy, membership and non-membership of all $n \in \Sigma$ to N , such that membership and non-membership are dependent components and indeterminacy is an independent component for all $n \in \Sigma$, $0 \leq \mu_N^3(n) + \omega_N^3(n) \leq 1$, and for all $n \in \Sigma$, such that

$$0 \leq \mu_N^3(n) + \nu_N^3(n) + \omega_N^3(n) \leq 2.$$

Definition 2.7 [11] For the domain of discourse Σ and the collection of parameters Υ , define a mapping $\Upsilon(X)_{FrN}$, where Υ_1 is a non empty subset of Υ and $\Upsilon(X)_{FrN}$ is collection of all fermatean neutrosophic subsets of Σ . The fermatean neutrosophic soft set ($FrNSS$) is defined as,

$$(f*, \Upsilon_1) = \left\{ \left(\sigma, \left(\mu_{\Upsilon_1(\sigma)}(n), \nu_{\Upsilon_1(\sigma)}(n), \omega_{\Upsilon_1(\sigma)}(n) \right) : n \in \Sigma \right) : \sigma \in \Upsilon \right\}$$

where $\mu_{\Upsilon_1(\sigma)}, \nu_{\Upsilon_1(\sigma)}, \omega_{\Upsilon_1(\sigma)} : \Sigma \rightarrow [0,1]$ such that for all $n \in \Sigma$ and $\sigma \in \Upsilon_1$, $0 \leq \mu_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) + \nu_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) + \omega_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) \leq 1$ and $0 \leq \mu_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) + \nu_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) + \omega_{\Upsilon_1(\sigma)}^3(n) \leq 2$.

Definition 2.8 [16] Let Σ be the initial universe and Υ be a set of parameters. Then, lower, upper, and boundary approximations of Υ are defined as

$$\mathfrak{R}_-(\Upsilon) = \bigcup_{n \in \Sigma} \{ \mathfrak{R}(n) : \mathfrak{R}(n) \subseteq \Upsilon \},$$

$$\mathfrak{R}^-(\Upsilon) = \bigcup_{n \in \Sigma} \{ \mathfrak{R}(n) : \mathfrak{R}(n) \cap \Upsilon \neq \emptyset \},$$

and

$$B\mathfrak{R}(\Upsilon) = \mathfrak{R}^-(\Upsilon) \setminus \mathfrak{R}_-(\Upsilon),$$

respectively. Where $\mathfrak{R}$ is an indiscernibility relation $\mathfrak{R} \subseteq \Sigma \times \Sigma$ which indicates our information about elements of Σ . The set Υ is said to be defined if $\mathfrak{R}^-(\Upsilon) = \mathfrak{R}_-(\Upsilon)$. If $\mathfrak{R}^-(\Upsilon) \neq \mathfrak{R}_-(\Upsilon)$ i.e $B\mathfrak{R}(\Upsilon) \neq \emptyset$, the set Υ is rough set w.r.t $\mathfrak{R}$.

3. FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH TOPOLOGICAL SPACES

In this section, we redefine and study, fermatean neutrosophic soft rough topology and its some important properties using the new fermatean neutrosophic soft rough set concept.

Definition 3.1 Let Σ be a universe and $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, Y\right)$ be a fermatean neutrosophic soft approximation space. Then, fermatean neutrosophic soft rough topology is defined as;

$$\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta) = \left\{ 0_{(\Sigma, Y)}, 1_{(\Sigma, Y)}, \underline{apr}_{FNS}(\zeta), \overline{apr}_{FNS}(\zeta), Bnd_{FNS}(\zeta) \right\}$$

where $\zeta \subseteq FNSS(\Sigma, Y)$ and $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ satisfies the following conditions

1. $0_{(\Sigma, Y)}$ and $1_{(\Sigma, Y)}$ belong to $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$.
2. Union of members of any number of $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ belong to $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$.
3. Intersection of members of finite number of $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ belong to $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$.

the topology defined by $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ on Σ is called fermatean neutrosophic soft rough topology on Σ and $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), Y)$ is called to be fermatean neutrosophic soft rough topological spaces.

Example 3.1 Let $\Sigma = \{n_1, n_2, n_3, n_4\}$ be a universe and $Y = \{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3\}$ be a parameter set. We consider following fermatean neutrosophic soft sets;

$$\left(\overset{FNS}{N}_1, Y\right) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.5, 0.6, 0.7 >, n_3 < 0.7, 0.5, 0.4 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.5, 0.6, 0.5 >, n_3 < 0.4, 0.3, 0.6 >, n_4 < 0.3, 0.4, 0.5 >). \end{array} \right\}$$

$$\left(\overset{FNS}{N}_2, Y\right) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.6, 0.8, 0.4 >, n_3 < 0.6, 0.5, 0.4 >, n_4 < 0.4, 0.5, 0.7 >), \\ \sigma_3, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.2 >, n_3 < 0.5, 0.7, 0.3 >). \end{array} \right\}$$

$$\left(\overset{FNS}{N}_3, Y\right) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_2 < 0.8, 0.7, 0.3 >, n_3 < 0.6, 0.5, 0.4 >), \\ \sigma_2, (n_2 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_4 < 0.8, 0.5, 0.3 >) \\ \sigma_3, (n_1 < 0.5, 0.5, 0.8 >, n_3 < 0.5, 0.3, 0.2 >, n_4 < 0.3, 0.7, 0.2 >). \end{array} \right\}$$

for the another fermatean neutrosophic soft set $\zeta \subset FNSS(\Sigma, Y)$ with respect to $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, Y\right)$;

$$\zeta = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.2 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_4 < 0.4, 0.5, 0.5 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.8, 0.6, 0.3 >, n_2 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_3 < 0.9, 0.3, 0.5 >, n_4 < 0.8, 0.5, 0.3 >) \\ \sigma_3, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.1 >, n_3 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_4 < 0.7, 0.7, 0.2 >). \end{array} \right\}$$

The lower and upper fermatean neutrosophic soft approximation and fermatean neutrosophic soft boundary region of ζ are calculated as,

$$\underline{apr}_{FNS}(\zeta) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_3 < 0.7, 0.5, 0.4 >), \sigma_2, (n_4 < 0.4, 0.5, 0.5 >), \\ \sigma_3, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.5, 0.4 >). \end{array} \right\}$$

$$\overline{apr}_{FNS}(\zeta) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.2 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_4 < 0.4, 0.5, 0.5 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.8, 0.6, 0.3 >, n_2 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_3 < 0.9, 0.3, 0.5 >, n_4 < 0.8, 0.5, 0.3 >) \\ \sigma_3, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.1 >, n_3 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_4 < 0.7, 0.7, 0.2 >). \end{array} \right\}$$

$$Bnd_{FNS}(\zeta) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.7, 0.8, 0.2 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.2 >, n_3 < 0.4, 0.5, 0.7 >, n_4 < 0.4, 0.5, 0.5 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.8, 0.6, 0.3 >, n_2 < 0.7, 0.5, 0.4 >, n_3 < 0.9, 0.3, 0.5 >, n_4 < 0.5, 0.5, 0.4 >) \\ \sigma_3, (n_1 < 0.2, 0.2, 0.7 >, n_3 < 0.4, 0.5, 0.7 >, n_4 < 0.7, 0.7, 0.2 >). \end{array} \right\}$$

then

$$\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta) = \{0_{(\Sigma, \Upsilon)}, 1_{(\Sigma, \Upsilon)}, \underline{apr}_{FNS}(\zeta), \overline{apr}_{FNS}(\zeta), Bnd_{FNS}(\zeta)\}$$

is a fermatean neutrosophic soft rough topology on Σ .

Definition 3.2 Let $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), \Upsilon)$ be a fermatean neutrosophic soft rough topological space.

Then, each numbers of $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ are called fermatean neutrosophic soft rough open sets. A fermatean neutrosophic soft rough set is said to be a fermatean neutrosophic soft rough closed set if its complement belongs to $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$.

Proposition 3.1 Consider $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), \Upsilon)$ as fermatean neutrosophic soft rough topological spaces over Σ . Then,

1. $0_{(\Sigma, \Upsilon)}$ and $1_{(\Sigma, \Upsilon)}$ are fermatean neutrosophic soft rough closed sets.
2. The intersection of any number of fermatean neutrosophic soft rough closed sets is a fermatean neutrosophic soft rough closed set over Σ .
3. The finite union of fermatean neutrosophic soft rough closed sets is a fermatean neutrosophic soft rough closed set over Σ .

Proof. Straightforward.

Definition 3.3 Let $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), \Upsilon)$ be a fermatean neutrosophic soft rough topological space and $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta) = \{0_{(\Sigma, \Upsilon)}, 1_{(\Sigma, \Upsilon)}\}$. Then $\tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta)$ is called fermatean neutrosophic soft rough indiscrete topology on Σ and corresponding space is said to be a fermatean neutrosophic soft rough indiscrete topological space over Σ .

Definition 3.4 Let $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), \Upsilon)$ be a fermatean neutrosophic soft rough topological space and $\Omega \in FNSS(\Sigma, \Upsilon)$. Then,

$$\tilde{\tau}_{FNSR}_{\Omega} = \left\{ \Omega \cap \left(\begin{matrix} FNS \\ N_i \end{matrix}, \Upsilon \right) : \left(\begin{matrix} FNS \\ N_i \end{matrix}, \Upsilon \right) \in \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta) \text{ for } i \in I \right\}$$

is called a fermatean neutrosophic soft rough subspace topology on Ω and $(\Sigma_{\Omega}, \tilde{\tau}_{FNSR}_{\Omega}, \Upsilon)$ is called a fermatean neutrosophic soft rough subspace of $(\Sigma, \tilde{\tau}_{FNSR}(\zeta), \Upsilon)$.

REFERENCES

- [1] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- [2] Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 20(1), 87–96. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(86\)80034-3](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(86)80034-3)
- [3] Smarandache, F. (2005). A unifying field in logics: Neutrosophic logic. Neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic probability and statistics. American Research Press.
- [4] Molodtsov, D. (1999). Soft set theory — first results. *Computers & Mathematics with Applications*, 37(4–5), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(98\)00116-5](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(98)00116-5)
- [5] Maji, P. K., Biswas, R., & Roy, A. R. (2003). Fuzzy soft sets. *Journal of Fuzzy Mathematics*, 9(3), 589–602.
- [6] Çağman, N., Enginoğlu, S., & Karataş, S. (2011). Neutrosophic soft sets and decision making. *Mathematical and Computational Applications*, 16(1), 33–40.
- [7] Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11(5), 341–356. <https://doi.org/10.1007/BF01001956>
- [8] Senapati, T., & Yager, R. R. (2020). Fermatean fuzzy sets. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 11, 663–674.
- [9] Salsabeela, T., & John, D. (2021). Multi-criteria group decision making based on Fermatean fuzzy soft sets using TOPSIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 3297–3307.
- [10] Büyüközkan, G., & Uztürk Baran, A. (2024). A comprehensive review on Fermatean fuzzy soft sets and their applications. *Applied Soft Computing*, 138, Article 110567.
- [11] Saeed, R., Shafique, M., & Gunerhan, H. (2025). Fermatean neutrosophic soft sets and their application in multi-criteria decision making and topological modeling. *Neutrosophic Sets and Systems*, 43, 12–29.

- [12]** Smarandache, F. (2005). Neutrosophic set-a generalization of the intuitionistic fuzzy set. *International journal of pure and applied mathematics*, 24(3), 287.
- [13]** Deli, I., & Broumi, S. (2015). Neutrosophic soft relations and some properties. *Annals of fuzzy mathematics and informatics*, 9(1), 169-182.
- [14]** Kirisci, M. (2021). Fermatean fuzzy soft set with entropy measure. *Journal of Ambient Intelligence & Humanized Computing*.
- [15]** Sweetey, C. A. C., & Jansi, R. (2021). Fermatean neutrosophic sets. *Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng*, 10(6), 24-27.
- [16]** Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International journal of computer & information sciences*, 11(5), 341-356.

FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH SETS

Dr. Aysun Benek

Kafkas University, aysunbenek12@gmail.com - ORCID:0000-0001-8131-6178

Prof. Dr. Taha Yasin Öztürk

Kafkas University, taha36100@hotmail.com - ORCID:0000-0003-2402-6507

Assoc. Prof. Adem Yolcu

Kafkas University, yolcu.adem@gmail.com - ORCID:0000-0002-4317-652X

ABSTRACT

Numerous theories have been used to address problems involving uncertainty and imprecision. Smarandache first proposed the idea of a neutrosophic set in 1999. A neutrosophic set is defined by three functions: a membership function, an uncertainty function, and a non-membership function. The functions are independently related and belong to the values of the membership, uncertainty, and non-membership functionals. To address uncertainties, soft set theory was later proposed by Molodtsov in the same year. Maji proposed the neutrosophic soft set theory by combining neutrosophic set theory and soft set theory. The idea of a rough set was first proposed by Pawlak in 1982. A rough set is based on lower and upper approximations of a set. These two lower and upper approximation operators are based on the equivalence relation. A rough set is an extremely useful tool for dealing with uncertain, incomplete, and imprecise situations. Soft set theory and neutrosophic set theory are other advanced mathematical techniques for dealing with uncertain, partial, and inconsistent data. Moreover, Yolcu and his colleagues redefined the concept of a neutrosophic soft rough set. Senapati proposed the Yager Fermatean Fuzzy Set (FFS). The concept of Fermatean fuzzy soft set (FFSS) is a generalization of soft set and is effective in depicting uncertain information in real-world conditions. The purpose of this paper is to introduce the concept of Fermatean neutrosophic soft rough set and discuss some basic results related to it. We define the lower and upper approximation operators of a Fermatean neutrosophic soft set (FNSS). We also study the positive, negative and boundary regions of the Fermatean neutrosophic soft rough set and some important properties.

Key words: Fermatean neutrosophic soft rough set, Fermatean neutrosophic soft rough approximation operators, FNSR Positive region, FNSR Negative region, FNSR Boundary region.

1. INTRODUCTION

Real-world problems involve various kinds of uncertainties. Mathematical modeling in such contexts involves the rigorous use of models like fuzzy sets, soft sets and rough sets, which possess the ability to depict the information presented through natural language effectively. Zadeh [1] introduced the concept of fuzzification in 1965. Atanassov [2] proposed an alternative intuitionistic set, which defines an element with the membership and non-membership. From a logical perspective, the neutrosophic logic established by Smarandache [3, 4] is equipped to talk about uncertainty, imperfections, and missing and inconsistent information in the actual world. Numerous methods and strategies have been suggested to address the unpredictable nature of real-time situations. Neutrosophic sets and their combinations are one approach for handling imprecision. With a broader range of applications, these sets generalize intuitionistic fuzzy sets, fuzzy sets, and their extensions, inspiring the development of several theories. Molodtsov [5] proposed a unique method for representing uncertainty that he called soft set theory.

Rough set theory, introduced by Pawlak [6] indeed offers a valuable framework for handling imprecise and uncertain information, which is common in many real-world scenarios. It extends the traditional crisp set theory to accommodate this kind of data, making it particularly useful in the study of intelligent systems where information may be incomplete or ambiguous.

The recent development of rough neutrosophic sets adds another layer of complexity to this field. In 2015, Sweetey and Arockiarani [7] introduced a new approach of neutrosophic sets and discussed the relationships based on rough approximations and neutrosophic sets. The work provided a rough approximation of neutrosophic sets. The combination of rough set theory with neutrosophic sets in the form of rough neutrosophic sets provides a powerful mathematical tool for handling missing information. In rough neutrosophic sets, the degree of alternatives is expressed using upper and lower approximation operators that capture the uncertainty present in the data. Moreover, the characterization of sets by degree of truth-membership, degree of uncertainty-membership, and degree of false-membership provides a nuanced representation of missing information, making rough neutrosophic sets a versatile tool for decision making in uncertain environments. Neutrosophic Soft Set NSS with basic operation and properties proposed by Maji [8]. Also, Yolcu et al. redefined the concept of neutrosophic soft rough set, which is a combination of the concepts of soft set and neutrosophic rough set [9].

The Fermatean Fuzzy Set (FFS) theory emerges as a crucial and prevalent tool in addressing uncertainty across diverse domains. To further improve the accuracy of the description of fuzzy or uncertain information, Senapati, Yager proposed Fermatean Fuzzy Set (FFS) [10]. In FFS, the cubic sum of membership and non-membership values of an object are in the range of $[0,1]$ [11]. FFS theory plays an important role in various fields, as it is an advantageous and powerful concept for dealing with uncertain information [12]. Fermatean fuzzy set is an expansion based

on Pythagorean fuzzy set, allowing the cubic sum of the degree of membership and non-membership to be greater than 0 and less than 1, which is in sharp contrast to the concept of the square sum being less than 1 in Pythagorean fuzzy set. The advantage of Fermatean fuzzy set lies in their cubic characteristic, which allows fuzzy set to contain more information content, thereby enhancing the ability to deal with fuzziness and uncertainty. Uncertainty here represents the degree of uncertainty or lack of knowledge about the element's belonging or non-belonging relationship, and this supplement significantly expands the scope of scenarios that can be effectively handled [13]. Antony and Jansi introduced Fermatean Neutrosophic Set (FNS) [14] in 2021. Unlike traditional fuzzy set or intuitionistic fuzzy set, the square sum of these components in FNS is limited between 0 and 2, and this relaxation allows a wider range of values to adapt to higher fuzziness and uncertainty. In recent years, the number of literatures on Fermatean fuzzy set has surged, and researchers have conducted in-depth exploration of various aspects of this concept, including its mathematical foundation, definitions, operational rules, properties, and applications [10, 15-18]. In recent years, researchers have started to work on combinations of the rough sets and the fermatean neutrosophic sets. The concept of Rough Fermatean Neutrosophic Sets is introduced by Dhanalakshmi and their properties are studied [19]. Also, the concept of Fermatian Neutrosophic Rough Sets was described by Bhuvaneshwari [20].

In this study, the concept of fermatean neutrosophic soft rough set is defined with the help of membership functions. Then, fermatean neutrosophic soft rough approximation operators are defined and this concept is supported with examples. Finally, some properties of FNSRS are investigated.

2 PRELIMINARY

This section we present some basic definitions.

Definition 2.1 [1] Let Σ be an universe. A fuzzy set N in Σ , $N = \{(n, \mu_N(n)) : n \in \Sigma\}$, where $\mu_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ is the membership function of the fuzzy set N ; $\mu_N(n) \in [0, 1]$ is the membership of $n \in \Sigma$ in f . The set of all fuzzy sets over Σ will be denoted by $FS(\Sigma)$.

Definition 2.2 [5] Let Σ be an initial universe, Υ be a set of all parameters and $P(\Sigma)$ denotes the power set of Σ . A pair (N, Υ) is called a soft set over Σ , where N is a mapping given by $N : \Upsilon \rightarrow P(\Sigma)$.

In other words, the soft set is a parameterized family of subsets of the set Σ . For $\sigma \in \Upsilon$, $N(\sigma)$ may be considered as the set of σ -elements of the soft set (N, Υ) , or as the set of σ -approximate elements of the soft set, i.e.,

$$(N, \Upsilon) = \{(\sigma, N(\sigma)) : \sigma \in \Upsilon, N : \Upsilon \rightarrow P(\Sigma)\}.$$

Definition 2.3 [10] Let Σ be a universe of discourse. A fermatean fuzzy set (FFS) in Σ is given by, $N = \{(n, \mu_N(n), \nu_N(n)) : n \in \Sigma\}$ where, $\mu_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ denotes the degree of membership and $\nu_N : \Sigma \rightarrow [0, 1]$ denotes the degree of nonmembership of the element $n \in \Sigma$ to the set N with the condition that $0 \leq (\mu_N(n))^3 + (\nu_N(n))^3 \leq 1$.

Definition 2.4 [21] Let Σ be the universal set and Y be a set of parameters. The fermatean fuzzy soft set is defined as the pair (N, Y) where, $N : Y \rightarrow FFS(\Sigma)$ and $FFS(\Sigma)$ is the set of all fermatean fuzzy subsets of Σ . Y on Σ is a family of parameters formed by some fermatean fuzzy subsets on Σ . For any parameter $\sigma \in Y$, $N(\sigma)$ is a (ffss) associated with of Σ . Then, it is called fermatean fuzzy value set of parameter. $N(\sigma)$ can be written as an (ffs) such that

$$N(\sigma) = \{ \langle n, \mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n) \rangle ; n \in \Sigma \}$$

where $\mu_{N(\sigma)}(n)$ and $\nu_{N(\sigma)}(n)$ are the membership and non-membership functions,

respectively. The condition $(\mu_{N(\sigma)}(n))^3 + (\nu_{N(\sigma)}(n))^3 \leq 1$ holds. Then,

$$\nu_{N(\sigma)}(n) = \sqrt[3]{1 - (\mu_{N(\sigma)}(n))^3} \text{ for all } \sigma.$$

Definition 2.5 [3] A neutrosophic set N on the universe of discourse Σ is defined as:

$$N = \{ \langle n, \mu_N(n), \nu_N(n), \omega_N(n) \rangle ; n \in \Sigma \},$$

where $\mu, \nu, \omega : \Sigma \rightarrow]-0, 1]^+$ and $-0 \leq \mu_N(n) + \nu_N(n) + \omega_N(n) \leq 3^+$.

Definition 2.6 [22] Let Σ be an initial universe set and Y be a set of parameters. Let $NS(\Sigma)$ denote the set of all neutrosophic sets of Σ . Then, a neutrosophic soft set (N, Y) over Σ is a set defined by a set valued function N representing a mapping $N : Y \rightarrow NS(\Sigma)$ where N is called approximate function of the neutrosophic soft set (N, Y) . In other words, the neutrosophic soft set is a parameterized family of some elements of the set $NS(\Sigma)$ and therefore it can be written as a set of ordered pairs,

$$(N, Y) = \left\{ \left(\sigma, \langle n, \mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n), \omega_{N(\sigma)}(n) \rangle ; n \in \Sigma \right) : \sigma \in Y \right\}.$$

where $\mu_{N(\sigma)}(n), \nu_{N(\sigma)}(n), \omega_{N(\sigma)}(n) \in [0, 1]$, respectively called the truth-membership, indeterminacy-membership, falsity-membership function of $N(\sigma)$. Since supremum of each μ, ν, ω is 1 so the inequality $0 \leq \mu_{N(\sigma)}(n) + \nu_{N(\sigma)}(n) + \omega_{N(\sigma)}(n) \leq 3$ is obvious.

Definition 2.7 [6] Let Σ be the initial universe and Y be a set of parameters. Then, lower, upper, and boundary approximations of Y are defined as

$$\mathfrak{R}_-(Y) = \bigcup_{n \in \Sigma} \{\mathfrak{R}(n) : \mathfrak{R}(n) \subseteq Y\},$$

$$\mathfrak{R}^-(Y) = \bigcup_{n \in \Sigma} \{\mathfrak{R}(n) : \mathfrak{R}(n) \cap Y \neq \emptyset\},$$

and

$$B\mathfrak{R}(Y) = \mathfrak{R}^-(Y) \setminus \mathfrak{R}_-(Y),$$

respectively. Where $\mathfrak{R}$ is an indiscernibility relation $\mathfrak{R} \subseteq \Sigma \times \Sigma$ which indicates our information about elements of Σ . The set Y is said to be defined if $\mathfrak{R}^-(Y) = \mathfrak{R}_-(Y)$. If $\mathfrak{R}^-(Y) \neq \mathfrak{R}_-(Y)$ i.e $B\mathfrak{R}(Y) \neq \emptyset$, the set Y is rough set w.r.t $\mathfrak{R}$.

3. FERMATEAN NEUTROSOPHIC SOFT ROUGH SET

Definition 3.1 Let Σ be a non-empty universe set, Y be a set of parameters, and $FNS(\Sigma)$ be the set of all fermatean neutrosophic set over Σ . Consider the pair $\left(\overset{FNS}{N}, Y \right)$ as a fermatean neutrosophic soft set over Σ , where $\overset{FNS}{N}$ is a mapping given by $\overset{FNS}{N} : Y \rightarrow FNS(\Sigma)$. Subsequently, the triplet $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, Y \right)$ is referred to as a fermatean neutrosophic soft approximation space. The lower and upper fermatean neutrosophic soft approximations of a set $\zeta \subseteq FNSS(\Sigma, Y)$ with respect to $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, Y \right)$ are denoted by $\underline{apr}_{FNS}(\zeta)$ and $\overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ respectively, defined by

$$\underline{apr}_{FNS}(\zeta) = \left\{ \left(\sigma_i < n, \underline{\mu}_{\sigma_i}(n), \underline{\nu}_{\sigma_i}(n), \underline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right), \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\}$$

$$\overline{apr}_{FNS}(\zeta) = \left\{ \left(\sigma_i < n, \overline{\mu}_{\sigma_i}(n), \overline{\nu}_{\sigma_i}(n), \overline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right), \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\}$$

where,

$$\underline{\mu}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigwedge \left\{ \mu_{\sigma_i}(n) : \mu_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cap \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \subseteq \zeta, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

$$\underline{\nu}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigwedge \left\{ \nu_{\sigma_i}(n) : \nu_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cap \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \subseteq \zeta, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

$$\underline{\omega}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigvee \left\{ \omega_{\sigma_i}(n) : \omega_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cap \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \subseteq \zeta, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

$$\overline{\mu}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigvee \left\{ \mu_{\sigma_i}(n) : \mu_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cup \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \in FNSS, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

$$\overline{\nu}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigvee \left\{ \nu_{\sigma_i}(n) : \nu_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cup \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \in FNSS, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

$$\overline{\omega}_{\sigma_i}(n) = \left\{ \bigwedge \left\{ \omega_{\sigma_i}(n) : \omega_{\sigma_i}(n) \in \zeta \cup \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right); \forall \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N \end{smallmatrix} i, Y \right) \in FNSS, \forall \sigma_i \in Y, \forall n \in \Sigma \right\} \right\}$$

where “ $\bigvee$ ” and “ $\bigwedge$ ” mean “min” and “max” operators, respectively. Also, where

$$0 \leq \left(\underline{\mu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\underline{\nu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\underline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right)^3 \leq 2, \quad 0 \leq \left(\underline{\mu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\underline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right)^3 \leq 1$$

$$0 \leq \left(\overline{\mu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\overline{\nu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\overline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right)^3 \leq 2, \quad 0 \leq \left(\overline{\mu}_{\sigma_i}(n) \right)^3 + \left(\overline{\omega}_{\sigma_i}(n) \right)^3 \leq 1$$

It is easy to see that $\underline{apr}_{FNS}(\zeta)$ and $\overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ are two fermatean neutrosophic soft set on $FNSS(\Sigma, Y)$. If $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) = \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$, then ζ is said to be fermatean neutrosophic soft definable set; otherwise it is called a *fermatean neutrosophic soft rough set*.

Example 3.1 Let $\Sigma = \{n_1, n_2, n_3, n_4\}$ be a universe and $Y = \{\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3\}$ be a parameter set. We consider following fermatean neutrosophic soft sets;

$$\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_1 \end{smallmatrix}, Y \right) = \left\{ \sigma_1, (n_1 < 0.3, 0.6, 0.7 >, n_2 < 0.5, 0.5, 0.6 >, n_3 < 0.7, 0.3, 0.4 >), \right. \\ \left. \sigma_2, (n_1 < 0.4, 0.5, 0.3 >, n_3 < 0.2, 0.3, 0.4 >, n_4 < 0.5, 0.3, 0.4 >). \right\}$$

$$\begin{aligned} \left(\begin{matrix} FNS \\ N_2, Y \end{matrix} \right) &= \left\{ \begin{aligned} &\sigma_1, (n_1 < 0.6, 0.7, 0.6 >, n_3 < 0.5, 0.5, 0.3 >, n_4 < 0.4, 0.5, 0.6 >), \\ &\sigma_3, (n_1 < 0.6, 0.4, 0.5 >, n_3 < 0.3, 0.4, 0.2 >). \end{aligned} \right\} \\ \left(\begin{matrix} FNS \\ N_3, Y \end{matrix} \right) &= \left\{ \begin{aligned} &\sigma_1, (n_2 < 0.7, 0.5, 0.1 >, n_3 < 0.8, 0.5, 0.3 >), \\ &\sigma_2, (n_2 < 0.6, 0.3, 0.4 >, n_3 < 0.7, 0.3, 0.4 >, n_4 < 0.7, 0.5, 0.2 >), \\ &\sigma_3, (n_1 < 0.9, 0.5, 0.6 >, n_3 < 0.3, 0.3, 0.2 >, n_4 < 0.8, 0.7, 0.2 >). \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

for the another fermatean neutrosophic soft set $\zeta \subset FNSS(\Sigma, Y)$ with respect to $\left(\begin{matrix} FNS \\ \Sigma, N, Y \end{matrix} \right)$;

$$\zeta = \left\{ \begin{aligned} &\sigma_1, (n_1 < 0.8, 0.7, 0.6 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.6, 0.3 >, n_4 < 0.4, 0.6, 0.3 >), \\ &\sigma_2, (n_1 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_2 < 0.7, 0.4, 0.2 >, n_3 < 0.6, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.8, 0.7, 0.2 >), \\ &\sigma_3, (n_1 < 0.8, 0.7, 0.4 >, n_3 < 0.6, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.8, 0.6, 0.1 >). \end{aligned} \right\}$$

The lower and upper fermatean neutrosophic soft approximation of ζ are calculated as

$$\begin{aligned} \underline{apr}_{FNS}(\zeta) &= \{ \sigma_1, (n_1 < 0.3, 0.6, 0.7 >, n_2 < 0.5, 0.5, 0.6 >, n_3 < 0.4, 0.3, 0.6 >) \} \\ \overline{apr}_{FNS}(\zeta) &= \left\{ \begin{aligned} &\sigma_1, (n_1 < 0.8, 0.7, 0.6 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.1 >, n_3 < 0.8, 0.6, 0.3 >, n_4 < 0.4, 0.6, 0.3 >), \\ &\sigma_2, (n_1 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_2 < 0.7, 0.4, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.7, 0.5, 0.1 >), \\ &\sigma_3, (n_1 < 0.9, 0.7, 0.4 >, n_3 < 0.6, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.8, 0.7, 0.1 >). \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

If $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) = \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$, then ζ is said to be fermatean neutrosophic soft definable set; otherwise it is called a fermatean neutrosophic soft rough set.

Definition 3.2 For any $\zeta \subseteq FNSS(\Sigma, Y)$, the sets $POS_{FNS}(\zeta) = \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$, $NEG_{FNS}(\zeta) = \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ ve $Bnd_{FNS}(\zeta) = \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \setminus \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$ are called fermatean neutrosophic soft rough positive, fermatean neutrosophic soft rough negative and fermatean neutrosophic soft rough boundary regions of a considered set ζ , respectively.

Example 3.2 We consider the Example 3.1. Then, we can write the fermatean neutrosophic soft rough positive, negative and boundary regions as follow

$$\begin{aligned} POS_{FNS}(\zeta) &= \{ \sigma_1, (n_1 < 0.3, 0.6, 0.7 >, n_2 < 0.5, 0.5, 0.6 >, n_3 < 0.4, 0.3, 0.6 >) \} \\ &= \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \end{aligned}$$

$$NEG_{FNS}(\zeta) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.8, 0.7, 0.6 >, n_2 < 0.8, 0.7, 0.1 >, n_3 < 0.8, 0.6, 0.3 >, n_4 < 0.4, 0.6, 0.3 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_2 < 0.7, 0.4, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.7, 0.5, 0.1 >), \\ \sigma_3, (n_1 < 0.9, 0.7, 0.4 >, n_3 < 0.6, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.8, 0.7, 0.1 >). \end{array} \right\}$$

$$= \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$$

$$Bnd_{FNS}(\zeta) = \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1, (n_1 < 0.7, 0.4, 0.6 >, n_2 < 0.6, 0.5, 0.5 >, n_3 < 0.6, 0.6, 0.4 >, n_4 < 0.4, 0.6, 0.3 >), \\ \sigma_2, (n_1 < 0.5, 0.7, 0.2 >, n_2 < 0.7, 0.4, 0.2 >, n_3 < 0.7, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.7, 0.5, 0.1 >), \\ \sigma_3, (n_1 < 0.9, 0.7, 0.4 >, n_3 < 0.6, 0.4, 0.1 >, n_4 < 0.8, 0.7, 0.1 >). \end{array} \right\}$$

$$= \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \setminus \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$$

Obviously, since it is clear $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \neq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$. So ζ is fermatean neutrosophic soft rough set in the approximation space $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, \Upsilon \right)$.

Proposition 3.1 Let $\left(\overset{FNS}{N}, \Upsilon \right)$ be a fermatean neutrosophic soft set over Σ . $\left(\Sigma, \overset{FNS}{N}, \Upsilon \right)$ be a fermatean neutrosophic soft approximation space and $\zeta, \Psi \in FNSS(\Sigma, \Upsilon)$, then we have,

1. $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \zeta \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$,
2. $\underline{apr}_{FNS}(0_{(\Sigma, \Upsilon)}) = 0_{(\Sigma, \Upsilon)}$, $\overline{apr}_{FNS}(1_{(\Sigma, \Upsilon)}) = 1_{(\Sigma, \Upsilon)}$
3. If $\zeta \subseteq \Psi$, then $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$
4. If $\zeta \subseteq \Psi$, then $\overline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$
5. $\underline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cap \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$
6. $\overline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \cap \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$
7. $\underline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$
8. $\overline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$

Proof. 1. From the Definition 3.1, we can easily see that $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \zeta$. Also, from the definition of neutrosophic soft upper approximation, $\forall \left(\overset{FNS}{N}_i, \Upsilon \right) \cap \zeta \neq 0_{(\Sigma, \Upsilon)}$,

$\bar{\mu}, \bar{\nu}, \bar{\omega} \in \zeta \cup \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right)$. Hence, $\zeta \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Thus, $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \zeta \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$.

2. From the Definition 3.1, the proof is straightforward.

3. Let $\zeta \subseteq \Psi$ and $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \zeta$. Then $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) = \zeta \cap \left(\bigcap_i \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \right)$. In addition, we have

$\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \zeta$ then $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \Psi$. Hence $\underline{apr}_{FNS}(\Psi) = \Psi \cap \left(\bigcap_i \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \right)$. This implies $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

4. Let $\zeta \subseteq \Psi$ and $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \cap \zeta \neq 0_{(\Sigma, Y)}$. Then $\overline{apr}_{FNS}(\zeta) = \zeta \cup \left(\bigcup_i \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \right)$. For $\zeta \subseteq \Psi$, then $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \cap \Psi \neq 0_{(\Sigma, Y)}$ and $\overline{apr}_{FNS}(\Psi) = \Psi \cup \left(\bigcup_i \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N_i, Y \end{smallmatrix} \right) \right)$. This implies $\overline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

5. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi)$. There exist $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right)$ such that

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi)$, $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \zeta$ and

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \Psi$. Therefore $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$ and $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$,

implying $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cap \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

Thus $\underline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cap \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

6. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta \cap \Psi)$. There exist $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right)$ such that

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\zeta \cap \Psi) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$, $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\zeta) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$ and

$\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\Psi) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$. Therefore $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ and $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$,

implying $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \cap \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

7. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin \underline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi)$. Then, there exist $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right)$ such that

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \emptyset (\zeta \cup \Psi)$. It follows that $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \emptyset \zeta$ and $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \emptyset \Psi$. Therefore

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$ and $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$, implying $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$. Thus $\underline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \underline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

8. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi)$. There exist $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right)$ such that

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\zeta \cup \Psi) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$. It follows that $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\zeta) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$ or

$\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \cap (\Psi) \neq 0_{(\Sigma, Y)}$. Therefore $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ or $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$. Hence

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$. Thus $\overline{apr}_{FNS}(\zeta \cup \Psi) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta) \cup \overline{apr}_{FNS}(\Psi)$.

Proposition 3.2 Let $\left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right)$ be a fermatean neutrosophic soft set on a universe Σ and let $\zeta, \Psi \subseteq FNSS(\Sigma, Y)$. Then the following properties hold,

1. $\underline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta)) = \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$
2. $\overline{apr}_{FNS}(\overline{apr}_{FNS}(\zeta)) \supseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$
3. $\overline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta))$
4. $\overline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta)) \supseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$
5. $\underline{apr}_{FNS}(\zeta^c) \supseteq [\overline{apr}_{FNS}(\zeta)]^c$

Proof. 1. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Then, we have $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \left(\begin{smallmatrix} FNS \\ N, Y \end{smallmatrix} \right) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$. So

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \underline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta))$. Therefore $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta))$. From the

Proposition 3.1 $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \zeta$ using 3 of Proposition 3.1 we obtain

$\underline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta)) \subseteq \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Hence $\underline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta)) = \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$.

2. Let $H = \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Using property 1 of Proposition 3.1, we got $H \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Hence

$$\overline{apr}_{FNS}(\overline{apr}_{FNS}(\zeta)) \supseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta).$$

3. Let $H = \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Using property 1 of Proposition 3.1, we got $\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq H$. Hence

$$\underline{apr}_{FNS}(\overline{apr}_{FNS}(\zeta)) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\zeta).$$

4. Let $H = \underline{apr}_{FNS}(\zeta)$. Using property 1 of Proposition 3.1, we got $\overline{apr}_{FNS}(\zeta) \supseteq H$. Hence

$$\underline{apr}_{FNS}(\zeta) \subseteq \overline{apr}_{FNS}(\underline{apr}_{FNS}(\zeta)).$$

5. Let $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin \underline{apr}_{FNS}(\zeta^c)$ and $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \binom{FNS}{N, Y}$. We have $\binom{FNS}{N, Y} \cap \zeta^c = \emptyset$ and

$\binom{FNS}{N, Y} \cap \zeta^c = 0_{(\Sigma, Y)}$. Thus $\binom{FNS}{N, Y} \cap \zeta \neq 0_{(\Sigma, Y)}$, where $n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \in \overline{apr}_{FNS}(\zeta)$ but

$n_{(\alpha, \beta, \gamma)}^{\sigma_i} \notin [\overline{apr}_{FNS}(\zeta)]^c$. Therefore $\underline{apr}_{FNS}(\zeta^c) \supseteq [\overline{apr}_{FNS}(\zeta)]^c$.

REFERENCES

- [1] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).
- [2] Atanassov, K. T., & Stoeva, S. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy sets and systems, 20(1), 87–96.
- [3] Smarandache, F. (1999). A unifying field in logics: neutrosophic logic, neutrosophy, neutrosophic set, neutrosophic probability. In Philosophy (pp. 1–141). American Research Press. <http://cogprints.org/1919/>.
- [4] Smarandache, F. (2002). Neutrosophy and neutrosophic logic [presentation]. First international conference on neutrosophy, neutrosophic logic, set, probability, and statistics university of new mexico, gallup, nm (Vol. 87301, pp. 338–353).
- [5] Molodtsov, D. (1999). Soft set theory—first results. Computers & mathematics with applications, 37(4-5), 19-31.
- [6] Pawlak. Z. (1982). Rough sets. International Journal of Information and Computer Sciences, 11(5), 341-356. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01001956>.
- [7] Sweet, C. A. C., & Arockiarani, I. (2017). Rough sets in neutrosophic approximation space. Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics, 13(4), 449-463.
- [8] Maji, P. K. (2013). Neutrosophic soft set. Infinite Study.
- [9] Yolcu, A., Benek, A., & Öztürk, T. Y. (2023). A new approach to neutrosophic soft rough

- sets. Knowledge and information systems, 65(5), 2043-2060.
- [10] Senapati, T., & Yager, R. R. (2020). Fermatean fuzzy sets. Journal of ambient intelligence and humanized computing, 11, 663-674.
- [11] Akram, M., Ali, G., Alcantud, J. C. R., & Riaz, A. (2022). Group decision-making with Fermatean fuzzy soft expert knowledge. Artificial Intelligence Review, 55(7), 5349-5389.
- [12] Liu, D., Liu, Y., & Chen, X. (2019). Fermatean fuzzy linguistic set and its application in multicriteria decision making. International Journal of Intelligent Systems, 34(5), 878-894.
- [13] Saeed, M., Nisa, M. U., Saeed, M. H., Alballa, T., & Khalifa, H. A. E. W. (2023). Detecting Patterns of Infection-Induced Fertility Using Fermatean Neutrosophic Set With Similarity Analysis. IEEE Access, 11, 112320-112333.
- [14] Sweety, C. A. C., & Jansi, R. (2021). Fermatean neutrosophic sets. Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng, 10(6), 24-27.
- [15] Yang, Z., Garg, H., & Li, X. (2021). Differential calculus of Fermatean fuzzy functions: continuities, derivatives, and differentials. International Journal of Computational Intelligence Systems, 14(1), 282-294.
- [16] Senapati, T., & Yager, R. R. (2019). Some new operations over Fermatean fuzzy numbers and application of Fermatean fuzzy WPM in multiple criteria decision making. Informatica, 30(2), 391-412.
- [17] Liu, Z., & Huang, H. (2023). Comment on “New cosine similarity and distance measures for Fermatean fuzzy sets and TOPSIS approach”. Knowledge and Information Systems, 65(12), 5151-5157.
- [18] Büyüközkan, G., Uztürk, D., & Ilıcak, Ö. (2024). Fermatean fuzzy sets and its extensions: a systematic literature review. Artificial Intelligence Review, 57(6), 138.
- [19] Dhanalakshmi, P. (2024). Rough Fermatean Neutrosophic Sets and its Applications in Medical Diagnosis. Neutrosophic Systems with Applications, 18, 31-39.
- [20] Bhuvaneshwari, S., Crispin Sweety, C. A., & Sumathi, R. (2024). Fermatean neutrosophic rough set. Computational algorithms and numerical dimensions, 3(4), 308-323.
- [21] Kirisci, M. (2021). Fermatean fuzzy soft set with entropy measure. Journal of Ambient Intelligence & Humanized Computing.
- [22] Deli I, Broumi S (2015) Neutrosophic soft relations and some properties. Ann Fuzzy Math Inform 9(1):169–182. <https://doi.org/10.5281/zenodo.23153>.

Multiparameter Deformations of Bowen-Series Maps

Öğr. Gör. Dr. Ayşe KARATAŞ

Bartın Üniversitesi, akaratas@bartin.edu.tr - ORCID ID: 0009-0003-6838-0759

ÖZET

In 1979, Bowen and Series constructed explicit fundamental domains for Fuchsian groups of the first kind corresponding to each signature. From these constructions, they derived functions on the unit circle that are intimately connected with the group. Typically, these fundamental domains possess what is now called the "extension property." Their approach was inspired by the continued fraction (Gauss) map. Like the Gauss map, the Bowen-Series function is orbit-equivalent to the action of the associated Fuchsian group, and it exhibits strong dynamical properties: it is expanding, Markov, aperiodic, and satisfies Rényi's condition. These features enabled them to prove that the Bowen-Series function admits a unique ergodic measure equivalent to Lebesgue measure.

Subsequent work by Svetlana Katok and Ilie Ugarcovici focused on the case of cocompact, torsion-free Fuchsian groups. They introduced multiparameter deformations of Bowen-Series maps and studied the behavior of the associated invariant measures. However, extending this theory to Fuchsian triangle groups—which include torsion—partly remains an open problem.

In this talk, we will first introduce the key concepts behind Bowen-Series maps and their properties. We will then demonstrate how to construct expanding multiparameter deformations of these functions in the setting of Fuchsian triangle groups. Our method offers a framework for constructing such deformations and opens the way for further investigation into the dynamics and measure-theoretic properties of these maps in this class of Fuchsian groups.

Anahtar Kelimeler : Fuchsian triangle groups, Bowen-Series functions, deformations

YALIN SİSTEM TASARIMI İÇİN SİMÜLASYON DESTEKLİ DEĞER AKIŞ HARİTALAMA UYGULAMASI

Hayal KARA

Bursa Teknik Üniversitesi, hayalkara269@gmail.com - 0009-0004-8734-7476

Doç. Dr. Ömer Faruk EFE

Bursa Teknik Üniversitesi, omer.efe@btu.edu.tr - 0000-0001-8170-5114

ÖZET

Sanayide verimliliği artırmak ve israfı azaltmak için geliştirilen yalın üretim sistemleri, üretim hattı iyileştirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma, İstanbul’da bir gıda üretim tesisinin bisküvi üretim hattında, Biscolata Starz 82g ürün ailesi üzerinden yürütülmüş; hattın mevcut durumu yalın üretim araçları ve darboğaz analizi yöntemleriyle analiz edilmiştir.

İlk aşamada; istasyonlara ait çevrim süresi, fire oranı ve duruş süreleri gibi performans verileri toplanmış; Python diliyle yapılan analizlerde darboğaz istasyonlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgularla mevcut durum Değer Akış Haritası (VSM) oluşturulmuş, toplam çevrim süresi 8,14 saniye ve dakikalık üretim kapasitesi 1460 adet olarak hesaplanmıştır. Mevcut durum ayrıca Simio yazılımı kullanılarak modellenmiş ve darboğazların simülasyon ortamında doğrulandığı görülmüştür.

Analiz sonuçlarına dayanarak geliştirilmiş iyileştirme senaryoları yeni VSM üzerinde test edilmiş; çevrim süresi yaklaşık 5,9 saniyeye düşürülmüş, dakikalık kapasite 2200 adete çıkarılmış ve fire oranında anlamlı azalma sağlanmıştır. Çalışma, yalın üretim ve simülasyon tekniklerinin entegre biçimde kullanımına dayalı, sektörde uygulanabilir bir model önermekte ve literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Değer akış haritalama, yalın üretim, simülasyon, darboğaz analizi.

1. GİRİŞ

Günümüz üretim sektöründe artan rekabet koşulları, işletmeleri kaynaklarını daha etkin kullanmaya ve süreçlerini sürekli iyileştirmeye zorlamaktadır. Özellikle gıda sanayisinde; üretim süreçlerinin sürekliliği, verimliliği ve esnekliği firmaların rekabet gücü ve sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Üretim hatlarında ortaya çıkan darboğazlar; kapasite kayıplarına, maliyet artışına, kalite problemlerine ve müşteri memnuniyetinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle darboğazların doğru biçimde tespit edilmesi ve

ortadan kaldırılması, yalın üretim yaklaşımı çerçevesinde önemli bir hedef olarak öne çıkmaktadır [1], [2].

Yalın üretim sistemi, israfların ortadan kaldırılması, akışın kesintisiz hale getirilmesi ve müşteri odaklı üretim yapılması gibi prensiplere dayanır [3]. Üretim sürecinde değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi ve sürekli iyileştirme kültürünün yerleştirilmesi, yalın düşüncenin temelini oluşturur. Literatürde, Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping – VSM) yöntemi; üretim akışının görselleştirilmesi, israfların belirlenmesi ve darboğazların sistematik olarak analiz edilmesi için en yaygın kullanılan araçlardan biri olarak tanımlanmaktadır [4], [5]. VSM sayesinde süreçteki katma değerli ve katma değersiz adımlar net şekilde ortaya konmakta, iyileştirme senaryoları somut şekilde planlanabilmektedir.

Simülasyon, VSM'nin tamamlayıcısı olarak, önerilen iyileştirme senaryolarının gerçek üretim hattına müdahale etmeksizin sanal ortamda test edilmesine imkân tanır. Ayrık olay simülasyonu (DES) yönteminin, üretim süreçlerinde darboğazların analizi ve kaynak kullanımının optimize edilmesi gibi konularda etkili sonuçlar verdiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir [6], [7]. Simülasyon, süreçlerin farklı yük ve senaryolardaki davranışını incelemeye, riskleri azaltmaya ve karar süreçlerini bilimsel temellere dayandırmaya katkı sağlamaktadır [8], [9].

Yapay zeka ve veri analitiği tekniklerinin yalın üretime entegre edilmesi, literatürde giderek önem kazanan bir yaklaşım olarak dikkat çekmektedir. Üretim hattından toplanan büyük hacimli veriler, Python gibi programlama dilleri aracılığıyla işlenerek; üretim hızları, fire oranları, çevrim süreleri gibi metrikler üzerinden darboğaz analizi yapılabilmektedir [10], [11]. Bu şekilde, sadece mevcut durum değil, olası senaryolar da öngörülebilir hale gelmekte ve süreç performansı sürdürülebilir biçimde iyileştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul'da faaliyet gösteren bir gıda üretim tesisine ait BSK-03 numaralı bisküvi üretim hattında; yalın üretim tekniklerinden Değer Akış Haritalama ve simülasyon yöntemleri entegre olarak kullanılmış, üretim verimliliğini düşüren darboğazlar nesnel analizlerle belirlenmiştir. Çalışmanın temel amacı; üretim verileri kullanılarak mevcut durumun modellenmesi, darboğazların tanımlanması ve iyileştirme senaryolarının Simio simülasyon ortamında test edilerek performans etkilerinin sayısal olarak ortaya konulmasıdır. Böylece elde edilen bulgular, sektörde uygulanabilir ve ölçeklenebilir bir iyileştirme modeli sunmaktadır.

2. UYGULAMA VE ANALİZ

Bu çalışmada uygulama alanı olarak İstanbul'da faaliyet gösteren bir gıda üretim tesisinin bir bisküvi üretim hattı seçilmiş, bir bisküvi ürün ailesi üzerinde detaylı analizler yapılmıştır. Üretim hattında çevrim süresi, fire oranı, duruş süreleri ve kapasite kullanımı gibi performans göstergeleri toplanarak mevcut durum ortaya konmuştur.

2.1 Mevcut Durum Analizi

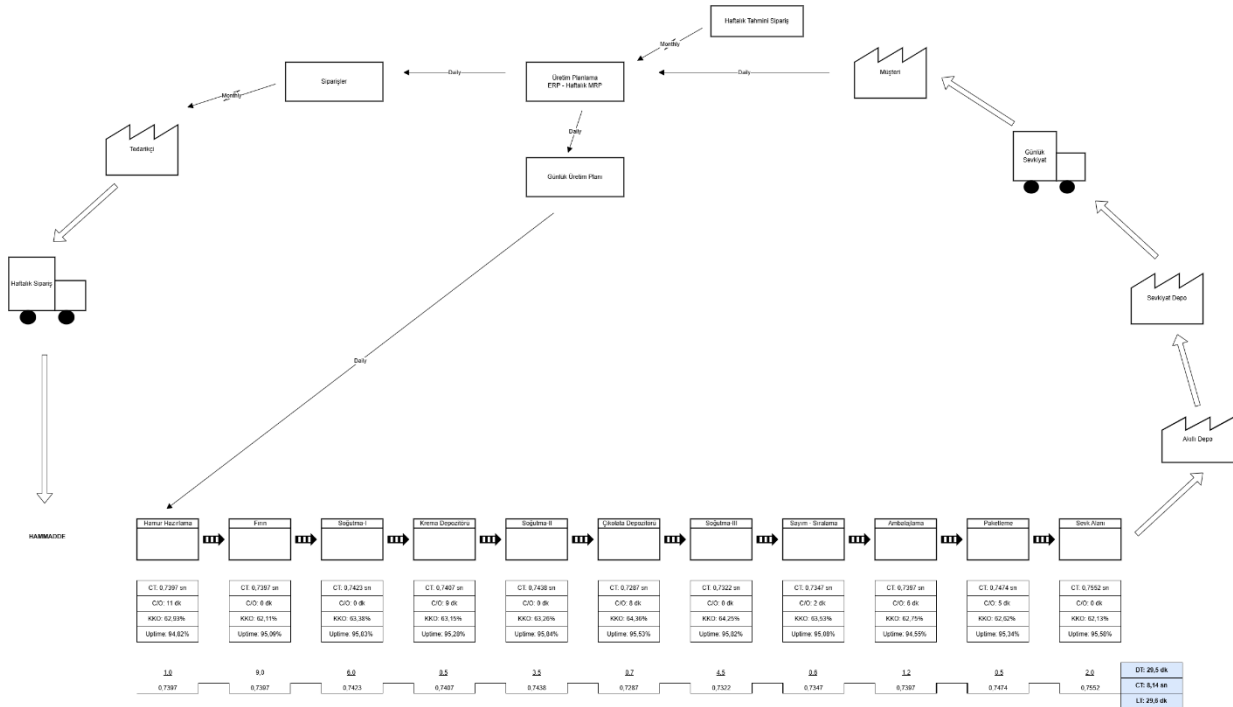
Bisküvi hattında ürün akışı; hamurun hazırlanması, pişirme, soğutma, krema ve çikolata dolum, ambalajlama ve koli hazırlama aşamalarından oluşmaktadır. Hattın teorik bant kapasitesi 24

olsa da aktif kullanılan bant sayısı 18'e düşmüş, bu da kapasite kullanım oranını düşürmüştür. Ambalaj film rulolarının ani bitmesi, hat üzerinde duruşlara neden olmaktadır.

Performans verileri Python programlama dili ile analiz edilmiş; istasyon bazında çevrim süresi, duruş süresi, fire oranı gibi metriklerden toplam etki skoru hesaplanmıştır. Darboğaz oluşturan istasyonlar özellikle krema dolumu ve ambalajlama aşamalarında yoğunlaşmış, bu noktalar hat genelinde ürün akışını yavaşlatan temel sorunlar olarak belirlenmiştir.

2.2 Mevcut Durum VSM

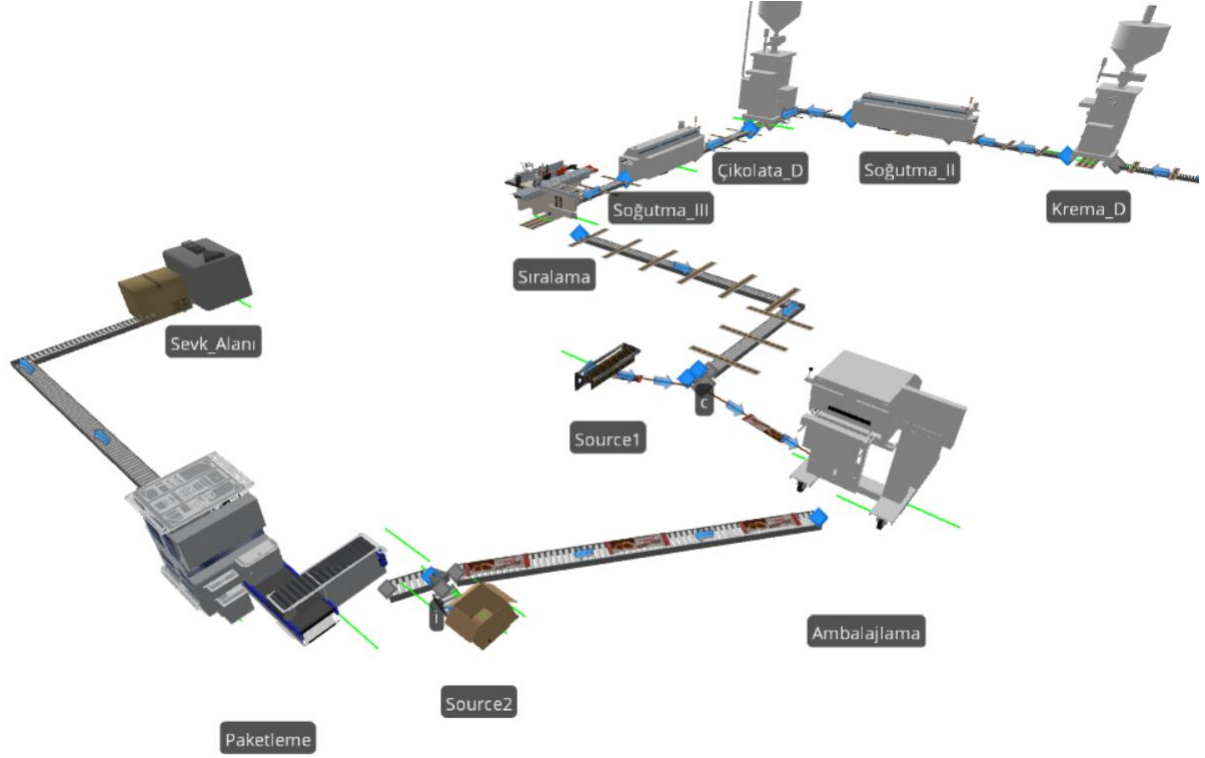
Darboğaz analizinden elde edilen verilerle üretim hattının mevcut durumu Değer Akış Haritası (VSM) üzerinde modellenmiştir. Haritada her istasyonun çevrim süresi, fire oranı ve bekleme süreleri görselleştirilmiş; toplam çevrim süresi 8,14 saniye, dakikalık üretim kapasitesi ise 1460 adet olarak hesaplanmıştır. VSM üzerinde, üretim akışında yığılmaların olduğu, akış dengesizliğinin arttığı noktalar net şekilde ortaya çıkmıştır.



Görsel 1 : Mevcut Durum Değer Akış Haritası

2.3 Simülasyon Modelleme

Mevcut duruma ait üretim hattı, Simio simülasyon yazılımı kullanılarak ayrıık olay simülasyon modeli şeklinde oluşturulmuştur. Modelde; iş istasyonları, ürün hareketleri, bant sayısı, istasyon kapasiteleri ve istasyon bazlı işlem süreleri tanımlanmıştır. Simülasyon sonuçlarında; darboğaz oluşturan istasyonların, Python analizleriyle belirlenen istasyonlarla örtüştüğü ve bu istasyonlarda ürün akışında kuyruklanma ve duruş sıklığının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bant sayısının düşük olması nedeniyle sistemin dakikalık üretim kapasitesinin teorik kapasitenin oldukça altında gerçekleştiği doğrulanmıştır.



Görsel 2 : Simio Simülasyon Modeli

2.4 İyileştirme Önerileri

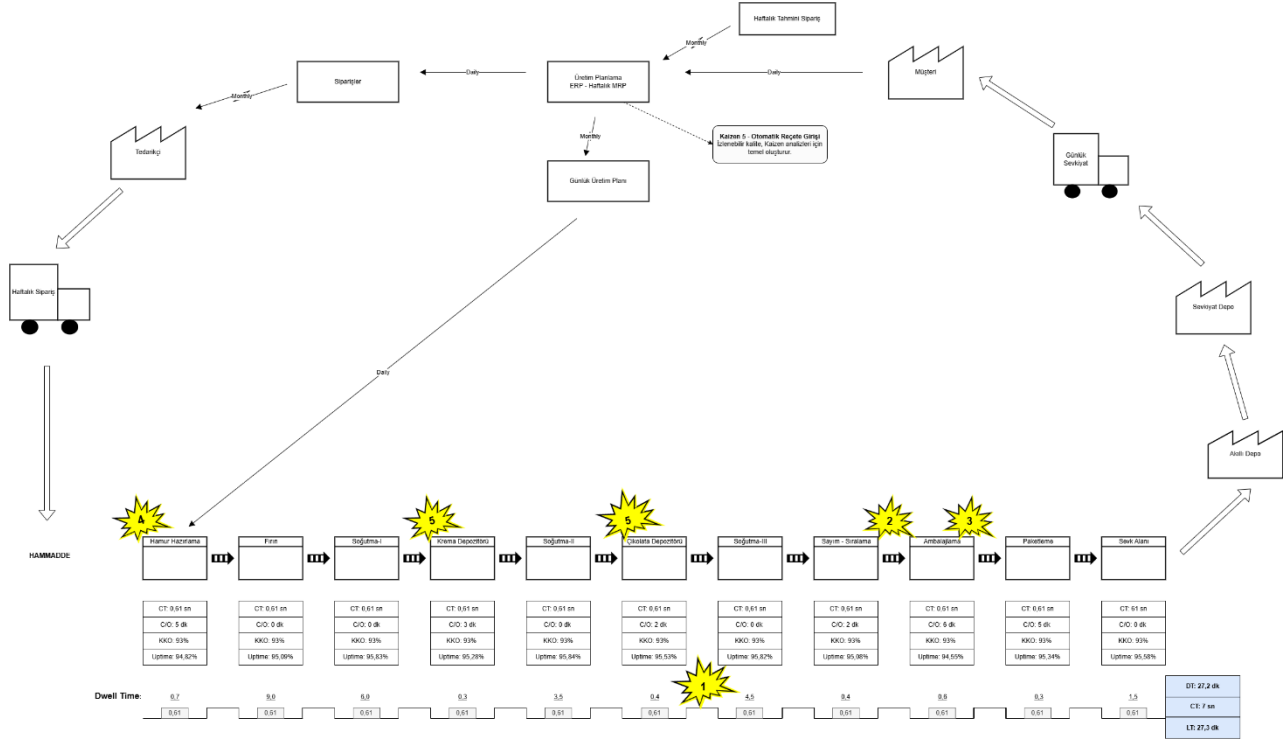
Analiz sonuçlarına dayanarak hattın darboğaz noktalarına yönelik çeşitli iyileştirme senaryoları geliştirilmiştir. Başlıca öneriler şunlardır:

- **Bant Sayısının Artırılması:** Eksik 6 bant eklenerek hattın orijinal 24 bant kapasitesine çıkarılması, akış dengesini sağlayarak dakikalık üretim kapasitesini %50'ye yakın artıracaktır.
- **Otomatik Kalite Kontrol:** Yapay zeka destekli görsel kontrol sistemiyle hatalı ürünlerin anında ayıklanması sağlanacak, kalite standardı yükselip şikâyetler azalacaktır.
- **Ambalaj Film Uyarı Sistemi:** Film tükenmeden operatöre uyarı veren sensör entegrasyonu ile plansız duruşlar önlenecek, duruş sürelerinde ortalama %20 azalma sağlanacaktır.
- **Hamur Hazırlama SMED:** Setup adımlarının standartlaştırılması ve hızlı bağlantı sistemleriyle kurulum süreleri %40-60 oranında kısalarak akış hızlanacaktır.
- **Reçete Yönetimi Otomasyonu:** Ürün geçişlerinde manuel ayarları ortadan kaldıracak dijital sistem sayesinde setup süresi yaklaşık %60 azalacak, fire oranı ve çevrim süresi iyileşecektir.

Bu iyileştirmeler sonucunda çevrim süresi 8,14 saniyeden 5,9 saniyeye inmiş, dakikalık kapasite 1460 adetten 2200 adete yükselmiş ve toplam verimlilikte %35'e varan artış potansiyeli elde edilmiştir.

2.5 Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Önerilen iyileştirme senaryoları Simio ortamında test edilmiştir. Gelecek durum simülasyon sonuçlarında çevrim süresinin yaklaşık 5,9 saniyeye düştüğü, dakikalık kapasitenin 2200 adete yükseldiği ve fire oranında belirgin düşüş sağlandığı tespit edilmiştir. Görsel 3'te önerilen iyileştirmelerin ardından oluşturulan gelecek durum VSM sunulmaktadır. Bu harita, darboğazların ortadan kalktığını ve akışın dengelendiğini açıkça göstermektedir.



Görsel 3 : Gelecek Durum Değer Akış Haritası

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında, yalın üretim prensipleri doğrultusunda değer akış haritalama (VSM) ve simülasyon teknikleri kullanılarak, büyük ölçekli bir gıda üretim hattında mevcut darboğazlar ve performans kayıpları tespit edilmiştir. Analizler; bant sayısının yetersizliği, yüksek setup süreleri ve fire oranlarının üretim kapasitesini ve verimliliği olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur.

Önerilen iyileştirme senaryoları doğrultusunda bant sayısının 18'den 24'e çıkarılması, SMED uygulamalarıyla setup sürelerinin azaltılması ve otomasyon entegrasyonları gibi müdahaleler gerçekleştirilmiştir. Bu değişikliklerin sistem üzerindeki etkileri, simülasyon ve değer akış haritalama ile doğrulanmıştır.

Çizelge 1 : Mevcut Durum vs. Gelecek Durum Karşılaştırması

Gösterge	Mevcut Durum	Gelecek Durum
Toplam Çevrim Süresi (CT)	8.14 s	7 s
Toplam İşlemde Kalma Süresi	29.5 dk	27.2 dk
Üretim Kapasitesi	1460 adet/dk	2200 adet/dk
Ortalama Fire Oranı	%2.22	%0.70
Ortalama Setup Süresi	3.73 dk	2.09 dk

Mevcut durum ile gelecek durum parametrelerinin karşılaştırması Çizelge 1’de sunulmaktadır. Tablo, önerilen iyileştirmelerin üretim hattında %14’e yakın çevrim süresi azalması, üretim kapasitesinde %48 artış ve fire oranında belirgin düşüş sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, yalın üretim ile dijital simülasyonun entegre kullanımının, saha uygulamalarında anlamlı performans kazanımları sağladığını göstermektedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışma, yalın üretim ve dijital simülasyon tekniklerini entegre ederek gıda sektöründe üretim hatlarının analiz ve iyileştirilmesinde uygulanabilir ve yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle bant sayısındaki eksiklik, yüksek setup süreleri ve fire oranları gibi performans kısıtlarının, yalın üretim prensipleri ve simülasyon destekli analizlerle etkin şekilde ortadan kaldırılabileceği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, üretim kapasitesinde önemli artış, çevrim süresi ve fire oranında kayda değer iyileşme gibi somut kazanımları ortaya koymaktadır.

İşletmenin üretim süreçlerini sürdürülebilir şekilde iyileştirmesi için ilk adım olarak hat bazlı performans verilerinin gerçek zamanlı toplanabileceği ve analiz edilebileceği bir üretim izleme (MES) altyapısının kurulması önerilmektedir. Böyle bir sistem, manuel veri toplama süreçlerinden kaynaklanan hataları azaltarak yalın uygulamaların kalıcılığını destekleyecektir.

Bunun yanı sıra, sürekli iyileştirme kültürünün yerleşmesi için periyodik VSM, simülasyon ve veri analizi döngülerinin işletme içinde standardize edilmesi önem arz etmektedir. Böylece darboğazların sürekli izlenmesi ve hızlı aksiyon alınması mümkün olacaktır.

Uzun vadede, dijitalleşme yatırımları ile yalın üretim araçlarının entegrasyonu teşvik edilmelidir. Örneğin yapay zekâ tabanlı kestirimci bakım ve otomatik veri toplama sensörleri fabrikanın dijital olgunluk seviyesini artırarak üretim süreçlerini daha esnek hale getirebilir.

Sonuç olarak önerilen bu yaklaşım, yalnızca üretim kapasitesini artırmayı değil; aynı zamanda kalite, maliyet etkinliği, süreklilik ve iş güvenliği gibi performans boyutlarında da kalıcı gelişmeler sağlamayı hedeflemektedir. İşletme yönetiminin, önerilen adımları önceliklendirerek stratejik bir yol haritası dahilinde hayata geçirmesi, rekabet gücünü artıracak ve sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Womack, J., & Jones, D. (1990). *The Machine That Changed the World*.
- [2] Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*.
- [3] Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond large scale production*.
- [4] Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value stream mapping to create value and eliminate muda (1st ed.)*. Lean Enterprise Institute.
- [5] Mevlin, G., & Baglee, D. (2008). Evaluating lean implementation: Case studies in engineering. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 105-118.
- [6] Abdulmalek, F., & Rajgopal, J. (2007). Lean manufacturing and simulation: Practice and experience. *International Journal of Production Research*, 45(13), 3031-3056.
- [7] Zahraee, S. M. (2020). Industry 4.0-based lean implementation in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 309-325.
- [8] Banks, J. (2010). *Discrete-event system simulation (5th ed.)*. Prentice Hall.
- [9] Kelton, W. D. (2015). *Simulation with Arena (6th ed.)*. McGraw-Hill.
- [10] Zhao, L. (2019). VSM in smart factories. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 32-41.
- [11] Rausch, P. (2022). Combining VSM and AI: a case study. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 183-195.

KOLTUK MONTAJ HATTININ ERGONOMİK OLARAK DENGELENMESİ: REBA ENDEKSİ TABANLI MATEMATİKSEL MODELLEME VE PYTHON İLE OPTİMİZASYON

Betül İrem KARAKAŞ

Doç.Dr.Ömer Faruk EFE

Bursa Teknik Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü

betulkarakas13@gmail.com

omer.efe@btu.edu.tr

orcid: 0009-0000-5646-1533

ÖZ

Bu çalışma, koltuk montaj hatlarında ergonomik risklerin azaltılması ve çalışan sağlığını gözetken sürdürülebilir üretim sistemlerinin oluşturulması amacıyla, REBA (Rapid Entire Body Assessment) endeksine dayalı matematiksel bir dengeleme modeli önermektedir. Geleneksel montaj hattı dengeleme modelleri kısa vadeli üretim verimliliğini incelemesine rağmen, ergonomik riskleri dışarda bırakmaları nedeniyle uzun vadede Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) başta olmak üzere iş gücü kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışmada, Python programlama dili ve CPLEX çözücüsü ile geliştirilen optimizasyon modeli hem üretim verimliliğini hem de ergonomik dengeyi gözetmektedir. Model, %5-%20 arası değişen talep artışı senaryolarında test edilmiş; ergonomik riskleri sınırlandırmakla kalmayıp modelin esnekliğini de koruduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Montaj Hattı Dengeleme, REBA, Ergonomi, Sürdürülebilirlik, Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları, Optimizasyon

ABSTRACT

This study proposes a REBA (Rapid Entire Body Assessment)-based mathematical balancing model to reduce ergonomic risks and ensure sustainable operation in seat assembly lines. While traditional Assembly Line Balancing Problems (ALBP) focus primarily on optimizing production efficiency, they often neglect ergonomic factors that critically affect worker health and long-term sustainability. The proposed model incorporates REBA scores as constraints and aims to balance both ergonomic risks and production workload across stations. Developed using Python and solved via CPLEX, the model was applied to a real-world automotive seat assembly line. Analysis revealed that although the ergonomics-based model slightly reduced short-term efficiency (from 75.9% to 50.6%), it significantly decreased REBA scores and mitigated the risk of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs). Moreover, sensitivity analyses under varying production demand scenarios (5% to 20%) confirmed the model's robustness and flexibility. The findings underscore the necessity of integrating human-centered design into industrial optimization to achieve sustainable manufacturing.

Keywords: Assembly Line Balancing, Ergonomics, REBA, Optimization, Sustainable Manufacturing, Worker Health

1. Giriş

Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan montaj hatlarında, tekrar eden fiziksel işler çalışanlar üzerinde ciddi ergonomik yükler oluşturmaktadır. Geleneksel Montaj Hattı Dengeleme Problemleri (MHDP) çevrim süresini ve verimliliği optimize etmeye odaklansa da, ergonomik risk faktörlerini dışarda bırakmaları nedeniyle sürdürülebilir bir çözüm sunamamaktadır. SGK'nın 2020 verilerine göre Türkiye'de kayıt altına alınan meslek hastalıklarının %5,7'si KİSR kaynaklıdır. Bu bağlamda, sadece verimlilik değil, çalışan sağlığını da gözeten sürdürülebilir modellemeler kritik hale gelmiştir.

2. Literatür Taraması

Ergonomik faktörlerin montaj hattı dengeleme problemlerine entegrasyonu üzerine yapılan çalışmaların sayısı son yıllarda artmakla birlikte, bu entegrasyonun çoğu zaman sınırlı olduğu görülmektedir. Otto ve Scholl (2011), REBA ve RULA gibi ergonomik değerlendirme araçlarını MHDP modellerine dahil ederek ERGO-SALBP yaklaşımını geliştirmiştir. Baykasoğlu vd. (2016) ve Polat vd. (2018) gibi araştırmacılar ise ergonomik skorları modelin amaç fonksiyonuna veya kısıtlarına dahil ederek farklı optimizasyon algoritmaları önermiştir. Ancak birçok çalışmada ergonomik analiz üretim modelinden ayrı yürütülmekte; ergonomik yüklerin istasyonlar düzeyinde dengelenmesine yeterince odaklanılmamaktadır.

Bu çalışma, REBA skorlarını doğrudan modele entegre ederek hem çevrim süresi hem de ergonomik yük açısından istasyon düzeyinde bütünsel bir optimizasyon sağlamayı hedeflemektedir.

3. Amaç, Kapsam ve Yöntem

Bu çalışmanın temel amacı, koltuk montaj hatlarında sıklıkla göz ardı edilen ergonomik riskleri sistematik biçimde değerlendirmek ve bu riskleri azaltacak şekilde üretim sistemlerini yeniden yapılandırmaktır. Geleneksel montaj hattı dengeleme problemleri (MHDP), genellikle yalnızca çevrim süresini minimize etmeye ve üretim verimliliğini artırmaya odaklanmaktadır. Ancak bu yaklaşımlar, tekrarlayan işler nedeniyle operatörlerde oluşabilecek Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) risklerini göz ardı etmektedir.

Bu bağlamda, çalışma Bursa'da bir otomotiv üretim tesisine ait 8 istasyonlu koltuk montaj hattını ele alarak, REBA (Rapid Entire Body Assessment) skorlarını matematiksel modele kısıt olarak entegre eden yeni bir hat dengeleme modeli önermektedir. Model Python diliyle geliştirilmiş ve CPLEX

çözücüsü ile çözülmüştür. Ayrıca %5, %10, %15 ve %20 oranlarındaki üretim talebi artış senaryoları altında modelin esnekliği test edilmiştir.

4. Model ve Hipotez

Çalışmada iki farklı model geliştirilmiştir:

- **Model 1 (Klasik Model):** Sadece çevrim süresini dikkate alarak görevleri istasyonlara atar. Ergonomik veriler modelin dışında tutulur.
- **Model 2 (Ergonomik Model):** REBA skorlarını her istasyon için sınırlayan kısıtlar içerir. Hedefi hem çevrim süresi hem de ergonomik yükleri optimize etmektir.

Bu modellere dayanarak aşağıdaki hipotezler test edilmiştir:

- **H1 (Ana Hipotez):** Ergonomik kısıtları içeren montaj hattı dengeleme modeli, sadece verimliliğe odaklanan klasik modele kıyasla çalışan sağlığı açısından daha sürdürülebilir ve dengeli bir performans sunar.
- **H2:** Geleneksel model kısa vadede yüksek verimlilik sağlasa da, ergonomik risklerin yüksek kalması nedeniyle uzun vadede iş gücü kaybı ve devamsızlık gibi olumsuzluklara yol açar.

5. Bulgular ve Sonuç

Bu çalışmada gerçekleştirilen kapsamlı analizler, otomotiv koltuğu montaj hattında uygulanan REBA (Rapid Entire Body Assessment) tabanlı ergonomik montaj hattı dengeleme modelinin, üretim süreçlerine entegre edilmesinin çalışan sağlığı, iş güvenliği ve uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından kritik faydalar sağladığını ortaya koymuştur. Çalışmanın ana hedefi, klasik montaj hattı dengeleme yaklaşımlarının üretim verimliliğine odaklanarak ergonomik riskleri göz ardı etmesi nedeniyle ortaya çıkan olumsuzlukları tespit etmek ve bu riskleri minimize eden sürdürülebilir bir hat dengeleme modeli geliştirmektir.

Firmanın Bursa'da faaliyet gösteren mevcut otomotiv koltuğu montaj hattı, toplam 8 istasyondan oluşmakta olup, her bir istasyonun işlemleri detaylı zaman etüdü ve operatör gözlemleri ile analiz edilmiştir. Örneğin, “Karkas Hazırlama” işlemi 72 saniye, “Airbag Montajı” 62 saniye, “Final Kontrol” ise 125 saniye gibi işlem sürelerine sahiptir [Çizelge 4.1, 85]. Bu istasyonlarda yapılan REBA analizleri sonucunda, çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin önemli boyutlarda olduğu saptanmıştır.

Özellikle 3., 5. ve 7. istasyonlarda REBA skorlarının 39 ile 49 arasında değişmesi, bu noktaların kritik ergonomik yoğunluk alanları olduğunu göstermiştir. Bu yüksek skorlar, çalışanların ciddi kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları (KİSR) riski altında olduğunu ve derhal müdahale edilmesi gerektiğini işaret etmektedir. İşlem bazında incelendiğinde:

- **İşlem 2 (İstasyon 1):** 10 puan REBA skoru ile “Yüksek Risk” kategorisinde yer almakta; özellikle gövdenin 20°-60° öne eğilmesi, boynun 20°’den fazla öne eğilmesi ve tek ayak üzerinde durma gibi risk faktörleri belirgindir.
- **İşlem 9 (İstasyon 4):** 12 puan ile “Çok Yüksek Risk” sınıfına girerken, aşırı gövde eğimi (>60°), boyun ve üst kol pozisyonlarındaki kritik açılar, zayıf kavrama koşulları başlıca risk unsurlarıdır.
- **İşlem 12 (İstasyon 5) ve İşlem 15 (İstasyon 7):** Her ikisi de 12 REBA puanı ile “Çok Yüksek Risk”te olup, üst kolun 90°’den fazla kaldırılması ve bilek bükümü gibi zorlayıcı faktörler işçinin sağlığını tehdit etmektedir.

Bu bulgular, klasik montaj hattı dengeleme yaklaşımının sadece işlem sürelerini minimize etmeye odaklandığını, ancak çalışanların maruz kaldığı fiziksel riskleri dikkate almadığını göstermektedir. Bu durum, iş kazaları, meslek hastalıkları ve devamsızlık gibi olumsuz sonuçlara neden olmakta, dolayısıyla üretim hattının uzun vadeli sürdürülebilirliğini ciddi biçimde tehlikeye atmaktadır. Türkiye’de SGK 2020 verilerine göre meslek hastalıklarının %5.7’sinin KİSR kaynaklı olması, bu problemin sektörel önemini pekiştirmektedir.

Klasik model, yalnızca işlem sürelerine odaklanarak mevcut 8 istasyonlu hattı 6 istasyona indirgemeyi başarmış ve %75.9 verimlilikle üretimi optimize etmiştir [Çizelge 4.5, 121]. Bu çevrim süresi 162 saniye olarak hesaplanmış, günlük 280 adet ürün üretim hedefi ile uyumlu hale getirilmiştir. Ancak, modelin ergonomik riskleri göz ardı etmesi nedeniyle REBA skorları halen kritik seviyelerde kalmıştır; maksimum skor 49 olarak saptanmış, bu da işçi sağlığı açısından kabul edilemez bir durumdur.

Ayrıca klasik modelde istasyonlar arası iş yükü dağılımında önemli dengesizlikler bulunmuştur. Özellikle İstasyon 3, 158 saniyelik işlem süresiyle potansiyel darboğaz konumundayken, İstasyon 4, 5 ve 6’nın işlem süreleri 90-104 saniye aralığında seyretmiş, dolayısıyla boşta kalma süreleri ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu dengesizlik, hem çalışanların ergonomik risklerinin artmasına hem de hat verimliliğinin sürdürülebilirliğinin azalmasına yol açmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen ergonomik model, Python ve IBM CPLEX optimizasyon yazılımı kullanılarak tasarlanmış ve hem üretim verimliliği hem de çalışan sağlığı hedeflerini eşzamanlı olarak optimize eden çok amaçlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Ergonomik kısıtların entegrasyonu sayesinde, model mevcut 8 istasyonlu yapı yerine 9 istasyonlu bir montaj hattı tasarımını önermiştir. Bu artış, hat üzerindeki iş yükünün daha homojen dağılımını sağlamış ve darboğazları önemli ölçüde azaltmıştır.

Ergonomik modelin başlıca performans göstergeleri aşağıdaki gibidir:

- Maksimum REBA skoru 24 seviyesine indirilmiş, ortalama REBA skoru ise 20.4 olarak hesaplanmıştır. Bu skorlar, “Orta” ve “Yüksek” risk kategorilerinin altında kalmakta ve “Çok Yüksek Risk” (11-15) sınırlarının oldukça altında seyretmektedir.
- En yüksek işlem süresine sahip 8. istasyondaki REBA skoru 19 ile ergonomik dengelemenin başarıyla sağlandığını göstermektedir.
- İş gücü açısından 1 kişi artışla 9 operatörlü yeni hat yapısı, fiziksel yükün ve tekrarlayan zorlayıcı hareketlerin azaltılması ile iş kazası ve devamsızlık risklerini minimize etmektedir. Bu artış, maliyet değil, stratejik bir yatırım olarak değerlendirilebilir.
- Modelin toplam verimliliği %50.6 olarak belirlenmiştir. Kısa vadede verimlilikte düşüş yaşanmasına rağmen, uzun vadede iş gücü sağlığının korunması ve devamsızlıkların azalması ile toplam üretkenliğe olumlu yansıyacak bir yapı kurulmuştur.

Modelin dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla farklı üretim talebi artışlarını içeren senaryolar (%5, %10, %15, %20) test edilmiştir. Bu senaryolar kapsamında hem REBA skorları hem de çevrim süreleri izlenmiştir. Ergonomik model tüm senaryolarda REBA skorlarını 20.4 ortalama ve 24 maksimum değerlerde tutmayı başarmıştır. Hiçbir durumda kritik risk sınırları aşılmamıştır.

Özellikle %20 talep artışı senaryosunda yeni iş atamaları yapılmasına rağmen, modelin hem ergonomik dengeyi koruması hem de üretim sürecinin sürekliliğini sağlaması, modelin esnekliği ve ölçeklenebilirliğini göstermektedir. Buna karşılık, klasik modelde üretim talebi arttıkça REBA skorları 39-49 aralığında kritik risk seviyelerine yükselmiş, işçi sağlığı açısından sürdürülebilir olmayan sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Elde edilen bulgular, çalışma başlangıcında belirlenen hipotezleri güçlü biçimde desteklemektedir. Ergonomik risk faktörlerini dikkate alan montaj hattı dengeleme modelinin, üretim süresini minimize etmeye odaklanan klasik modellere kıyasla iş gücü sağlığını iyileştirdiği ve üretim verimliliğini uzun vadede sürdürülebilir biçimde artırdığı doğrulanmıştır.

Ayrıca klasik modelin, kısa vadede yüksek üretim verimliliği sağlarken, ergonomik riskleri göz ardı etmesi nedeniyle işçi sağlığı problemleri, iş kazaları ve devamsızlık gibi ek maliyetlere yol açarak üretim hattının sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği net biçimde ortaya konmuştur.

Çalışmanın en kritik çıktılarından biri, Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları riskinin etkin biçimde azaltılmasıdır. Ergonomik olarak iyileştirilen hat yapısı, iş gücü motivasyonu ve performansını artırmakta; iş kazaları ve devamsızlıkların azaltılması yoluyla işletme maliyetlerinde uzun vadeli azalmalar sağlamaktadır. Bu, özellikle yoğun manuel operasyon içeren otomotiv montaj hatlarında sürdürülebilir üretim ve iş gücü sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bu tez çalışması otomotiv sektöründe montaj hattı tasarımına ergonomik bakış açısını bilimsel olarak entegre ederek, Endüstri Mühendisliği alanına değerli bir matematiksel model kazandırmıştır. Firmalara ergonomik optimizasyonun önemini uygulamalı olarak göstererek, hem akademik hem de sektörel pratikte yol gösterici niteliktedir.

6. Tartışma

Çalışmanın sonuçları, REBA endeksine dayalı ergonomik dengelemenin, klasik hat dengeleme yaklaşımlarına kıyasla iş gücü sağlığını ve sistem sürdürülebilirliğini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Özellikle yüksek riskli işlemlerin daha düşük riskli istasyonlara dengeli şekilde dağıtılması, çalışanların maruz kaldığı fiziksel yükü azaltmış ve ergonomik dağılımı iyileştirmiştir.

Bu model sayesinde, kısa vadede küçük üretkenlik kayıpları gözlemlense de uzun vadede daha az devamsızlık, daha az iş kazası ve daha yüksek iş gücü srekliiliği beklenmektedir. Duyarlılık analizleri ise modelin hem esnek hem de güvenilir olduğunu doğrulamıştır.

neriler

1. **Modelin Uygulanması:** REBA tabanlı ergonomik model, mevcut montaj hatlarına entegre edilerek sürdürülebilir üretim sağlanmalıdır.
2. **Eğitim ve Farkındalık:** Operatörlere ergonomik farkındalık eğitimi verilmeli, riskli işlemler için dönüşümlü görev planlamaları yapılmalıdır.
3. **Sürekli İzleme:** REBA gibi yöntemlerle düzenli ergonomik analizler yapılmalı, sistemler dinamik olarak yeniden yapılandırılmalıdır.
4. **Gelecek alışmalar:** Ergonomik modellerde biyomekanik analiz, yorgunluk indeksleri veya yapay zekâ destekli sensör verilerinin de entegrasyonu önerilmektedir.

Kaynakça

- Baykasoglu, A., Tasan, S. O., Tasan, A. S., & Akyol, S. (2016).** MODELİNG AND SOLVİNG ASSEMBLY LİNE DESİGN PROBLEMS BY CONSIDERİNG HUMAN FACTORS WITH A REAL-LİFE APPLİCATION. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, sf 3, 96–115. <https://doi.org/10.1002/hfm.20695>
- Cheshmehgaz, H. R., Haron, H., Kazemipour, F., & Desa, M. H. (2012).** ACCUMULATED RİSK OF BODY POSTURES İN ASSEMBLY LİNE BALANCİNG PROBLEM AND MODELİNG THROUGH A MULTİ-CRİTERİA FUZZY-GENETİC ALGORİTHM. Computers & Industrial Engineering, sf 3, 503–512. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.05.008>

- Efe, B.** (2013). YAŞA VE CİNSİYETE BAĞLI FİZİKSEL İŞ YÜKÜ KAPASİTESİ VE İŞLEM ZAMANI TEMELLİ MONTAJ HATTI ÇALIŞAN ATAMA VE DENGELEME PROBLEMİ (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü),sf 1.
- Güner, B., & Hasgöl, S.** (2012). SÜRDÜRÜLEBİLİR DENGİ İÇİN ERGONOMİK FAKTÖRLERİ İÇEREN U-TİPİ MONTAJ HATTI DENGELMESİ. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, sf 3, 407–415.
- Koç, S., & Testik, Ö. M.** (2016). MOBİLYA SEKTÖRÜNDE YAŞANAN KAS-İSKELET SİSTEMİ RİSKLERİNİN FARKLI DEĞERLENDİRME METOTLARI İLE İNCELENMESİ VE MİNİMİZASYONU. *Endüstri Mühendisliği*, 27(2), 2-27.
- Otto, A., & Scholl, A.** (2011). INCORPORATING ERGONOMİC RİSKS İNTO ASSEMBLY LİNE BALANCİNG. *European Journal of Operational Research*, 212(2), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.01.032>
- Özgörmüş, E.** (2007). ERGONOMİK KOŞULLAR ALTINDA MONTAJ HATTI DENGELEME (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), sf 5.
- Polat, O., Mutlu, Ö., & Özgörmüş, E.** (2018). A MATHEMATİCAL MODEL FOR ASSEMBLY LİNE BALANCİNG PROBLEM TYPE 2 UNDER ERGONOMİC WORKLOAD CONSTRAİNT. *The Ergonomics Open Journal*, sf 3, 1–11.
- Şahin, B. N., & Kahya, E.** (2018). HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ İLE ERGONOMİK KISITLAR ALTINDA MONTAJ HATTI DENGELMESİ. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, sf 3, 188–196.
- Xu, Z., Ko, J., Cochran, D. J., & Jung, M. C.** (2012). DESİGN OF ASSEMBLY LİNES WİTH THE CONCURRENT CONSIDERATION OF PRODUCTİVİTY AND UPPER EXTREMİTY MUSCULOSKELETAL DİSORDERS USİNG LİNEAR MODELS. *Computers & Industrial Engineering*, sf 2, 431-441.
- Hita-Gutiérrez, M., Gómez-Galán, M., Díaz-Pérez, M., & Callejón-Ferre, Á.-J.** (2020). AN OVERVIEW OF REBA METHOD APPLİCATIONS İN THE WORLD. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2635. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082635>
- Zhang, J., & Beck, J. C.** (2024). DOMAIN-İNDEPENDENT DYNAMİC PROGRAMMING AND CONSTRAİNT PROGRAMMING APPROACHES FOR ASSEMBLY LİNE BALANCİNG PROBLEMS WİTH SETUPS. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.06780>

ÇOK DEPOLU ESNEK ÇOK KOMPARTIMANLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

Arş. Gör., Ozan İbrahim Ethem BAĞRIYANIK

Düzce Üniversitesi, ozanbagriyanik@duzce.edu.tr - 0009-0001-4569-4646

Prof. Dr. İsmail KARAOĞLAN

Konya Teknik Üniversitesi, ikaraoglan@ktun.edu.tr - 0000-0002-6023-6918

ÖZET

Taşıma maliyetlerinin satış gelirinin %30'una kadar ulaşabildiği günümüzde, verimli ulaşım ve dağıtım sistemleri ulusal ekonomiler için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, çevresel konularda artan toplumsal bilinç, tedarikçileri daha düşük karbon ayak izine sahip lojistik çözümler benimsemeye yönlendirmektedir. E-ticaretin yaygınlaşmasıyla birlikte, müşteri taleplerindeki çeşitlilik ve düşük hacimli, sık sipariş eğilimleri de dağıtım sistemlerinin esnekliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu ihtiyaçlardan doğan Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi (ÇKARP), taşıma araçlarının farklı ürünleri aynı anda ve karışmadan taşımaya olanak tanıyarak lojistik süreçlerin daha verimli ve ekonomik yönetilmesini sağlamaktadır. Literatürde genellikle tek depolu yapılarla ele alınan bu problem, bu çalışmada ilk kez esnek kompartıman büyüklükleri ve birden fazla deponun yer aldığı daha gerçekçi bir yapıya, yani Çok Depolu Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi biçiminde genişletilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen matematiksel model ile toplam taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmış ve oluşturulan test problemleri üzerinde bu yeni problem yapısının lojistik operasyonlara sağlayabileceği katkılar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi, Matematiksel Model

ABSTRACT

Today, when transportation costs can reach up to 30% of sales revenue, efficient transportation and distribution systems are critical to national economies. Furthermore, increasing public awareness of environmental issues is driving suppliers to adopt logistics solutions with a lower carbon footprint. With the proliferation of e-commerce, the diversity of customer demands and the tendency for low-volume, frequent orders are also highlighting the flexibility of distribution systems. The Multi-Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP), which emerged from these needs, enables transportation vehicles to transport different products simultaneously and without interference, enabling more efficient and economical management of logistics processes. This problem, generally addressed with single-depot structures in the literature, is

expanded for the first time in this study to a more realistic structure with flexible compartment sizes and multiple depot, namely the Multi-Depot Multi-Compartment Vehicle Routing Problem. The mathematical model developed in this context aims to minimize total transportation costs, and the potential contributions of this new problem structure to logistics operations are evaluated through the generated test problems.

Keywords: Logistics, Multi-Compartment Vehicle Routing Problem, Mathematical Model

1. GİRİŞ

Taşıma maliyetlerinin genellikle satıştan elde edilen tutarın %30'una kadar ulaşabildiği günümüz şartlarında, verimli ulaşım ve dağıtım ağı, her ülke ekonomisinin temel bir bileşenini oluşturur (Kıymetli Şen, 2014). Ayrıca ekonomik nedenlere ek olarak çevresel konulardaki artan bilinç ile tedarikçiler hali hazırda yürütmekte oldukları faaliyetlerini daha düşük karbon ayak izine sahip olacak şekilde güncellemek zorunda kalmaktadırlar.

E-ticaretin giderek yaygınlaşmasının da etkisiyle müşterilerin siparişlerinin daha düşük miktarlarda daha sık sipariş verme ve farklı çeşit ürünlere olan taleplerinin tek seferde karşılanmasına yönelik taleplerinin arttığı gözlenmektedir. Tüm bu değişimler ele alındığında tedarikçilerin daha yoğun rekabet şartlarında faaliyetlerini sürdürmeleri için yürüttükleri faaliyetleri daha etkin ve verimli olarak gerçekleştirmek adına yeni yöntemler geliştirdikleri görülmektedir. Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi (ÇKARP) bu arayışın sonucunda ortaya çıkmıştır. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin uzantısı ve daha karmaşık olan, literatürde ÇKARP olarak ifade edilen bu problem son yıllarda araştırmacıların ve uygulayıcıların ilgisini çekmektedir.

Navlun taşımacılığında bazı ürünlerin sahip oldukları özelliklerden ötürü diğer ürünlerden ayrı taşınması gerekmektedir. Özel taşıma ihtiyacına sahip ürünlerin taşınmasında, bu ürünleri müşterilere ulaştırmak için bu ürüne uygun büyük kapasiteli araçlar ile taşınmasını gerçekleştirmek yerine bir aracın depolama alanını farklı taşıma ihtiyacı olan ürünleri taşıyabilecek biçimde düzenlenmesi ile farklı taşıma ihtiyacı olan ürünlerin tek araçla müşterilere teslimat yapılabilir. Akaryakıt taşımacılığında farklı ürünlerin (benzini, motorin, fueloil, vb.) birbiri ile karışmasını engellemek için tankerlerin iç kısımlarının bölümlendirilmesi buna örnek verilebilir. Yapılan çalışmalar ÇKARP ile daha esnek ve daha düşük maliyetli rotaların oluşturulabileceğini açıkça göstermektedir (Ostermeier ve ark., 2021).

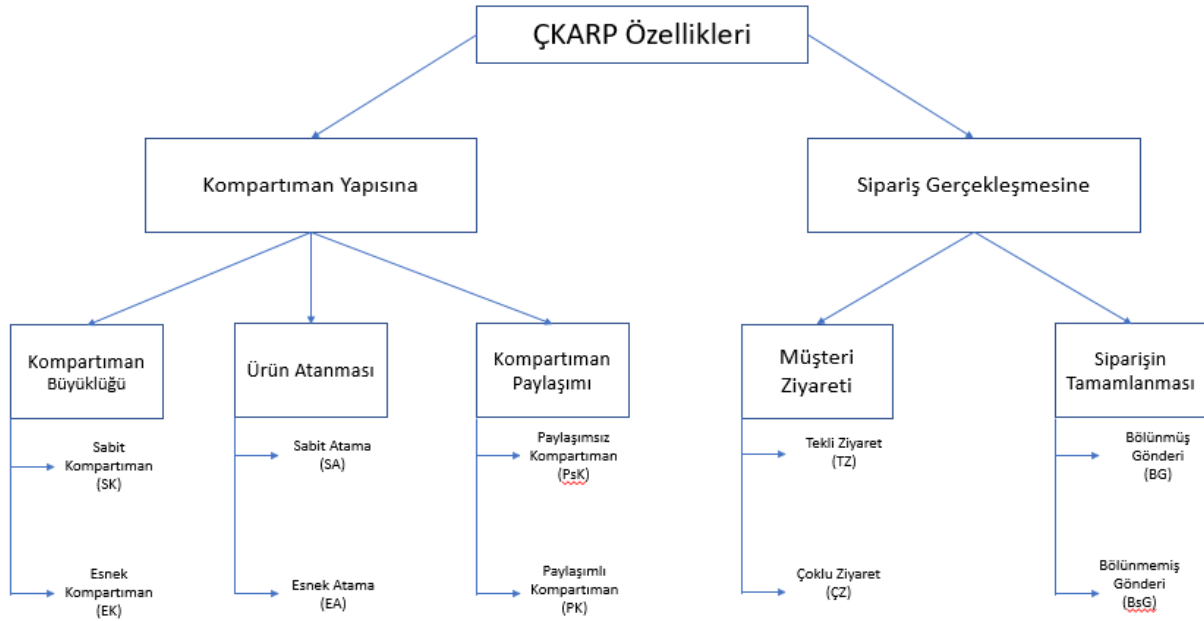
Literatür incelemesinde ÇKARP'nin ilk olarak 1981 yılında Brown & Graves tarafından akaryakıt ikmal problemi olarak çalışılmıştır. Yapılan sınıflandırma çalışmalarında ise bu problemi ya Zengin Araç Rotalama Probleminin bir uzantısı olarak ya da akaryakıt ikmal problemini kapsayacak şekilde ele alınmıştır. Bu problem üzerine ilk kez kapsamlı bir sınıflandırma ve topoloji çalışması 2021 yılında Ostermeier ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada ÇKARP'nin ARP'den farkları ortaya konulmuştur. Bu çalışmada da problem yapısı ve özellikleri bu sınıflandırma kullanılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

Literatür incelemesinde yapılan çalışmalarda problemin karmaşıklık düzeyinden ötürü yapılan çalışmalarda genellikle tek bir ana depodan dağıtımı ele aldığı görülmüştür. Ekonomik anlamda da ciddi iyileştirmelerin sağlandığı ÇKARP problemlerinde çok sayıda deponun ele alınacağı çalışmaların hem ekonomik hem de bilimsel değer taşıyacağı aşikârdır. Bu nedenle, bu çalışmada pratik hayata daha uygun olacak ve literatürde henüz incelenmemiş olan, esnek kompartıman büyüklüğüne sahip Çok Depolu Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi (ÇDÇKARP) ele alınmıştır. Ele alınan problemde, farklı konumlarda yer alan birden fazla depo ve müşteriler yer almaktadır. Bir müşterinin birden fazla farklı taşıma ihtiyacına sahip ürüne negatif olmayan talebi bulunmaktadır. Müşterilerin talepleri bir depodan tek araç ile tek seferde karşılanacaktır. Bu kısıtlamalar altında amaç toplam taşıma maliyetinin en küçüklenmesidir.

1.1.Literatür İncelemesi

ÇKARP üzerinde yapılan çalışmalara yönelik yapılan literatür incelemesinde ilk çalışma 1981 yılında (Brown & Graves) tarafından akaryakıt ikmal problemi için ele alınmıştır. Çalışmalarında, bir araç bir turda yalnızca bir müşteriye uğrayacağından rotalama kararlarını dikkate almamıştır. Ele aldıkları problemde zaman penceresi, heterojen araç filosu, çoklu depo ve teknik ulaşım kısıtlarını dikkate almışlardır. Ayrıca bazı ürünler için özel bölmelere atama kısıtı ve araç tam kapasite yüklenmediyse değişik yükleme desenine göre yükleme yapılmasını da dikkate almışlardır. Taşıma ve periyotlardaki süre dalgalanmalarından kaynaklı ceza maliyetini en küçüklemeyi amaçlamışlardır.

Bu zamana kadar olan sınıflandırma çalışmalarda ÇKARP, ilk olarak (Lahyani ve ark., 2015) tarafından yapılan sınıflandırma çalışmasında araç yapısı başlığı altında Zengin Araç Rotalama Problemi (ZARP) uzantısı olarak ele alınmıştır. Yine aynı dönemde (Coelho & Laporte, 2015) akaryakıt dağıtım problemini ele alan bir sınıflandırma yapmışlardır. Fakat yukarıda bahsedilen literatür çalışmaları kapsamlı bir sınıflandırma çalışması içermemektedir. ÇKARP üzerine ilk kez kapsamlı bir topoloji çalışması ve literatür incelemesi (Ostermeier ve ark., 2021) tarafından yapılmıştır. ÇKARP'nin ARP'den farklı özelliklerini ortaya koymuşlardır, bu özellikler Görsel 1.'de gösterilmektedir



Görsel 1. ÇKARP Özellikleri. (Ostermeier ve ark., 2021)

Kompartıman Yapısına Bağlı Özellikler

Kompartıman sayısı- büyüklüğü değişip değişmemesine, atamaların ürün tiplerine bağlı olup olmamasına ve kompartımanların birden fazla müşteriye hizmet edip etmemesine bağlı değişen özellikleridir.

Kompartıman Büyüklüğü: Esnek Kompartıman (EK), kompartımanların sayısının ve/veya büyüklüklerinin değişken olması durumudur. Eğer kompartımanların büyüklükleri/sayısı her tur için önceden değiştirilemiyor ise bu durumda Sabit Kompartıman (SK) olması söz konusudur.

Ürün Atanması: Ürünler kompartımanlara atanması esnasında herhangi bir kısıtlama yoksa, ilk turda bir kompartımana A ürün çeşidi atanırken, ikinci turda B ürün çeşidi atanabiliyor ise buna Esnek Atama (EA) denir. Bir ürün çeşidi yalnızca önceden belirlenmiş bir kompartımana atanması gerekiyor ise buna da Sabit Atama (SA) denir.

Kompartıman Paylaşımı: Kompartımanlara yalnızca bir müşteriye ait bir çeşit ürün atanabiliyorsa kompartımanın büyüklüğü bir başka müşteri siparişi ile paylaşılmadığı için Paylaşımsız Kompartıman (PsK), eğer kompartımana rotada yer alan diğer müşterilerinde aynı tür ürünleri yüklenebiliyor ise Paylaşımlı Kompartıman (PK) olması durumu söz konusudur.

Sipariş Gerçekleşmesine Bağlı Özellikler

Müşterilerden gelen siparişlerin ürün türüne göre tek bir araçla ya da birden fazla araçla karşılanması ve bir çeşit ürünün tek sefer mi birden fazla seferde mi gerçekleşeceğine bağlı özellikleridir.

Müşteri Ziyaret Sayısı: Rota üzerindeki bir müşterinin birden fazla çeşit ürün siparişi mevcuttur ve bu siparişlerin en az bir çeşidi farklı bir araç tarafından teslim ediliyorsa Çoklu Ziyaret (ÇZ),

ürünleri tek seferde tek bir araç teslim edilmesi gerekiyorsa Tekli Ziyaret (TZ) durumu söz konusudur.

Sipariş Tamamlanması: Müşteri ziyaret sayısında müşterilerin farklı ürün tiplerine olan talepleri farklı araçlar tarafından da olsa tek seferde karşılanmaktadır. Burada farklı olarak bir müşterinin bir ürün çeşidine olan talebi birden fazla araç tarafından karşılanabilmektedir. Bu durumda Bölünmüş Gönderi (BG), tek araç tarafından karşılanması durumunda Bölünmemiş Gönderi (BsG) durumu söz konusudur.

Problem Türleri

Yapılan incelemede farklı problem türlerinin olmasından dolayı ÇKARP özelliklerinin problem türlerine göre nasıl olduğunu açıklamaya çalışmışlardır. Buradan yola çıkarak problem türleri kısaca özetlenmiştir.

Akaryakıt İkmal Problemleri: Bu problem türü ÇKARP'nin ilk uygulamalarının görüldüğü alandır. Yapısı gereği bir kompartıman(tankerde) yalnızca bir müşteriye ait sipariş bulundurulur bu sebeple kompartıman paylaşımı (PK) söz konusu değildir. Fakat bazı çalışmalarda debimetre cihazı eklenerek kompartıman paylaşımına izin verilmiştir. Araçların kompartıman büyüklükleri değişmediğinden sabit kompartıman mevcuttur (SK). Çalışmaların büyük çoğunluğunda ürünlerin kompartımanlara atanmasında kısıt olmadığından esnek atama (EA) özelliğine sahiptirler. Müşterilerin talepleri tek sefer de (BsG) ve tek araç tarafından (TZ) gerçekleştirilir.

En ilk örnek olan Brown ve Graves'in çalışmasından sonra (Brown ve ark., 1987) benzer bir problemin her turda birden fazla müşteri ziyaret edilmesine izin verildiği durumu ele almışlardır. (Avella ve ark., 2004) heterojen araç filosu ve kompartımanların paylaşımsız olduğu bir ÇKARP problemi ele almışlardır. Ayrıca araçların çoklu kullanımını ele almıştır. (Ng ve ark., 2008) heterojen araç filosunun her turda üç müşteriye ziyaret gerçekleştirdiği bir ÇKARP problemini ele almışlardır. Çok amaçlı bir problem yapısı ele almışlardır. (Cornillier ve ark., 2008) her bir müşterinin hangi araçtan hizmet alacağı önceden belirli olan ve müşteri taleplerinin araçlara buna göre atandığı bir tanker yükleme problemi ele almışlardır (Örneğin, bazı müşterilerin yükleme/boşaltma alanlarına yanaşabilecek alanın kısıtlı olması durumudur). (Cornillier ve ark., 2012) bir önceki çalışmaya ek olarak çoklu depo olması durumunu ele almışlardır. Çözüm için ilk adımda tüm uygulanabilir turların belirlendiği ve ikinci adımda matematiksel bir model aracılığıyla bu turların bir alt kümesinin seçildiği kesin bir yöntem önermişlerdir. (Coelho & Laporte, 2015) çalışmalarında akaryakıt taşımacılığında dört farklı problemi ele almışlardır. Bu problemler kompartımanların paylaşımlı-paylaşımsız olması ve gönderilerin bölünebilmesi veya bölünememesinin kombinasyonlarından elde edilmiştir.

Atık Toplama Problemleri: Geri dönüşüm esnasında ürünleri ayrıştırılması ek maliyete sebep olduğundan farklı türdeki ürünler karışmayacak şekilde toplanmalıdır. Atık toplamada Çok Kompartımanlı araçların kullanılması 2010 yılında başlamıştır. Bu problemlerde çoğunlukla ürünlerin kompartımanlara atanması kısıtı (ürünlerin farklı sıkıştırma değerlerine sahip kompartımanlara atanması söz konusudur) olduğundan esnek atamadan söz edilemez yani SA şeklindedir. Kompartımanlar ürünlere göre özelleştirildiğinden ayrıca kompartıman büyüklükleri ve sayısı sabittir (SK). Çoğu çalışmada müşterilerin birden fazla ziyaret

edilebilmesi (ÇZ) mümkündür. Bütün çalışmalarda bir ürün türü için müşteri taleplerinin tek seferde gerçekleştirilmesi (BsG).

(Koch ve ark., 2016) çalışmalarında kompartımanların büyüklüklerinin sürekli esnek olduğu durumu incelemişlerdir. (Henke ve ark., 2019) çalışmalarında ise aynı problemi ele alıp çözüm için dal-kesme metodu geliştirmişlerdir. (Rabbani ve ark., 2016) çalışmalarında kullanılacak araçların bir kısmının kiralandığı durumu ele almışlardır. Bu problemde sahip olunan araçların tur sonunda depoya dönmesi gerekirken kiralık araçların depoya geri gelmesi gerekmemektedir. (Rabbani ve ark.) çalışmalarında kullanılacak araçların bir kısmının kiralandığı durumu ele almışlardır. Bu problemde sahip olunan araçların tur sonunda depoya dönmesi gerekirken kiralık araçların depoya geri gelmesi gerekmemektedir. İlk kez atık toplama alanında çoklu periyot ÇKARP (Elbek & Wohlk, 2016) tarafından ele alınmıştır. Bu problemde iki tip atık (cam- kâğıt) mevcuttur, her araç bu sebeple iki kompartımana sahiptir. Toplanan atıklar önce ara depoya getirilir ve burada atık kâğıt kompartımanı tamamen boşaltılabilirken cam atık kompartımanı tamamen dolu ise boş olan yenisi ile değiştirilir. Ara depoda bulunan atıklar daha sonra geri dönüşüm tesislerine taşınması gerekmektedir. Değişken taşıma maliyetleri ve boşaltma maliyetlerinin dikkate alındığı maliyet fonksiyonunun en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. (Erdem, 2022) çalışmasında elektrikli araçların kullanıldığı atık toplama problemi için çok kompartımanlı ve çoklu depo yaklaşımını ele almıştır. Heterojen araç filosunu ve zaman penceresini dikkate alan yaklaşımda probleme sezgisel bir çözüm önermiştir.

Tarımsal Ürün Topla/Dağıt Problemleri: Tarımsal Ürün Topla/dağıt problemleri süt, zeytinyağı, canlı hayvan toplanması veya dağıtılmasını gibi konuları kapsamaktadır. Problemlerin çoğunluğunda kullanılan kompartımanlar büyüklükleri ve sayıları sabittir (SA) fakat kompartımanlara ürün atanması esnektir (EA) ve kompartıman paylaşımı mümkündür (PK). Müşteri taleplerinin bölünmesine izin verilmez (BsG) ve müşteriler yalnız bir kere ziyaret edilebilir (TZ).

(Oppen & Lokketangen, 2008), canlı hayvan toplamanın yapıldığı heterojen araç filosunun olduğu problemi ele almışlardır. Periyotlar ve mevsimsel dönemler ve depo(kesimhane) üretim kapasitesine ve stok miktarına da bağlıdır. Kompartıman sayısı toplanacak ürün türüne ve rotaya bağlıdır. (Caramia & Guerriero, 2010), çiftliklerden süt toplanması problemi incelemişlerdir. Kamyon ve treyler rotalama probleminin özelliklerini içeren bir problem ele alınmıştır. Her bir tur için süre kısıtlaması olan araçlar, ana turda herhangi bir erişim kısıtlaması olmayan bütün müşterileri ziyaret edebilirken, treylerin olmadığı alt turlarda erişim kısıtı olan müşterilere yalnızca kamyonlar tarafından hizmet verilir. (Sethanan & Pitakaso, 2016), çalışmalarında uzaklık kısıtlı heterojen araç filosuna sahip ÇKARP problemi ele almışlardır. Bu problemde kompartımanlara yeniden yükleme yapılmadan önce kompartımanların temizlenmesi gerekmektedir. Amaç fonksiyonunda bu temizlik maliyetleri de dikkate alınmıştır. (Polat & Topaloglu, 2022), çalışmalarında gönderilerin bölünmesine izin verildiği talep, hizmet süresi ve araçların hızlarının belirsiz olduğu farklı tipte sütlerin toplanmasını içeren ÇKARP'yi ele almışlardır. (Erdem, 2023)yaptığı çalışmada süt toplama problemini ele almıştır. Elektrikli araçların kullanıldığı, zaman pencereli, çoklu depo, çoklu kompartıman ve

bölünebilir gönderi (split delivery) durumları ile elektrikli araçların kullanımından ortaya çıkan çoklu şarj seçeneği durumlarını ele almıştır.

Deniz Taşımacılığı Problemleri: Deniz taşımacılığında çok kompartımanlı yaklaşım oldukça yaygındır. Bu problemler çoğunlukla sıvı kimyasalların ve petrolün tankerlerle taşınmasını kapsamaktadır. Kompartıman büyüklüğü ve sayısı akaryakıt dağıtım problemlerinde olduğu gibi sabittir (SK) fakat kompartımanlar paylaşımlı (PK) kullanılabilir. Kompartımanlara atama esnek şekilde gerçekleştirilebildiği durumlar (tekrar dolum öncesi temizlenme ile) (EA) mümkündür. Problemlerin çoğunda siparişler bölünemez (BsG) ama çoklu müşteri ziyaretleri (ÇZ) mümkündür.

(Bausch ve ark., 1998), literatürde ilk kez deniz taşımacılığı konusunda çok kompartımanlı yaklaşımı kullanarak araştırma yapan kişilerdir. Farklı gemilerden oluşan bir filo ile sıvı ürünlerin en düşük maliyetle ulaştırılmasını sağlayacak çizelgeyi oluşturmayı amaçlamışlardır. (Fagerholt & Christiansen, 2000) mineral gübrelerin dağıtımı konusunda örnek bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Heterojen bir filo ile topla- dağıt probleminin formülasyonunu oluşturmuşlardır. (Kobayashi & Kubo, 2010) çalışmalarında (Fagerholt & Christiansen) çalışmasına benzer yapıda olan petrol dağıtım problemini incelediler. Farklı olarak çoklu zaman penceresine sahip topla-besle (pick up and supply) için bir ayrıştırma yaklaşımı önerdiler.

Market Ürünleri Dağıtım Problemleri: Son yıllarda market ürünlerinin dağıtımını konusu oldukça ilgi çekici hale gelmiştir. Market ürünleri farklı ortam sıcaklıklarında depolanması ve taşınması gereken ürünlerin dağıtımını kapsamaktadır. Problemlerin genel yapısı itibari ile kompartıman paylaşımı (PK) mümkündür fakat siparişler bölünemez (BsG). Çalışmaların büyük çoğunluğunda kompartıman büyüklüğü ve sayısı değişebilir (EK) (bu ayarlanabilir kabin duvarları ya da özel kutular ile sağlanır). Ürünlerin kompartımanlara atanması çoğunlukla esnek değildir (SA).

(Chajakis & Guignard, 2003), üç ürün tipi olan market tedariki için ÇKARP'yi incelemişlerdir. İlk problem türü ortam ısısında ürün taşıyan tek kompartımanlı araca denk gelmektedir. Fakat dondurulmuş ve soğutulmuş ürünler için özel kutular kullanılarak bölmeler eklenebilir. İkinci problem türünde kompartımanları ayıran bölmeler mevcuttur. Ayrıca soğutulmuş ürünler yine özel kutular ile bu alana da konulabilir. Her iki problem türünde araçların yükleme kısıtları ve ağırlık kısıtları dikkate alınır. Soğutma maliyetleri amaç fonksiyonunda yer almaktadır. (Hsiao ve ark., 2017) hem kompartıman büyüklüklerinin hem de ısılarının esnek olarak ayarlanabildiği bir market dağıtım problemini ele almışlardır. Sıcaklığın ve saklama süresinin ürünlerin üzerine olan etkisinden dolayı müşterilerin taleplerinde dalgalanmaya sebep olabilir. Seyahat süresine bağlı ücretleri, mesafeye bağlı yakıt ücretlerini, depolama ve soğutma maliyetlerini, seyahat süresine bağlı emisyon maliyetlerini, karşılanamayan talebin maliyetini ve ürünlerde yaşanan bozulmaların maliyetlerini bulunduran bir kapsamlı maliyet fonksiyonu tanımlamışlardır. (Ostermeier & Hübner, 2018) çalışmalarında ise tekli kompartıman ve çoklu kompartıman araçların kullanıldığı en uygun araç karmasının tüm senaryolar için üstün olduğunu göstermişlerdir. (Ostermeier ve ark., 2018), çok kompartımanlı araçlar için yükleme kısıtlarının önemini incelemişlerdir. Küçük boyutlu problemler için bile önem arz ettiğini basit değişikliklerle çözülebileceğini göstermişlerdir. (Hübner & Ostermeier, 2019) yükleme ve boşaltma maliyetlerinin ÇKARP üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Rotalama kararları için

yükleme, boşaltma ve taşıma maliyetlerini dikkate alan Genişletilmiş Komşuluk Arama Sezgiseline (GKA) dayalı bir çözüm yöntemi önermişlerdir. (Martins ve ark., 2019) literatürde ilk kez çok periyotlu yaklaşımı market dağıtım problemleri için ele aldılar. Zaman penceresi ürünlere bağımlıdır, bu da bir periyot içerisinde aynı çeşit ürünlerin dağıtılması gerektiğini ifade eder. Zamanında teslim edilmeyen ürünler için bir ceza fonksiyonu mevcuttur. (Frank ve ark., 2021) periyodik ÇKARP problemi ele almışlardır. Gönderim desenini oluşturmak için Alternatif Genişletilmiş Komşuluk Arama Sezgiseli (AGKA) ve uygun rotayı belirlemek için GKA sezgisellerini kullanarak çözüm üretilmiştir. Eş zamanlı olarak (1) en uygun gönderi sıklığını ve miktarını her bir ürün grubu ve her bir müşteri için belirlemek, (2) Çok kompartımanlı araçları kullanarak en düşük maliyetli rotayı oluşturmak amaçlanmıştır. Gönderim deseninin oluşturulması ile %15’lik bir tasarrufun elde edildiğini ifade etmişlerdir.

İncelenen çalışmalar ışığında çok kompartımanlı araçlar ile ürün dağıtımı gerçekleştirilmesinin, hem ürünlerin taşıma esnasında zarar görmelerini hem de daha düşük maliyet ile taşınmasını sağladığı aşikârdır. Bu çalışmada ele alınan Çok Depolu Çok Kompartımanlı Araç Rotalama Problemi (ÇDÇKARP) ile olan benzerlikleri ve farklılıkları şu şekildedir;

Akaryakıt Dağıtım Problemlerinde yer alan (Cornillier ve ark., 2012), (Alinaghian ve ark., 2018) ve (Xu ve ark., 2020) tarafından yapılan çalışmalar çoklu depo ve çoklu kompartıman yaklaşımını ele almışlardır fakat bu çalışmalarda problem yapısı gereği *esnek kompartımanların olduğu durum incelenmemiştir.*

Atık Toplama Problemleri arasında en benzer olduğu çalışma (Erdem, 2022) tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışmada ATP genel özelliği sayılabilecek biçimde kompartıman büyüklükleri sabittir, önerilen çalışma bu noktada ayrılmaktadır. *Diğer çalışmalarda çoklu depo yaklaşımı ele alınmamıştır.*

Tarımsal Ürün Topla/Dağıt Problemlerinde yer alan (Erdem, 2023) çalışmasında çok depolu ve çok kompartımanlı araç rotalama problemini ele almış olsa da *problemden kompartıman boyutları tanker kullanılması ve kompartıman paylaşımına izin verilmediği bir durumu ele almıştır.* Bu çalışma bu noktalarda ayrılmaktadır.

Deniz Taşımacılığı Problemlerinde çok kompartımanlı taşımacılık söz konusu olabilmekteyken çoklu deponun olduğu bir yaklaşım görülmemiştir. Kullanılan tankerlerin günümüz teknolojisi ile kapasitelerinin her defasında ayarlanması mümkün olmadığı için esnek kompartıman büyüklüğü söz konusu değildir.

Market Ürünleri Dağıtım Problemlerinde kesikli esnek (discretely flexible) kompartıman büyüklüğü ve hatta sürekli esnek kompartıman (continuously Flexible) büyüklüğü çalışılmıştır. *Yapılan çalışmalarda çoklu depo olması durumu ele alınmamıştır*

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Problemin Matematiksel Modeli

Bu bölümde, ele alınan ÇDÇKARP’nin tanımı yapıldıktan sonra problemin çözümü için geliştirilen matematiksel model verilecektir.

ÇDÇKARP notasyonel olarak şu şekilde tanımlanabilir: $G = (N, A)$ tam bağlı bir şebeke olsun, N tüm düğümlerin kümesini ($N = N_D \cup N_C$), " N_D " depo kümesini, " N_C " müşteri kümesini A düğümler arasındaki hatları tanımlamaktadır.

ÇDÇKARP tanımlanan bu şebeke üzerinde aşağıdaki varsayımlar altında en düşük maliyetli rotaların tespiti problemidir:

- (i). Farklı konumlarda yer alan birden fazla depo ve birden fazla müşteri bulunmaktadır.
- (ii). P adet farklı ürün türü bulunmaktadır, her müşterinin bu ürün türlerine negatif olmayan talepleri söz konusudur. Taleplerin önceden bilindiği varsayılmaktadır.
- (iii). Her bir müşteri birden fazla araçtan hizmet alabilir, fakat müşterinin her bir ürün çeşidi için olan talebi tek seferde karşılanmalıdır. Ele alınan problemde çoklu ziyarete (*multi visit*) izin verilirken, bölünmüş siparişe (*split delivery*) izin verilmemektedir.
- (iv). Depoların kapasitesi müşteri taleplerini karşılayabilmektedir.
- (v). Her araç depodan yola çıkacak ve turun sonunda başladığı depoya dönecektir.
- (vi). Her bir ürün bir birim hacim kaplamaktadır.
- (vii). K adet homojen araçtan oluşan bir araç filosu hizmet verecektir.
- (viii). Her araca atanan müşterilerin her bir ürün çeşidine olan talepleri, o araçta her bir ürün çeşidi için ayrılan kompartımanların kapasitesinden küçük veya eşittir.

q birim kapasiteye sahip araçların yükleme alanları her bir araç için ayrı ayrı daha önceden belirlenmiş olan temel bölme alanı büyüklüğü q_{unit} 'in tam sayı katı olan $\hat{m}$ adet kompartımana ayrılabilir. $\hat{m} \leq |P|$ olduğundan bir aracın yükleme alanı en fazla ürün çeşidi kadar kompartımana ayrılabilir, bir kompartımanın büyüklüğü q_{unit} 'in tam sayı katları şeklindedir. Bu katların kümesi $M = \{1, 2, 3, \dots, m_{max}\}$ olsun, kompartımanın en fazla $m_{max} = \frac{q}{q_{unit}}$ göreli büyüklüğe sahip olacaktır. Örneğin, $P = 3, q = 120 \text{ br}$ ve $q_{unit} = 10 \text{ br}$ olsun, $M_{max} = \frac{120}{10} = 12$, bir aracın bir kompartımanın kapasitesi en fazla $12 * q_{unit}$ olabilir.

Önerilen matematiksel modelde kullanılan problem indeksleri, parametreler, kümeler ve değişkenler aşağıda verilmiştir.

İndeksler, parametreler ve kümeler:

- N :Düğümler ($N_C \cup N_D$)
- N_C :Müşteri düğümleri
- N_D :Depo düğümleri
- P :Ürünler kümesi
- K :Homojen araçlar kümesi
- d_{ip} : i müşterisinin p ürün çeşidine olan talebi ($\forall i \in N_C, \forall p \in P$)
- c_{ij} : i düğümünün j düğüme olan uzaklığı ($\forall i, j \in N$)

- q : Araç kapasitesi
 q_{unit} : Bir aracın kapasitesinin bölünebileceği potansiyel bölme boyutu
 $\hat{m}$: Bir araçta en fazla taşınabilecek ürün çeşidi

Değişkenler

- $x_{ijk} : \begin{cases} 1, & i \text{ düğümünden } j \text{ düğümüne } k \text{ aracı ile gidilirse} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$
 $y_{ipk} : \begin{cases} 1, & i \text{ müşterisinin } p \text{ ürün çeşidine olan talebi } k \text{ aracı ile karşılanırsa (i} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$
 $z_{tkp} : \begin{cases} 1, & k \text{ aracında } p \text{ ürün çeşidi taşınırsa} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$
 z_{kp} : k aracında p ürün çeşidini taşımak için gerekli Q_{unit} alanı
 u_{ik} : Yardımcı değişken ($\forall i \in N_C$)

Amaç Fonksiyonu

$$\min \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} c_{ij} * x_{ijk} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{k \in K} y_{ipk} = 1 \quad \forall i \in N_C, \forall p \in P \quad (2)$$

$$\sum_{p \in P} y_{jpk} \leq |P| * \sum_{i \in N} x_{ijk} \quad \forall j \in N_C, \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{jik} = \sum_{i \in N} x_{ijk} \quad \forall j \in N, \forall k \in K \quad (4)$$

$$d_{ip} * \sum_{i \in N_C} y_{ipk} \leq q_{unit} * z_{kp} \quad \forall p \in P, \forall k \in K \quad (5)$$

$$z_{kp} \leq \left(\frac{Q}{q_{unit}} \right) * z_{tkp} \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (6)$$

$$\sum_{p \in P} z_{tkp} \leq \hat{m} \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$q_{unit} * \sum_{p \in P} z_{kp} \leq Q \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} z_{tkp} \geq 1 \quad \forall p \in P \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N_D} \sum_{j \in N_C} x_{ijk} \geq z_{tkp} \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (10)$$

$$u_{jk} - u_{ik} + \sum_{p \in P} d_{ip} * y_{ipk} \leq Q * (1 - x_{ijk}) \quad \forall i \in N_C, \forall j \in N_C, \forall k \in K \quad (11)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \forall k \in K \quad (12)$$

$$y_{ipk} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N_C, \forall p \in P, \forall k \in K \quad (13)$$

$$z_{tkp} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (14)$$

$$z_{kp} \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad \forall k \in K, \forall p \in P \quad (15)$$

$$u_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in N_C, \forall k \in K \quad (16)$$

- (1) Amaç fonksiyonudur. Toplam rota uzunluğunun en kısa olmasını sağlar.
- (2) Her müşterinin her bir ürün çeşidi bir araçtan karşılanmalıdır.
- (3) Değişkenleri birbirine bağlayan kısıt (Bir j müşterisi p ürün çeşidi için k araçından hizmet alıyor ise k aracının o düğüme herhangi bir i düğümünden gelmesini garanti eder).
- (4) Araç rotalama problemleri için akış denklemi
- (5) k aracının p ürünü tedarik edecek müşterilerin talepleri o kompartımanın toplam kapasitesini aşamaz.
- (6) Değişkenleri birbirine bağlayan kısıt.
- (7) Bir araç, daha önceden belirlenmiş $\hat{m}$ adet kompartıman sayısından fazla ürün çeşidi taşıyamaz.
- (8) k araçında bütün ürün çeşitleri için ayrılan toplan birim alan M_{max} değerinden fazla olamaz
- (9) Eğer p ürün çeşidine olan talep sıfırdan büyük ise o ürün çeşidi en az bir araca atanmış olmasını sağlar.
- (10) Her bir araç için bir p ürünü atanmış ise o araç bir depodan çıkmalıdır.
- (11), Alt tur eleme kısıtı
- (12), (13), (14), (15), (16) işaret kısıtlarıdır.

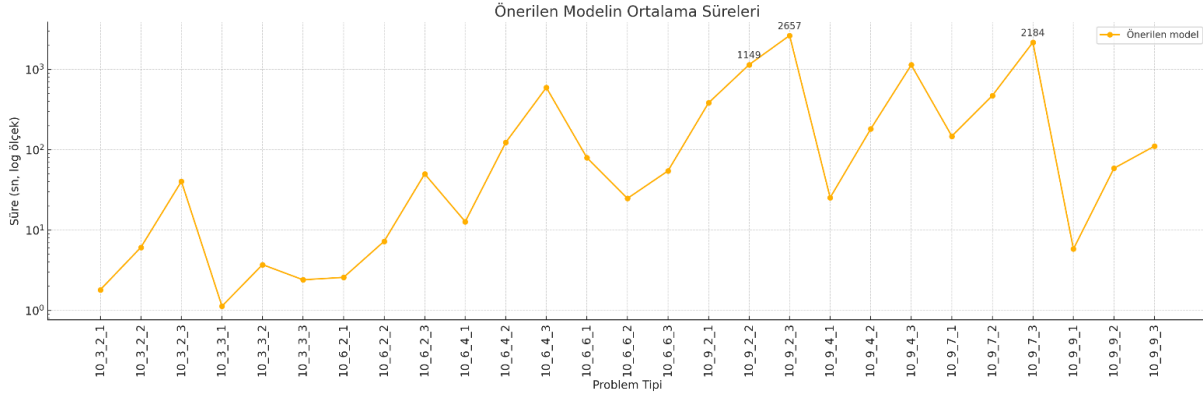
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada önerilen matematiksel model, diğer çalışmalara göre daha genel bir problem türünü çözmeyi amaçlamaktadır. Bu sebeple modelde yapılabilecek bazı değişiklikler ile daha özel olan bir probleme ait veri seti kullanılarak aynı çözümleri elde edip edilemeyeceği üzerinden matematiksel modelin yeterliliği ve çözüm kalitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Henke ve ark., 2015 çalışmalarında kendi ürettikleri veri setinden faydalanılmıştır. Bu çalışmadaki veri setinde, 10 müşterinin yer aldığı, ürün çeşidi, kompartıman sayısı, 3 farklı düzeyde tedarik parametresinin (supply parameter, her müşterinin bu ürün çeşitlerinden kaç tanesine talebi olacağını ifade eder) olduğu 27 farklı problem tipi ve her bir problem türünde 50 farklı problem yer almaktadır.

Henke ve ark., (2015) çalışmasında, optimum sonuçlar veri seti dosyasıyla birlikte paylaşılmış, ancak işlem süreleri her bir problem türü için yalnızca ortalama ve en uzun işlem süresi olarak sunulmuştur. Süreleri karşılaştırılması, her iki modelin aynı cihaz üzerinde çalıştırılması ile elde edilen süreler üzerinden yapılması olası hataların önüne geçeceği açıktır. Fakat, Henke ve arkadaşları (2015), çalışmalarında alt tur eleme için kullandıkları yöntemi açıkça ifade etmedikleri için modellerinin çözümleri elde edilememiştir. Bu sebeple süreleri karşılaştırmak yerine aynı çözümü elde edip etmediği üzerinden bir karşılaştırma yapılabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan tam sayılı programlama çözücüsü, 1 saatlik çalışma süresi ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle, Henke ve ark., (2015) çalışmasında uzun sürelerde çözüm elde edilen bazı problemlerde, çözücü belirtilen süre içinde işlemi tamamlayamadan sonlanmış. Buna rağmen, birçok problemde elde edilen bilinen en iyi tam sayılı çözümler ile Henke ve arkadaşları tarafından bulunan optimum değerler arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. Bu

şartlar altında kullanılan test verisi ile elde edilen ortalama işlem süreleri Görsel 2’de yer alan grafikte görülmektedir.



Görsel 2. Önerilen Modelin Henke ve ark., (2015) Test Problemleri için Ortalama Çözüm Süreleri

Bu çalışma sürecinde, bahsi geçen veri setlerinden hareketle yapılan analizlerde, ürün çeşidi sayısı üç olan problemler için daha iyi sürelerde aynı optimum değerler elde edilmiştir. Ancak, ürün çeşidi sayısı artarken araçlarda daha az kompartıman sayısı olan problemlerde model yine aynı optimum sonuçları sağlamış olsa da çözüm süreleri anlamlı şekilde uzamıştır. Bu durum, ürün çeşidi sayısının artmasının, modelin çözüm performansı üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

Henke ve ark., (2015) çalışmalarında test verilerini nasıl elde ettikleri prosedüre benzer bir prosedür izlenerek 2 depolu problem veri setleri üretilmiştir. 10, 15 ve 20 müşteri için 3, 6 ve 9 ürün çeşidinin yer aldığı 27 problem türünün her birinden 50 örnek olacak şekilde 1350 problem 3600 saniye kısıtı altında önerilen model ile GAMS üzerinde CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1, Çizelge 2. ve Çizelge 3.’de yer almaktadır.

Çizelge 1. 10 Müşteri için Elde Edilen Ortalama Süreler

MÜŞTERİ SAYISI	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ÜRÜN ÇEŞİDİ	3	3	3	6	6	6	9	9	9
KOMPARTIMAN SAYISI	3	3	3	6	6	6	9	9	9
TEDARİK PARAMETRESİ	1	2	3	1	2	3	1	2	3
İŞLEM SÜRESİ (sn)	0.22	0.25	0.31	0.28	0.33	0.32	0.26	0.35	0.36

10 müşterinin olduğu 450 farklı test problemi üretilmiş ve çözülmüştür. Genel çözüm süresi ortalama 0.30 saniyedir. 3 ürün çeşidi için ortalama 0.26 saniyede, 6 ürün çeşidi için 0.31 saniyede ve 9 ürün çeşidi için 0.32 saniyede çözüm üretilmiştir. Çizelge 1. incelendiğinde ürün çeşitlerine olan talepler değişikçe (tedarik parametresi) ve ürün çeşidi sayısı arttıkça ortalama işlem süreleri arttığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 2. 15 Müşteri için Elde Edilen Ortalama Süreler

MÜŞTERİ SAYISI	15	15	15	15	15	15	15	15	15
ÜRÜN ÇEŞİDİ	3	3	3	6	6	6	9	9	9
KOMPARTIMAN SAYISI	3	3	3	6	6	6	9	9	9
TEDARİK PARAMETRESİ	1	2	3	1	2	3	1	2	3

İŞLEM SÜRESİ (sn)	5.40	13.03	9.46	8.43	11.73	49.73	8.52	13.24	28.38
-------------------	------	-------	------	------	-------	-------	------	-------	-------

15 müşterinin olduğu 450 farklı test problemi üretilmiş ve çözülmüştür. Elde edilen çözümler için işlem süresi ortalaması 16.44 saniyedir. 3 ürün çeşidi için ortalama süre 9.29 saniyede, 6 ürün çeşidi için 23.30 saniyede ve 9 ürün çeşidi için 16.71 saniyede çözüm üretilmiştir.

Çizelge 3. 20 Müşteri için Elde Edilen Ortalama Süreler

MÜŞTERİ SAYISI	20	20	20	20	20	20	20	20	20
ÜRÜN ÇEŞİDİ	3	3	3	6	6	6	9	9	9
KOMPARTİMAN SAYISI	3	3	3	6	6	6	9	9	9
TEDARİK PARAMETRESİ	1	2	3	1	2	3	1	2	3
İŞLEM SÜRESİ (sn)	500.28	839.02	500.15	536.75	1408.54	1814.04	515.84	1465.54	2687.22
1 SAAT İÇERİSİNDE OPT. ÇÖZ. ÜRETİLEMEYEN PROB. SAYISI	3	6	2	2	9	22	2	14	21

20 müşterinin olduğu 450 farklı test problemi üretilmiş ve çözülmüştür. Ortalama işlem süresi 1140.82 saniyedir. 3 ürün çeşidi için ortalama işlem süresi 613.15 saniye, 6 ürün çeşidi için 1253,11 saniye ve 9 ürün çeşidi için 1156,2 saniyedir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde müşteri sayıları arttıkça problemi çözmek için gereken sürenin arttığı, hatta belirli süre kısıtı altında çözüm üretilemediği görülmüştür. Problem yapısında yapılan değişiklikler birkaç örnek dışında beklenildiği gibi çözüm süreleri üzerinde artışa sebep olmaktadır.

Esnek kompartıman büyüklüğüne sahip ÇDÇKARP ilk kez ele alınmasından ötürü problem için oluşturulan matematiksel modelde problemin daha temel bir yapıdaki hali ele alınmıştır. Bu problemin yapısının gerçek hayatta karşılaşımla ihtimali daha yüksek olacak yeni varsayımlar, kısıtlar eklenerek incelenmesi önem arz etmektedir. Gelecekte ele alınacak olan problem türleri doğal olarak bu çalışmada ele alınan yapıdan daha karmaşık bir yapıya sahip olacaktır. Bu sebeple çözüm için gerek hazırlanacak yeni matematiksel modele gerekse makul zamanda çözüm üretmek adına meta sezgisel yöntemlerle desteklenmesi yoluyla literatüre katkı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Alinaghian, M., & Shokouhi, N. Multi-depot multi-compartment vehicle routing problem, solved by a hybrid adaptive large neighborhood search. Omega-International Journal of Management Science, 76, 85-99, 2018.

- [2] Avella, P., Boccia, M., & Sforza, A. Solving a fuel delivery problem by heuristic and exact approaches. *European Journal of Operational Research*, 152(1), 170-179, 2004.
- [3] Bausch, D. O., Brown, G. G., & Ronen, D. Scheduling short-term marine transport of bulk products. *Maritime Policy & Management*, 25(4), 335-348, 1998.
- [4] Brown, G. G., Ellis, C. J., Graves, G. W., & Ronen, D. Real-Time, Wide Area Dispatch of Mobil Tank Trucks. *Interfaces*, 17(1), 107-120, 1987.
- [5] Brown, G. G., & Graves, G. W. Real-Time Dispatch of Petroleum Tank Trucks. *Management Science*, 27(1), 19-32, 1981.
- [6] Caramia, M., & Guerriero, F. A Milk Collection Problem with Incompatibility Constraints. *Interfaces*, 40(2), 130-143, 2010.
- [7] Coelho, L. C., & Laporte, G. Classification, models and exact algorithms for multi-compartment delivery problems. *European Journal of Operational Research*, 242(3), 854-864, 2015.
- [8] Cornillier, F., Boctor, F., & Renaud, J. Heuristics for the multi-depot petrol station replenishment problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, 220(2), 361-369, 2012.
- [9] Cornillier, F., Boctor, F. F., Laporte, G., & Renaud, J. (2008). An exact algorithm for the petrol station replenishment problem. *Journal of the Operational Research Society*, 59(5), 607-615, 2008.
- [10] Elbek, M., & Wohlk, S. (2016). A variable neighborhood search for the multi-period collection of recyclable materials. *European Journal of Operational Research*, 249(2), 540-550, 2016.
- [11] Erdem, M. Optimisation of sustainable urban recycling waste collection and routing with heterogeneous electric vehicles. *Sustainable Cities and Society*, 80, 2022.
- [12] Erdem, M. . Optimisation of the electric truck route for milk collection problem: a real case study. *Transportation Letters-the International Journal of Transportation Research*, 15(3), 193-210, 2023.
- [13] Fagerholt, K., & Christiansen, M. A combined ship scheduling and allocation problem. *Journal of the Operational Research Society*, 51(7), 834-842, 2000.
- [14] Frank, M., Ostermeier, M., Holzapfel, A., Hübner, A., & Kuhn, H. (2021). Optimizing routing and delivery patterns with multi-compartment vehicles. *European Journal of Operational Research*, 293(2), 495-510, 2021.
- [15] Henke, T., Speranza, M. G., & Wäscher, G. The multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes. *European Journal of Operational Research*, 246(3), 730-743, 2015.
- [16] Henke, T., Speranza, M. G., & Wäscher, G. A branch-and-cut algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes. *Annals of Operations Research*, 275(2), 321-338, 2019.
- [17] Hsiao, Y. H., Chen, M. C., & Chin, C. L. Distribution planning for perishable foods in cold chains with quality concerns: Formulation and solution procedure. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 80-93, 2017.
- [18] Hübner, A., & Ostermeier, M. A Multi-Compartment Vehicle Routing Problem with Loading and Unloading Costs. *Transportation Science*, 53(1), 282-300, 2019.

- [19] Kıymetli Şen, İ. Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 83-106, 2014.
- [20] Kobayashi, K., & Kubo, M. Optimization of oil tanker schedules by decomposition, column generation, and time-space network techniques. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 27(1), 161-173, 2010.
- [21] Koch, H., Henke, T., & Wäscher, G. A genetic algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes (No. 160004). Otto-von-Guericke University Magdeburg, Faculty of Economics and Management, 2016.
- [22] Lahyani, R., Coelho, L. C., Khemakhem, M., Laporte, G., & Semet, F. A multi-compartment vehicle routing problem arising in the collection of olive oil in Tunisia. Omega-International Journal of Management Science, 51, 1-10, 2015.
- [23] Martins, S., Ostermeier, M., Amorim, P., Huebner, A., & Almada-Lobo, B. Product-oriented time window assignment for a multi-compartment vehicle routing problem. European Journal of Operational Research, 276(3), 893-909, 2019.
- [24] Ng, W. L., Leung, S. C. H., Lam, J. K. P., & Pan, S. W. Petrol delivery tanker assignment and routing: a case study in Hong Kong. Journal of the Operational Research Society, 59(9), 1191-1200, 2008.
- [25] Oppen, J., & Lokketangen, A. A tabu search approach for the livestock collection problem. Computers & Operations Research, 35(10), 3213-3229, 2008.
- [26] Ostermeier, M., Henke, T., Hübner, A., & Wäscher, G. Multi-compartment vehicle routing problems: State-of-the-art, modeling framework and future directions. European Journal of Operational Research, 292(3), 799-817, 2021.
- [27] Ostermeier, M., & Hübner, A. Vehicle selection for a multi-compartment vehicle routing problem. European Journal of Operational Research, 269(2), 682-694, 2018.
- [28] Ostermeier, M., Martins, S., Amorim, P., & Hübner, A. Loading constraints for a multi-compartment vehicle routing problem. Or Spectrum, 40(4), 997-1027, 2018.
- [29] Polat, O., & Topaloglu, D. Collection of different types of milk with multi-tank tankers under uncertainty: a real case study. Top, 30(1), 1-33, 2022.
- [30] Rabbani, M., Farrokhi-asl, H., & Rafiei, H. A hybrid genetic algorithm for waste collection problem by heterogeneous fleet of vehicles with multiple separated compartments. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 30(3), 1817-1830, 2016.
- [31] Sethanan, K., & Pitakaso, R. Differential evolution algorithms for scheduling raw milk transportation. Computers and Electronics in Agriculture, 121, 245-259, 2016.
- [32] Xu, G. C., Xu, M. Z., Wang, Y., Liu, Y., & Lv, Q. G. Collaborative Multidepot Petrol Station Replenishment Problem with Multicompartments and Time Window Assignment. Journal of Advanced Transportation, 1, 22, 2020.

USE OF MARBLE QUARRY DIAMOND WIRE SAW SIZING POWDER IN CEMENT BASED SELF-LEVELING SCREED MORTAR

Prof. Dr., Lütfullah GÜNDÜZ

İzmir Kâtip Çelebi University, lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr - 0000-0003-2487-467X

Assist. Prof. Dr., Şevket Onur KALKAN

İzmir Kâtip Çelebi University, sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr - 0000-0003-0250-8134

ABSTRACT

Screeds are construction materials used to eliminate defects on surfaces and to provide a smooth surface feature to floors. Traditional cement-based screeds made with normal aggregates and/or crushed stone aggregates create additional dead load in buildings due to both their low workability and high unit weight. In this study, lightweight and self-compacting cement-based screed mortars with improved density values of 1164 - 1210 kg/m³ were produced by using marble powder formed during diamond wire saw sizing machine process of marble blocks in marble quarry mining. Third generation hyper plasticizer polycarboxylate ether (PCE) was used in mortar designs to ensure self-compacting. Within the scope of the study, technical properties such as flow rates, density, porosity, 7, 28 and 56-day compressive and flexural strength of mortars with marble powder additives were determined. According to the study results, it was determined that as the amount of marble powder added to the mixture increased, the flow feature of the mortars improved, thus the porosity of the mortar decreased and its mechanical performance increased accordingly.

Anahtar Kelimeler: Marble powder, Cement, Self-leveling, Screed, Performance, Property.

1. INTRODUCTION

Self-leveling screeds are a cement-based polymer modified, fine-grained mortar material with high flow properties to obtain a smooth and even floor surface and without the need for the addition of excessive amounts of water for placement. They are widely used to create a smooth and even floor surface, allowing a higher compressive strength to be achieved compared to traditional screed mortars. Self-levelling Floor Screeds is a functional range of high performance, self-levelling floor compounds used to create a flat and smooth surface prior to

the application of the final floor finishes. They have a compressive strength similar to or higher than that of traditional concrete prior to installing interior floor coverings such as PVC, vinyl, rubber, carpets, tiles, and wood flooring [1]. Self-leveling leveling screed mortar has a composite structure consisting of binders, fillers, redispersible polymers and additives. Screed mortar can be named under different definitions according to the type of binder material [2]. These designations are grouped into 5 different categories in the TS EN 13813 standard [3]: Cementitious screed materials, Calcium sulphate screed materials, Magnesite screed materials, Mastic asphalt screed materials and Synthetic resin screed materials. It is generally seen that finely ground mineral materials such as sand and limestone are predominantly used as fillers. As additives, for example, different origin alternative mineral and/or chemical polymer based additives can be used for setting time, curing time, flow properties, air entrainment and separation control purposes [4-6]. It is of particular importance to formulate lower density mix designs without significantly reducing the strength value of the screed mortar. For this purpose, the use of new generation natural and/or semi-artificial porous materials with low unit weight compared to normal sand and crushed stone aggregate components in self-leveling screed designs is an innovative research topic [2]. Barluenga et al. [7] showed that it is possible to produce high strength screed mortar in the study on the use of ground slate obtained from quarry waste in the production of self-leveling cement-based mortar.

In marble quarries, it is inevitable that the marble blocks that are torn from the main mass and are very large in size are subjected to a size reduction process in the quarry in order to reduce them to a portable and more functional size. For this function, “sizing machines”, which generally work with the principle of wire cutting machines but consist of smaller sized equipment, are widely used. In this process called diamond wire saw sizing, large-sized marble blocks are cut from the bottom, top and sides in order to obtain blocks of certain sizes. In this cutting process, the particles that the diamond wire sockets tear off from the marble blocks, in the line that follows the cutting path and direction in the block with the effect of wire cutting, are carried out outside the marble block and form an accumulation at the bottom. These accumulated marble particles are extremely small-sized cutting dust and are in the nature of a micronized ground raw material. These marble particles are generally called “*Marble powder by diamond wire saw sizing machine (DWSSM)*”. Both the grain size and natural material characteristics of this material carry the potential to be an important raw material in the production of self-leveling screed mortar. However, there are no sufficient industrial research findings on the subject. Within the scope of this study, an experimental research study was conducted on the usability of these marble powders by DWSSM obtained from a marble quarry in the industrial production of self-leveling screed mortar. In this paper, a summary of the findings obtained in this research is discussed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials Used in Test Samples

Within the scope of the study, the design of cement based self-compacting screed mortar (CSCSM) in a way that its applicable thickness in a single stage does not exceed 40 mm was taken as a basis. At the beginning of the study, a control mortar consisting of cement as a binder,

fine tuff, micronized glass fiber, plasticizer and polymer additives as other mixture components was obtained and the technical findings of the samples belonging to this mixture were used as a comparison criterion throughout the study. In other mixture designs, marble powder by DWSSM formed as a result of the sizing process was used as a replacement for fine tuff in the control mortar.

In the preparation of CSCSM samples, the main aggregate material, naturally porous and volcanic tuff material, was supplied as 0-1 mm sized material from Aydoğdu Tic. A.Ş., which operates industrially in the Alaçatı region of İzmir. In the laboratory environment, the tuff material was first dried in a ventilated oven environment at $105 \pm 5^\circ\text{C}$, then classified into sub-500 μm fine size fractions to be used in screed mortar samples by classifying with a square mesh sieve. The oven-dry bulk density of this material is 970 kg/m^3 on average and the water absorption rate by mass is 20.3%. The general appearance of the tuff material is given in Figure 1 and the sieve analysis is given in Figure 2.



Figure 1. General view of the tuff material

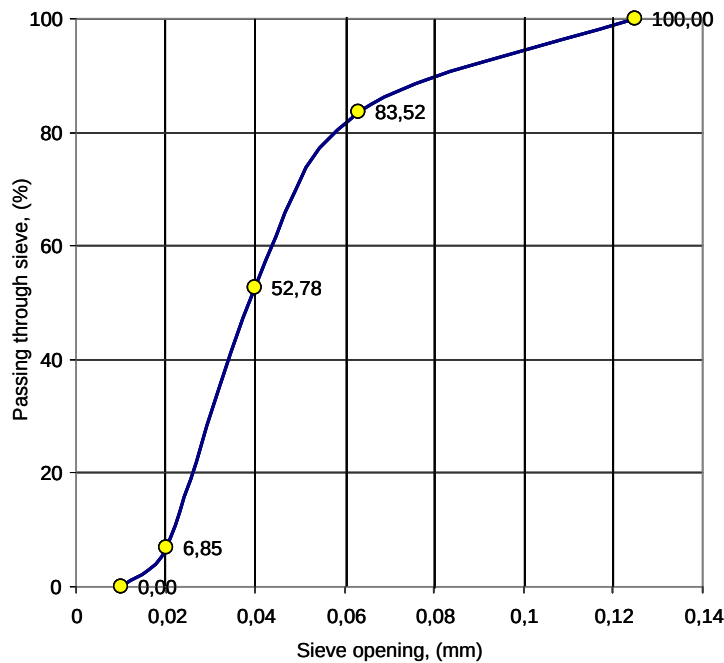


Figure 2. Sive analysis of tuff material

In the preparation of CSCSM samples, marble powder by DWSSM was supplied in the form of marble powder from Muğla Yatağan Marble Quarry belonging to SİRMERSAN Marble Industry Company, which operates industrially in the Muğla region. Marble powder, micronized marble particles formed during the diamond wire cutting of marble blocks with the help of slicing machines during the block size reduction function after the quarry cutting, was used as marble powder by DWSSM in this study. The symbolic representation of the marble powder obtained in the marble quarry operation is shown in Figure 3. The marble powder brought from the quarry as it was formed was first dried in a ventilated oven at $105 \pm 5^\circ\text{C}$ in the laboratory environment and then used directly in the mixtures without being subjected to any chemical and/or sizing process. The average oven dry bulk density of the marble powder material was determined as 930 kg/m^3 and the water absorption rate by mass was $<2\%$. The general appearance of the marble powder material is given in Figure 4 and the sieve analysis is given in Figure 5.

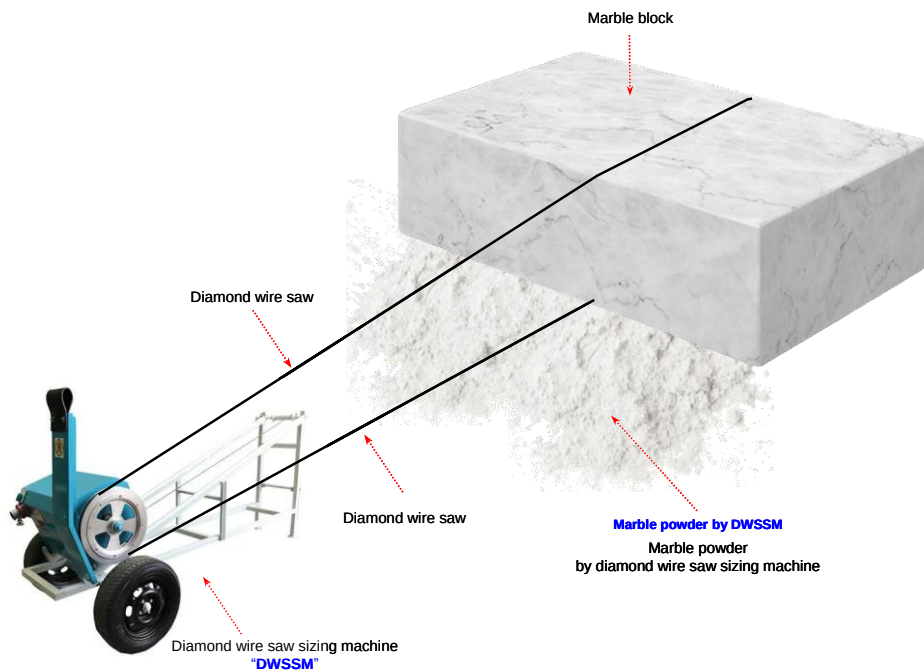


Figure 3. Symbolic view of the production of marble powder by DWSSM



Figure 4. General view of marble powder by DWSSM

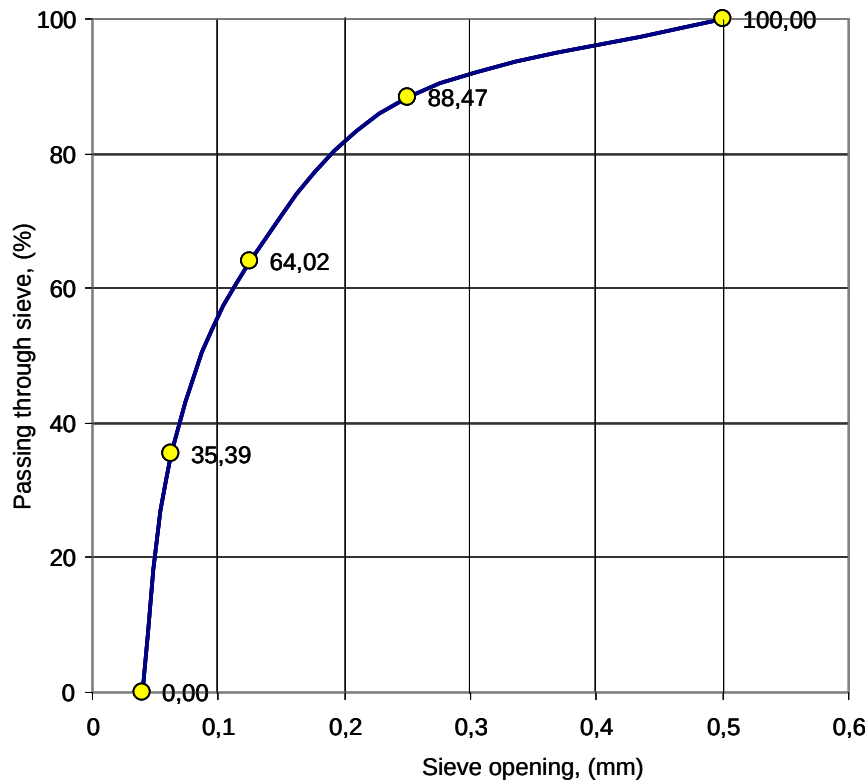


Figure 5. Sive analysis of marble powder by DWSSM

In order to provide workability and self-leveling properties of screed mortar mixture in preparation of CSCSM test samples, third generation Hyper Plasticizer Polycarboxylate ether (PCE) in powder form, which reduces mixing water in cement based materials, provides high fluidity and improves its performance, was added to the mixtures as a chemical additive by supplying from market conditions. Polycarboxylate ether hyper plasticizer powder additive is a light pink colored, easily soluble in water, does not contain chloride ions, has a specific gravity value between 0.45-0.6 g/cm³ and can be used as a consumption amount of 0.2-0.5% of the binder weight. This additive is a new generation super plasticizer additive that can be used in self-leveling screed products, self-compacting concretes, joints, ready-mixed mortars and plasters, high performance ready-mixed concrete applications, manufacturing of precast elements, marine structures, concretes with fly ash and silica fume additives.

In the preparation of CSCSM test samples, textile type glass fibers obtained through physical recycling were used as fiber additives. Glass fiber is white in color, average fiber size is <63 microns, and was used in experimental studies as obtained from market conditions without any chemical activation. The specific gravity of glass fiber is 2.63 g/cm³, fiber diameters are 12-16 (±%18) microns, moisture content is <0.10%, yarn content is <0.05% and the application temperature range is between -55°C and +600°C.

Modified polymer additives can be used in mixture designs to provide high adhesion ability to the surface to which self-leveling screed mortar is applied [2]. For this purpose, a powder

polymer additive based on vinyl acetate-Veova-acrylate and polyvinyl alcohol preservative was added to the mixtures by obtaining it from market conditions in the preparation of CSCSM test samples. This polymer additive increases the workability and water resistance of the mortar, is effective in extending the application time (open time) of the mortar and helps to increase the final strength values of the samples by reducing the amount of water used in the mixtures. This polymer additive is a white powder type of additive that can be used at low film formation temperature and provides the property of improving the adhesion of the mortar in cement-based products. Its average density is 550-650 kg/m³. The minimum film formation temperature is +0 C° [2]. CEM I 42.5R Portland Cement (specific gravity value 3.15 g/cm³) was used in the preparation of CSCSM test samples and city water was used as water.

2.2. Mixture Design and Sample Preparation

In order to analyze the effect of marble powder by DWSSM on the performance of screed mortar in the production of cement-based self-leveling screed mortar, 7 different mixture designs were made and the amounts of materials used for 1 m³ mortar production are given in Table 1.

Table 1. Mixture components of CSCSM test samples (material amount kg for 1 m³ mortar)

Mixture	Cement (kg)	Marble Powder (kg)	Tuff (kg)	Glass Fiber (kg)	PCE (kg)	Polymer (kg)	Water (kg)
S0	307	0	711	2.25	1.13	2.36	193.6
S10	306	102	606	2.24	1.12	2.35	192.8
S20	305	203	502	2.23	1.12	2.34	191.9
S30	303	303	399	2.22	1.11	2.32	191.0
S40	302	403	296	2.21	1.11	2.31	190.2
S50	301	501	195	2.20	1.10	2.30	189.3
S60	299	598	94	2.19	1.10	2.29	188.5

S0 coded mixture was designed as a control mixture without marble dust. In all mixture series, cement, glass fiber, PCE and polymer additives were used at fixed ratio values in terms of percentage values of the total weight of the mixture. In the S10-S60 coded mixture series, marble dust was used as a replacement with the tuff material weight in the mixture at 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60% of the total amount of material in the mixture, respectively. However, in all mixtures, the water/cement ratio was kept constant as w/c=0.63 and the water/solid ratio as w/s=0.19.

In the preparation of the mixtures, the sized dry tuff aggregate materials were first subjected to a pre-moistening process with 1% water by weight in order to minimize aggregate surface tensions [2]. Then, it was mixed with the other materials in the mixture in a mixer container at low speed until a homogeneous powder form was obtained for an average of 5 minutes. Afterwards, the mixing water was added and the mixing process was continued until a

homogeneous mixture was obtained. After mixing, the test samples were molded at $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ for approximately 20 minutes.

First of all, the flow table method was used to evaluate the flow initial values in mm unit in order to evaluate the consistency-self-spreading properties of the CSCSM test samples in the form of wet fresh mortar. According to the parameters foreseen in the TS EN 13813 standard [8], 12 pieces of $40\times 40\times 160\text{ mm}^3$ prism-shaped CSCSM test samples were cast. All test samples were removed from the molds 1 day after casting and left in a normal curing environment at $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ as foreseen for cement screed samples in the TS EN 13892-1 standard [9]. After all test samples were removed from the mold, they were cured in an environment of $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $95\pm 5\%$ RH for the first 5 days. Afterwards, the curing process was continued in a similar temperature environment and $65\pm 5\%$ RH humidity environment until the 21-day curing period was reached and the curing process was carried out in a condition where the ambient humidity would be $50\pm 5\%$ RH after 21 days. Three samples with dimensions of $40\times 40\times 160\text{ mm}^3$ were first subjected to bending test after being taken from their storage places after 7, 28 and 56 days of curing by applying the principles foreseen in TS EN 13892-2 [10]. Six samples obtained as a result of the bending test were subjected to compressive strength tests on the same day as the bending tests without waiting, according to the principle foreseen in TS EN 13892-2 [10]. In addition, the density and porosity values of all test samples were analyzed according to ASTM C642-21 [11].

3. RESEARCH FINDING

In order to analyze the effect of marble powder by DWSSM on the performance of screed mortar in the production of cement-based self-leveling screed mortar, some technical findings of CSCSM test samples belonging to the mix designs are given in Table 2.

Table 2. Analysis findings of CSCSM test samples

Mixture	Cement (kg)	Marble Powder (%)	Powder Bulk Density (kg/m^3)	Fresh Density (kg/m^3)	Hardened Density (kg/m^3)	Flow Rate (mm)	Apparent Porosity (%)
S0	307	0	1096	1403	1225	221	18.38
S10	306	10	1086	1388	1210	228	16.73
S20	305	20	1079	1379	1202	233	15.35
S30	303	30	1071	1370	1193	236	13.83
S40	302	40	1064	1360	1183	240	12.34
S50	301	50	1055	1350	1173	246	11.00
S60	299	60	1047	1341	1164	248	10.21

3.1. Consistency and Flow

The initial flow value of S0 control sample in the fresh mortar form was determined as 221 mm. However, it is seen that the marble powder added to the mixture composition as a replacement with tuff improves the workability of the screed mortar despite the mixtures having equivalent

w/c ratios. In other words, as the marble powder ratio in the mixture composition increases, the flow value of the screed mortar also increases, and the self-spreading potential of the mortar further develops. It is seen that the factor in this is the porosity of the material obtained in the mixtures becomes important and the mortar takes on a more fluid form as the porosity decreases. For example, the addition of 20% marble powder increased the spreading value from 221 mm to 233 mm compared to the control mortar with a 3.03% decrease in porosity. Similarly, the addition of 60% marble powder increased the flow value from 221 mm to 248 mm compared to the control mortar with a 8.17% decrease in porosity. The effect of marble powder addition on the porosity rate change of the mortar is given graphically in Figure 6, and the effect of the mortar on the flow value is given in Figure 7.

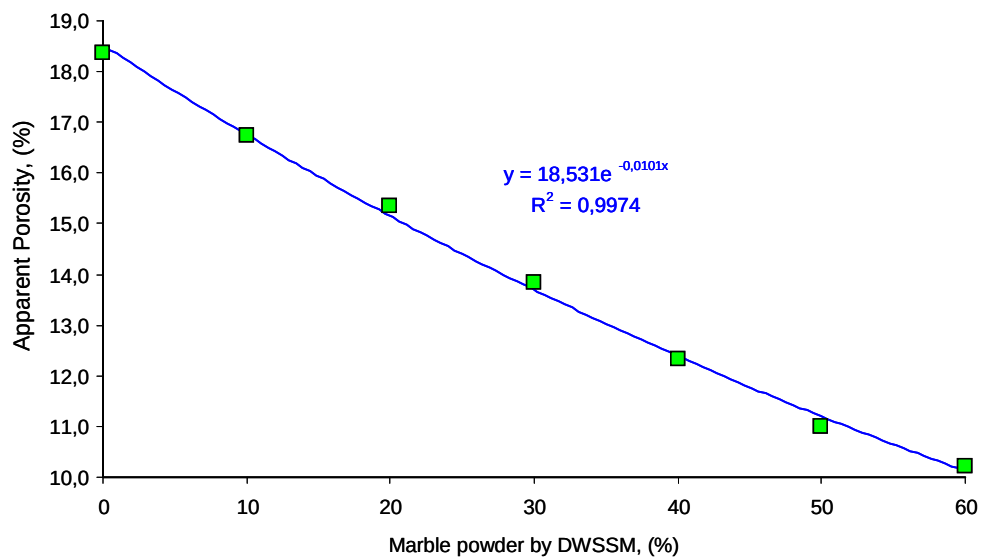


Figure 6. Marble powder by DWSSM versus flow rate

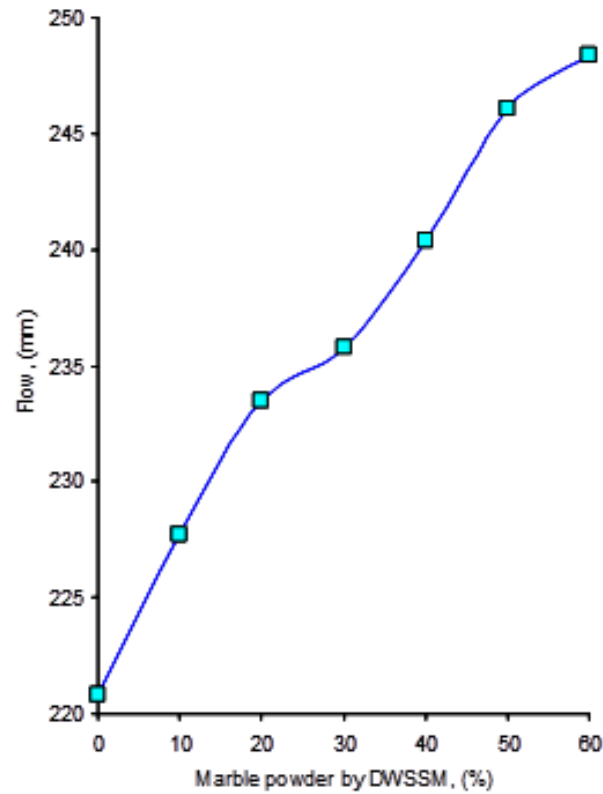


Figure 7. Marble powder by DWSSM versus flow rate

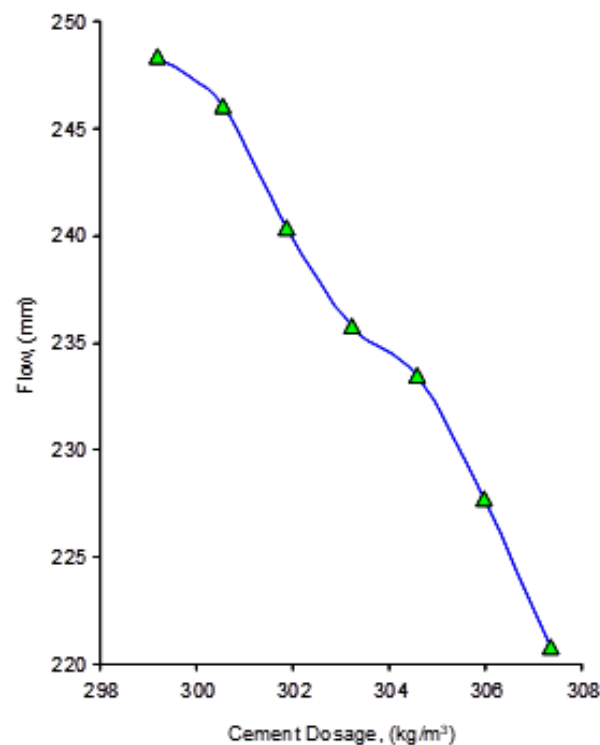


Figure 8. Cement dosage versus flow rate

Another observation that affects the flow value of screed mortar in mix designs is that, despite the very low increase in the amount of cement in the mix, the flow initial values of the mortar

decrease. The graphical analysis of this investigation is given in Figure 8. However, it is thought that the main reason for this decrease in flow values is not the increase in the amount of cement within the scope of this study, but other factors such as porosity and unit weight change in the mix design.

3.2. Unit Volume Mass

The fresh mortar form molded unit volume mass value of S0 control sample is 1403 kg/m^3 and the set density value is 1225 kg/m^3 . While the marble powder added to the mixture composition as a substitute for tuff is kept constant at the equivalent w/c and equivalent w/s ratios, the fresh mortar form molded unit volume mass values of the screed mortar tend to decrease. In other words, as the marble powder ratio in the mixture increases, the fresh density value decreases and a lighter mortar is obtained. This phenomenon is shown graphically in Figure 9.

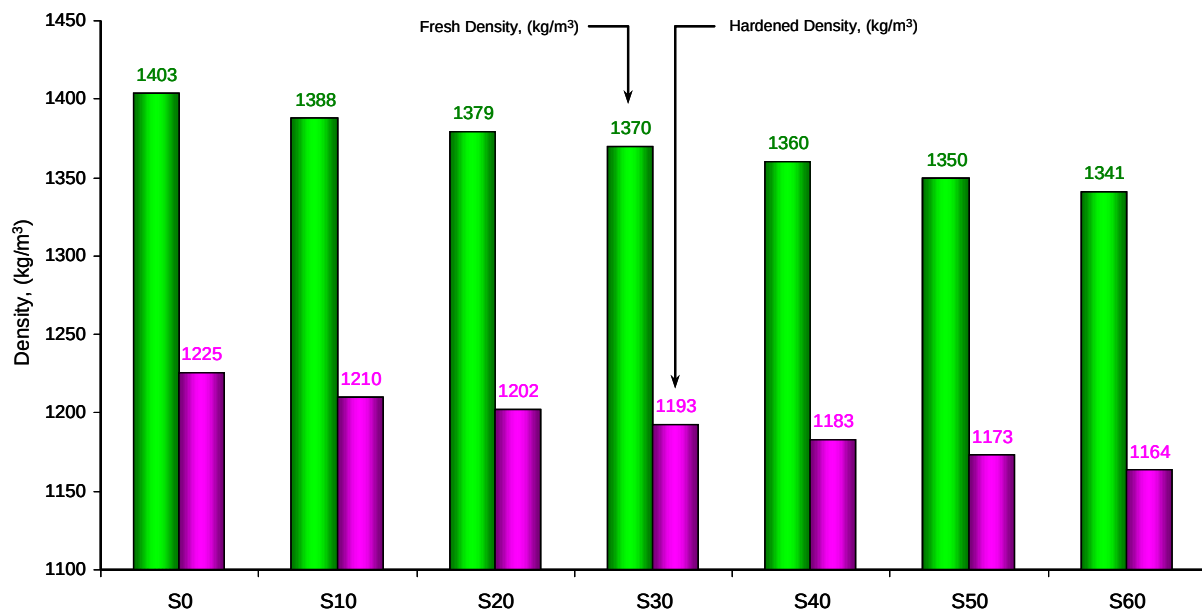


Figure 9. Densities of CSCSM test samples

The increase in the use of marble powder in the mixtures was attributed to the fact that the most effective factor in the change in the density values of the mortar was that the density of the marble powder was lower than the density of the tuff material. On the other hand, while the porosity value of the mortar decreased, an expectation arose that the density value would increase. However, according to the findings in this study, it was observed that the different aggregate densities presented a situation contrary to this expectation. For example, the addition of 20% marble powder decreased the density value of the hardened mortar from 1225 kg/m^3 to 1202 kg/m^3 compared to the control mortar, with a 3.03% decrease in porosity. Similarly, the addition of 60% marble powder decreased the density value of the hardened mortar from 1225 kg/m^3 to 1164 kg/m^3 compared to the control mortar, with a 8.17% decrease in porosity.

3.3. Mechanical Properties

The mechanical properties of the CSCSM test specimens were examined in the context of two separate parameters according to the principles stipulated in the TS EN 13892-2 standard [10].

These are: Flexural strength and compressive strength. For each mixture design, 3 specimens from the 40x40x160 mm³ prism-shaped samples were subjected to flexural strength tests after curing on the 7th, 28th and 56th days. The flexural strength values obtained in the analysis are given in Figure 10 depending on the curing day durations. The flexural strength values here represent the average of the findings of three test specimens from each series.

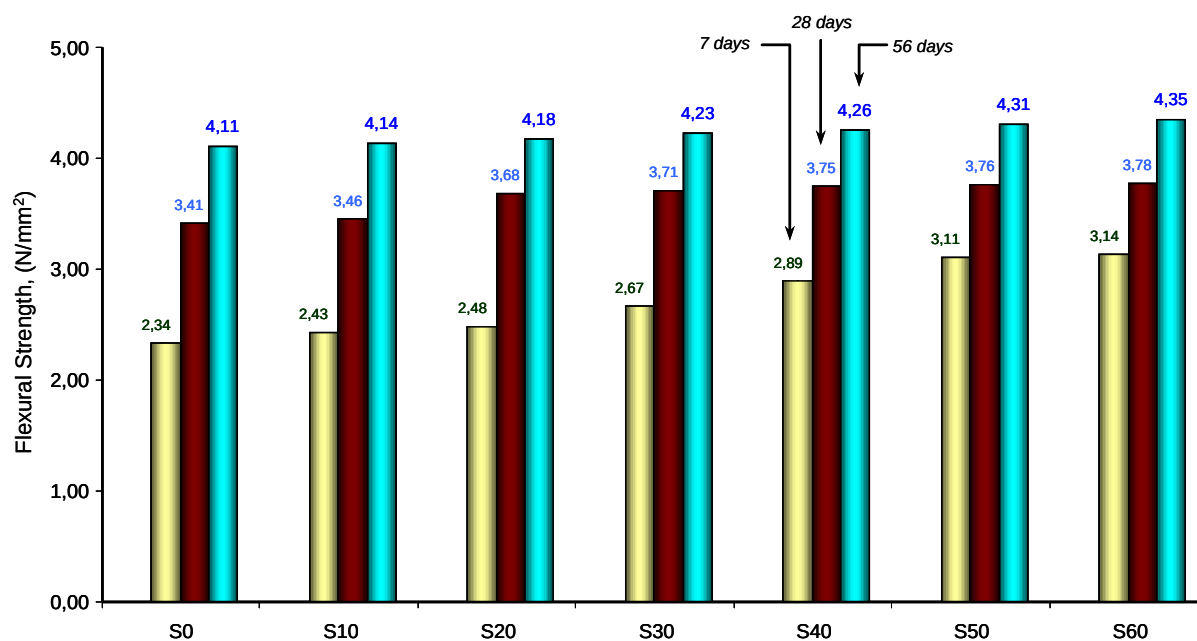


Figure 10. Flexural strength analysis of CSCSM test specimens

The flexural strength values of each mixture increased with time. The flexural strength values of S60 screed mortar mixture with the highest marble powder usage and the lowest amount of tuff aggregate usage reached 3.14, 3.78 and 4.35 N/mm² on the 7th, 28th and 56th days, respectively. It is observed that as the total marble powder ratio in the mixture increases, the flexural strengths also improve. When S0 mix design was considered as the control mixture in this study in terms of comparing the effects of the material components in the other mixes, it was determined that the flexural strength in all other series increased as the marble powder ratio increased. According to the TS EN 13892-2 standard [10], the “F” classification system was envisaged for the flexural strengths of cement-based screed mortars. According to this classification, when the flexural strengths of the 28-day test samples were examined, it was determined that the flexural strengths of S0-S60 mixtures (cement dosage between 299 kg/m³ - 307 kg/m³) were in the F3 class and were greater than >3 N/mm². However, in terms of flexural strengths, it was determined that the test samples met the requirement of being greater than >4 N/mm² for the F4 class after 56 days of curing. Within the scope of the study, it was observed that the flexural strength values of all test samples gained strength in the long period, and it was thought that it would be more appropriate to analyze the flexural strengths after 56 days to represent this period and compare them. As a result of the flexural test, six samples obtained from each mixture series were subjected to compressive strength tests as foreseen in TS EN 13892-2 [10] without waiting on the same day when the flexural tests were performed. Thus, the compressive strength values for the mixture designs after 7, 28 and 56 days of curing

were obtained for each series. The compressive strength values obtained in the analyses, the compressive strength relations depending on the marble dust usage rate in three different curing periods of 7, 28 and 56 days are given graphically in Figure 11 - Figure 13, respectively. The compressive strength values here represent the average of the findings of six test samples from each series.

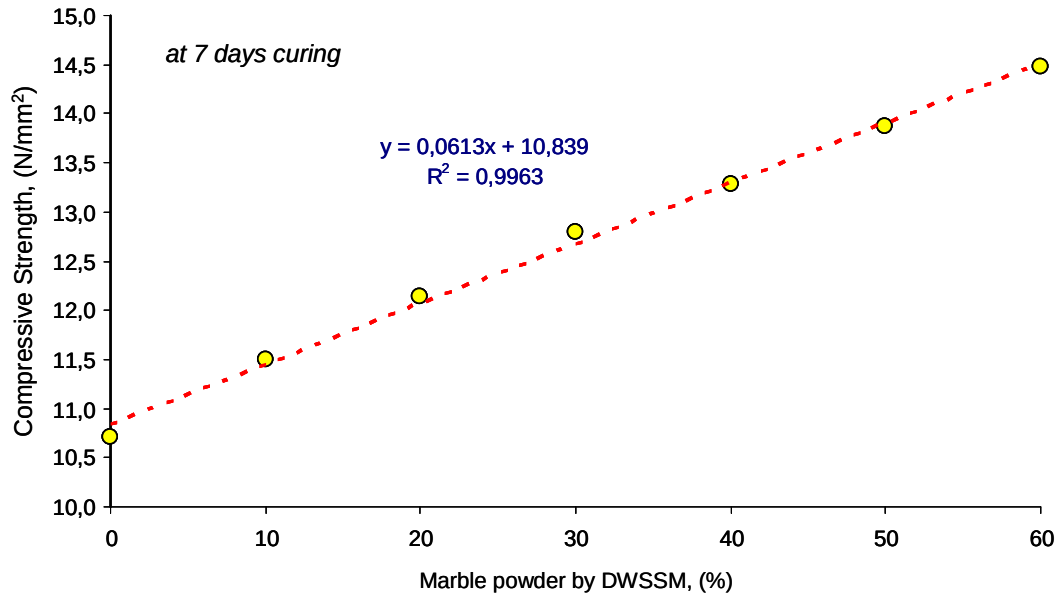


Figure 11. Compressive strength analysis of CSCSM test specimens (7 days cure)

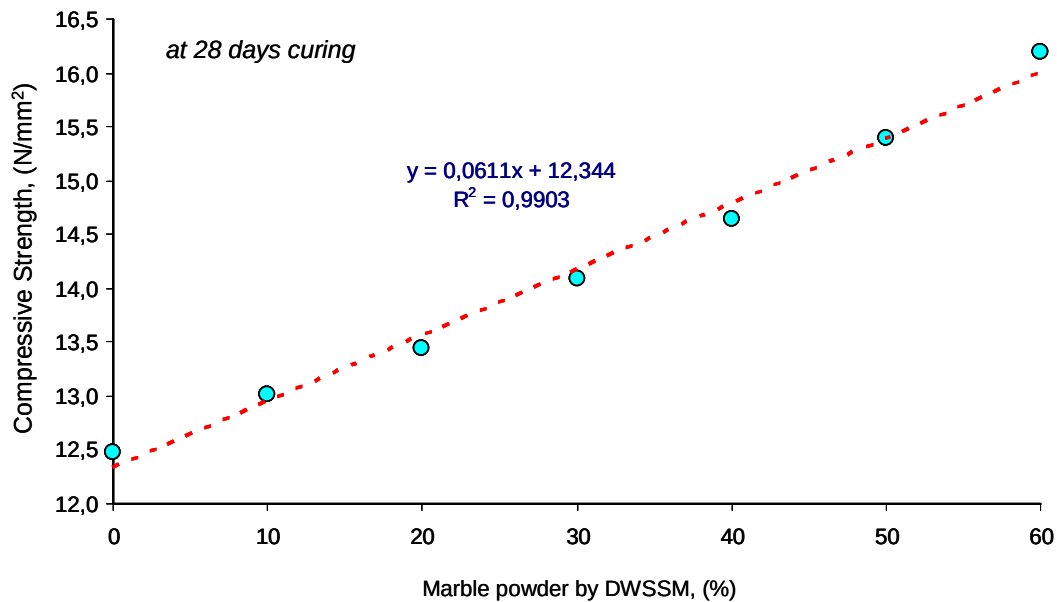


Figure 12. Compressive strength analysis of CSCSM test specimens (28 days cure)

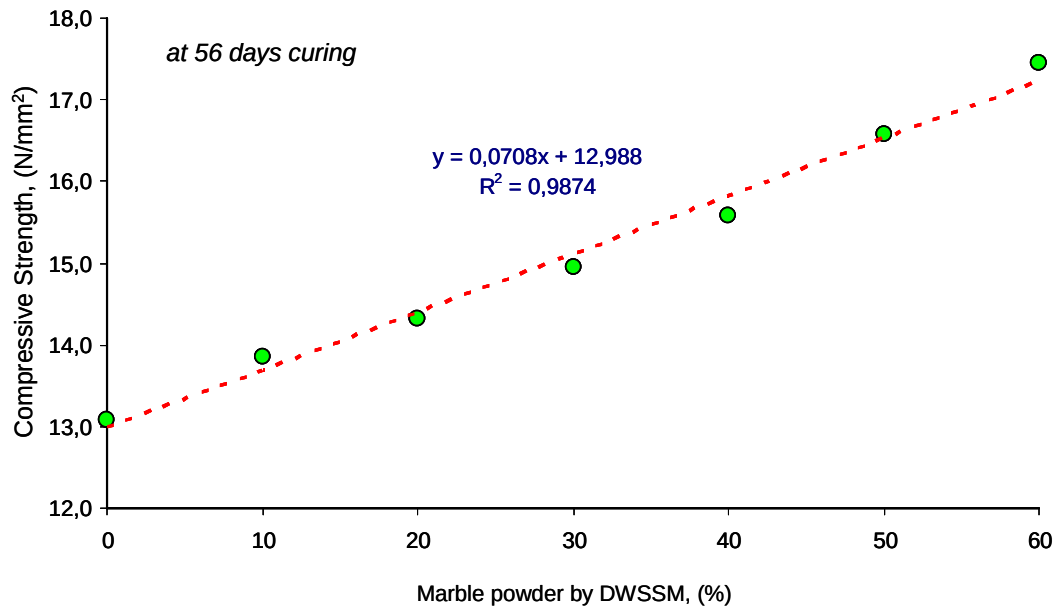


Figure 13. Compressive strength analysis of CSCSM test specimens (56 days cure)

The compressive strength values of each mixture increased with time, as in the flexural strength. The compressive strength values of S0 control mixture for 7, 28 and 56 days were determined as 10.71, 12.48 and 13.07 N/mm², respectively. It is observed that the screed mortar strength values increase at each cure time as the marble powder ratio in the mixture composition increases. It is thought that the factor in this increase is the porosity rate that decreases due to the increase in marble powder. The decrease in porosity ensures the formation of a more compact matrix structure and increases the resistance against pressure. However, in the use of a self-leveling screed mortar as a leveling screed in construction projects, it should be carefully examined whether it meets the minimum compressive strength values specified for screed mortars in the standards. In this context, it is observed that the minimum compressive strength value specified for cement-based screed mortars in the TS EN 13813 standard is 5.0 N/mm². It has been observed that this value, which is foreseen by the standard, can be easily achieved after a 7-day curing period in all mixtures, including the control mortar included in the scope of the study. However, the higher the strength value of the screed mortar, the more important it becomes in terms of its bearing properties. When considered from this perspective; according to the TS EN 13892-2 standard [10], the “C” classification system has been foreseen for the compressive strengths of cement-based screed mortars. According to this classification, when the compressive strengths of the 28-day test samples were examined, it was determined that the 28-day compressive strengths of the mixtures between S0 control mortar and S30 were in the C12 class and were >12 N/mm². However, it was determined that the 28-day compressive strengths of the mixtures between S30-S50 were in C14 class and were >14 N/mm². In S60 mixture, it was determined that this value was in C16 class and was >16 N/mm².

In the test samples, it was determined that the porosity rate in the matrix structure was a direct factor affecting the compressive strength of the screed mortar, and it was also observed that this interaction gained a more pronounced feature in the development of the strength values of the 56-day CSCSM samples. When it is aimed to obtain high strength for self-leveling screed mortar forms produced with porous aggregates, the aggregate amount and dimensions that can

keep the total porosity rate of the matrix structure at a minimum level should be optimized [2]. When the findings obtained in this study are examined in the context of this approach, it becomes important to keep the porosity of the matrix structure at levels lower than 18% in screed mortars with tuff and marble powder additives.

4. CONCLUSIONS

In this study, cement-based self-compacting screed mortars were developed with different usage rates of marble powder obtained in marble diamond wire saw sizing. According to the study findings,

1. As can be seen from the consistency analyses, as the amount of main aggregate marble powder in the mixture increases, the flow property of CSCSM samples improves due to the fixed water/cement ratio and plasticizer ratio.
2. As the total tuff aggregate ratio in the mixture increases, the porosity of the CSCSM samples increases and accordingly, the bending and compressive strengths decrease.
3. It was observed that the composite mortars produced within the scope of the study could meet the bending strength criteria stipulated in the TS EN 13892-2 standard.
4. Similarly, it was determined that the mortars could also meet the compressive strength criteria stipulated in the TS EN 13892-2 standard.

With this study, the productability of lightweight and self-compacting composite screeds with marble powder additives was determined.

REFERENCES

- [1] Terraco. 2025. Self-levelling Floor Screeds. <https://www.terraceo.com/wp-content/uploads/2021/03/Terrascreeed-Brochure-A4.pdf> (Erişim tarihi: 03.07.2025)
- [2] Gündüz, L., & Kalkan, ř. O. (2023). İnce pomza agreganın çimento esaslı kendiliğinden yayılan tesviye şapının performansına etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 225-238. <https://doi.org/10.28948/ngmuh.1132825>
- [3] TS EN 13813. 2004. şap malzemeleri ve zemine uygulanan şaplar - şap malzemeleri - Özellikler ve gerekler, TSE, s31, Ankara.
- [4] Georgin, J. F., Ambroise, J., Péra, J., & Reynouard, J. M. (2008). Development of self-leveling screed based on calcium sulfoaluminate cement: Modelling of curling due to drying. *Cement and Concrete Composites*, 30(9), 769-778. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.06.004>
- [5] Canbaz, M., Topçu, İ. B., & Ateşin, Ö. (2016). Effect of admixture ratio and aggregate type on self-leveling screed properties. *Construction and Building Materials*, 116, 321-325. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.084>

- [6] Bizzozero, J., & Scrivener, K. L. (2015). Limestone reaction in calcium aluminate cement–calcium sulfate systems. *Cement and Concrete Research*, 76, 159-169. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.05.019>
- [7] Barluenga, G., & Hernández-Olivares, F. (2010). Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste. *Construction and Building Materials*, 24(9), 1601-1607. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.02.033>.
- [8] TS EN 13813, 2004. Şap malzemeleri ve zemine uygulanan şaplar - Şap malzemeleri - Özellikler ve gerekler, TSE, s31, Ankara.
- [9] TS EN 13892-1, 2004. Şap malzemeleri - Deney metotları - bölüm 1: Deneyler için numune alma, hazırlama ve kütleme, TSE, s9, Ankara.
- [10] TS EN 13892-2, 2004. Şap malzemeleri - Deney metotları - bölüm 2: Eğilme ve sıkıştırma mukavemeti tayini, TSE, s7, Ankara.
- [11] ASTM C642-21, 2022. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA.

A STUDY ON THE USE OF DEWATERED MARBLE SLUDGE WASTE IN THE PRODUCTION OF GARDEN CONCRETE KERBS

Prof. Dr., Lütfullah GÜNDÜZ

İzmir Kâtip Çelebi University, lutfullah.gunduz@ikcu.edu.tr - 0000-0003-2487-467X

Assist. Prof. Dr., Şevket Onur KALKAN

İzmir Kâtip Çelebi University, sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr - 0000-0003-0250-8134

ABSTRACT

Concrete kerb stones are structural elements manufactured from precast concrete with cement binder, which are unreinforced in various lengths and sections and lined up on the edges of pavements and medians for the purposes of separating pavements and medians from the road and directing water coming to the road surface to the rainwater system, etc. Cement-based kerb stones made with normal aggregate and/or crushed stone aggregates are widely used in many flooring or landscaping applications. In this study, garden concrete kerb stones weighing 13-13.9 kg were produced with mortars with density values of 2171-2323 kg/m³ by using dewatered marble sludge waste (DMSW) materials formed as a residual material in marble processing plants. Dewatered marble sludge waste was used as a 10-42% by weight replacement with fine sand in concrete mortar for the purpose of evaluating an industrial waste material in concrete designs. Within the scope of the study, the flexural strengths of garden concrete kerbs to be obtained with DMSW-added mortars were analyzed and it was determined that the flexural strengths of kerb stone products varied between 3.64 N/mm² - 6.43 N/mm². It was observed that the kerb stone samples met the strength limits stipulated in the TS 436 EN 1340 standard.

Anahtar Kelimeler: Dewatered marble sludge waste, Cement, Garden, Kerbs, Analysis, Property.

1. INTRODUCTION

Concrete kerb stones are structural elements manufactured from precast concrete with cement binder, which are unreinforced in various lengths and sections and lined up on the edges of

pavements and medians for the purposes of separating pavements and medians from the road and directing water coming to the road surface to the rainwater system, etc. [1-3]. Concrete kerb stones are also used as complementary elements together with concrete paving stones used as a coating tool in most applications. It can be seen that they are frequently used on the edges of pedestrian pavements on the side of the road, in highway medians, at the end points of these areas in parks and gardens or in places where a visual decorative focus is desired [2-4]. Concrete kerb stone is one of the preferred material types with its various applications and its resistance to different natural conditions and heavy loads for many years, its durability and long life. It can be evaluated as a complementary element in all kinds of environmental structures that can be produced in different shapes and colors [1-3]. It is generally applied as Municipality Kerb, Garden Kerb, Highway according to the place and purpose of use (Figure 1). It can be classified as Different Border and Central Median Border and models and appearances can be produced with these names, and it can also be diversified in small sizes for decorative purposes.

These types of kerb stones can be produced in different sizes in terms of suitability for the place of use and visibility. For example, concrete kerb stones called municipal kerbs can generally be 12x50x24 cm (Width x Length x Height) nominal size, as well as 12x70x25 cm nominal size. However, concrete kerb stones called garden kerbs can generally be 10x50x20 cm (Width x Length x Height) nominal size and can be seen in products with lower nominal size. Similarly, concrete kerb stones called highway kerbs can be 18x70x30 cm (Width x Length x Height) nominal size. Their alternative sizes can also be seen in sectoral uses [2-5].



Figure 1. Symbolic views of concrete kerb stones manufactured from unreinforced, cement-bound precast concrete

Concrete kerb stones; in addition to being produced with high quality concrete, they also reach high strengths since they are subjected to vibration and pressing applications in their production. Since the air gap in the concrete is reduced to a minimum level with this compression and vibration effect, their water absorption rates in mass are generally low. This also increases the resistance against frost. For this reason, the life of concrete kerb stones is longer compared to alternative materials [4-6].

In the production of concrete kerb stones, they are generally produced without reinforcement from mortar mixtures obtained by adding cement to the raw material mixture of crushed stone and fine sand with a size range of 0.1 mm - 8 mm.

Kerb stone productions are traditionally generally single-layered. However, double-layered production methods can also be seen in some special productions [2-3]. In order to ensure that the surface appearance of the concrete kerb stone is smooth and to provide a smooth surface feature after casting, the use of micronized material -750 microns in concrete kerb mortar is considered important. Depending on the change in the fine material ratio, the surface visual features may also vary [4-6]. When desired, different colors and sizes can be produced by adding dyes and/or pigments of various colors to the concrete mortar.

In marble processing facilities and/or marble workshops, the cutting processes of marble blocks, plates and laths are usually carried out in a wet environment with diamond socket saws. The particles that break off from the marble masses during the cutting process are collected in water treatment tanks established in a suitable location of the enterprise due to the presence of water in the environment [7-9]. In these tanks, with the use of different chemical additives, the marble particles are settled at the bottom of the pools; the water in the pool is purified and fed back to the system for reuse. However, these marble particles settled at the bottom of the pools are taken with the help of pumps in the pools, dewatered in filter press units established as a system in most facilities, and converted into solid waste material [8-10]. Afterwards, this dewatered marble sludge waste is transported outside the plant and accumulated in a suitable additive waste storage or dam. This sectoral material, which has accumulated as an important waste material today, can be seen to have an important raw material feature when examined [9-12]. However, today, there are not enough studies on the recycling of these waste/waste materials to the industry. Within the scope of this study, an experimental research study was conducted on the usability of dewatered marble mud waste materials obtained from a marble processing plant in the industrial production of garden concrete kerb stones. In this paper, a summary of the findings obtained in this research is discussed.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials Used In Test Samples

Within the scope of the study, dewatered marble sludge waste (DMSW) was supplied in the form of dewatered marble filter cake from Muğla Yatağan Marble Quarry belonging to SİRMERSAN Marble Industry Inc., which operates industrially in the Muğla region. Dewatered marble filter cake is marble grains that are released during the cutting of blocks and slabs in an aqueous environment in the marble processing factory and mostly have grain sizes below 1 mm. Since the cutting process is in an aqueous environment, the grains that the cutting sockets break from the marble mass mix into the cutting water as waste material and form marble sludge. This material is accumulated in the marble sludge pool created in the wastewater treatment system in the marble processing plant, and then this solid material in a muddy structure is turned into a cake with the help of filter press equipment and water is separated. The obtained dewatered marble cake was used in this study as a 0-1 sand material displacement in the concrete mixtures prepared with DMSW. The general appearance of the DMSW material used throughout the study is given in Figure 2.



Figure 2. General view of the marble factory and DMSW material

In order to use the DMSW material sample in the concrete mortar mixtures to be created in the laboratory environment on the evaluation of the garden concrete kerb stone elements, the mixture was provided without subjecting the marble filter cake to any drying and/or heat treatment by pre-mixing - blending with the main aggregate material to be used in the mixture in a mixer with adjustable mixing speed. The oven dry bulk density of the marble filter cake is 1230 kg/m^3 on average and the water absorption rate by mass is $<1.5\%$. The sieve analysis of the DMSW material sample is given in Figure 3.

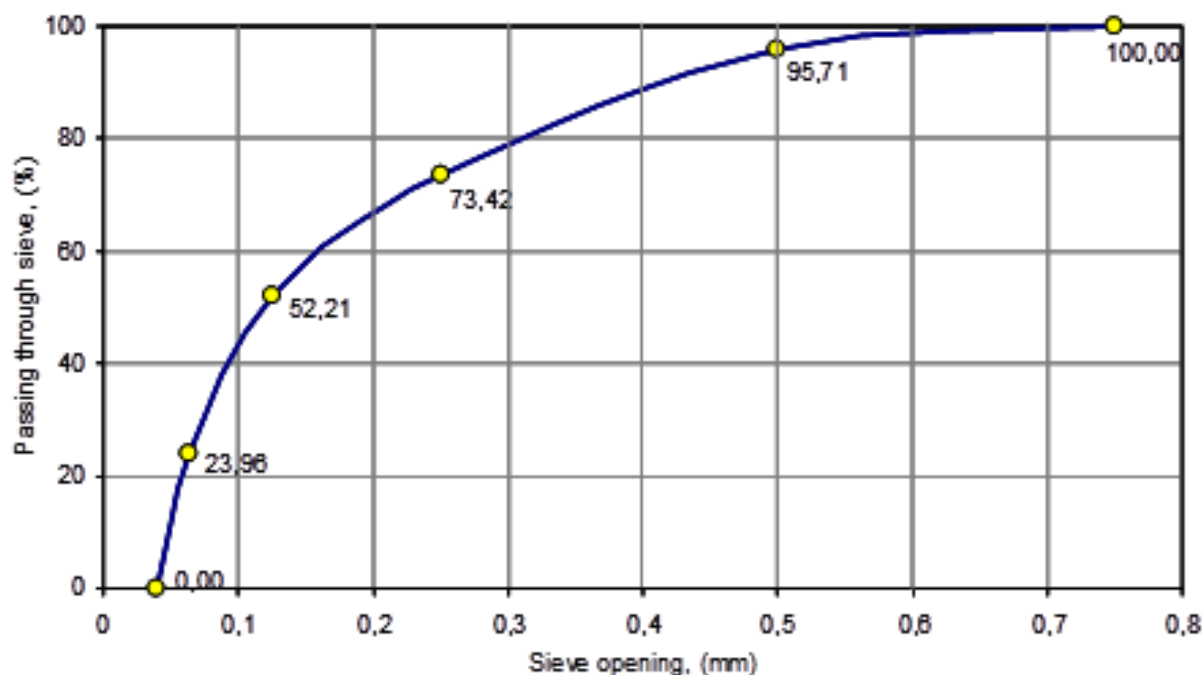


Figure 3. Sive analysis of DMSW

Quartz sand in the 0-7 mm grain size range was obtained from market conditions to be used as the main aggregate material in concrete mortar mixtures in the preparation of garden kerb stone test samples. In the laboratory environment, this sand material was grouped into 3 different size fractions as 0-1 mm (fine aggregate), 1-3 mm (medium aggregate) and 3-7 mm (coarse aggregate) by classifying with square mesh sieves. This sized quartz sand was evaluated as the main aggregate materials in the test samples prepared within the scope of the study. The water absorption rate of all three quartz sand samples by mass is <% 2.

In the preparation of garden kerb stone test samples, 2 different sizes of textile type glass fibers were used to ensure the workability of the concrete mortar mixture and also to serve as fiber reinforcement in the mix designs. These glass fibers were used as Powder Glass Fiber (PGF) and Mix Glass Fiber (MGF) and coded within the scope of the study. These textile type glass fibers obtained through physical recycling. Powder Glass Fiber (PGF) is white in color, average fiber size is <63 microns and fiber diameter is 12-16 ($\pm$ %18) microns. Mix Glass Fiber (MGF) is also white in color, average fiber size is <6 mm and fiber diameter is 14-18 ($\pm$ %15) microns. The specific gravities of both PGF & MGF are 2.63 g/cm³, moisture contents are less than <0.10%, yarn contents are less than <0.05% and the application temperature ranges are between -55°C and +600°C. They were used in experimental studies as obtained from market conditions without any chemical activation.

CEM I 42.5R Portland Cement (specific gravity value 3.15 g/cm³) was used in the preparation of garden kerb stone test samples and city water was used as mixing water.

2.2. Mixture Design and Sample Preparation

At the beginning of the study, a mixture design with 340 kg/m³ cement dosage and water/cement (w/c) ratio of 0.49, with sand aggregate and fiber additives classified in three different sizes without using dewatered marble mud waste was prepared and this mixture and

its samples were evaluated as a control design with code B00 throughout the study. In order to analyze the effect of dewatered marble mud waste on the performance of the kerb mortar in the production of cement-based garden kerb stone, 5 different mixture designs were made and the amounts of materials used for 1 m³ mortar production of the mixture components are given in Table 1. Except for the control mixture design, dewatered marble mud waste was used as a replacement with 0-1 mm fine-sized quartz sand in the control mortar in other mixture designs. The proportions of all other remaining mixture components were used as fixed, and all dewatered marble sludge waste added kerb mortar (DMSWKM) test samples were prepared at 340 kg/m³ cement dosage and w/c=0.49 ratio.

Table 1. Mixture components of DMSWKM test samples for 1 m³ of mortar

Mix	Cement (kg)	DMSW (%) by weight	0-1 mm Sand (%) by weight	1-3 mm Sand (%) by weight	3-7 mm Sand (%) by weight	PGF (%) by weight	MGF (%) by weight	Water (kg)	W/C
B00	340	0	42	17	23	0.7	0.5	167	0.49
B10	340	10	32	17	23	0.7	0.5	167	0.49
B20	340	20	22	17	23	0.7	0.5	167	0.49
B30	340	30	12	17	23	0.7	0.5	166	0.49
B35	340	35	7	17	24	0.7	0.5	166	0.49
B42	340	42	0	17	23	0.7	0.5	166	0.49

The mixture coded B00 was designed as a control mixture in which DMSW was not used. In all mixture series, cement, glass fibers and sand materials were used in fixed ratio values in terms of percentage values of the total weight entering the mixture. In the mixture series coded B10-B42, DMSW was used in the ratios of 10%, 20%, 30%, 35% and 42% of the total amount of material in the mixture, respectively, by replacing the 0-1 mm fine sand material weight in the mixture.

In order to be able to use the dewatered marble mud waste material sample in the concrete mortar mixtures to be created in the laboratory environment upon the evaluation of the production of garden concrete kerb stone elements, the mixture was provided without subjecting DMSW to any drying and/or heat treatment by pre-mixing - blending with the main aggregate material to be used in the mixture in a mixer with adjustable mixing speed. When the main aggregate material and DMSW were mixed together as a pre-treatment, it was observed that DMSW could exhibit a homogeneous distribution in the mixture. The obtained mortar mixtures were placed in cube and rectangular prism geometric shaped molds prepared in a laboratory environment in a format that would represent the production of concrete kerb stones, by vibration-compression, and the processes were carried out for 28 days under normal environmental conditions. The findings obtained were evaluated and the unit weight and flexural strength values of the products in the form of garden kerb stones with a nominal size

of $(60 \times 90) \times 140 \times 500 \text{ mm}^3$ were examined. The geometric dimensions and general form of the garden kerb stone are given in Figure 4.

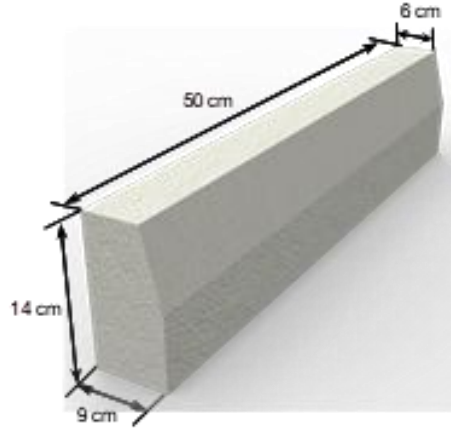


Figure 4. Garden concrete kerb design

Flexural strength studies were carried out according to the parameters specified in the TS 436 EN 1340 (Concrete kerb stones for floor covering - required conditions and test methods) standard [13]. Kerb test samples and test parameters within the scope of this standard are defined in Figure 5.

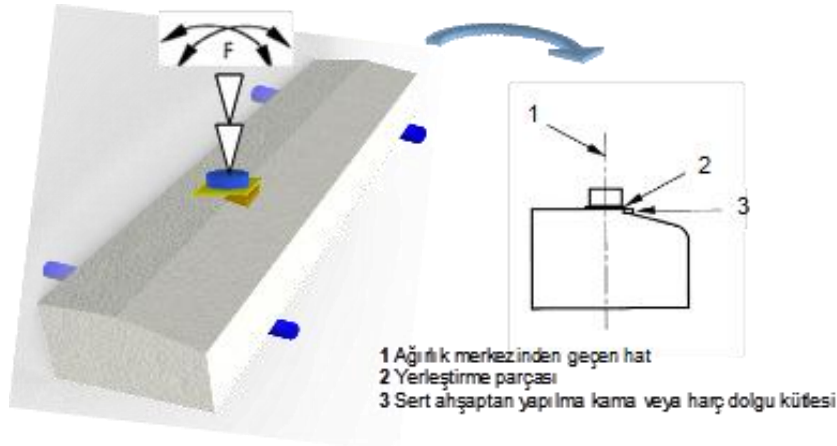


Figure 5. Concrete kerb flexural strength test principle [13]

According to TS 436 EN 1340E, depending on the profile of the upper surface of the kerb stone sample to be tested, a wedge made of hard wood or a mortar filling mass is used between the surface of the test sample and the steel loading pad. The load is applied without impact effect, with a stress increase rate of $(0.06 \pm 0.02) \text{ MPa/s}$ until the breaking load is reached. The breaking load is recorded with an approximation of 100 N. The moment of inertia of the breaking section with respect to the horizontal axis passing through the center of gravity of the cross-sectional area is calculated using the working dimensions. The flexural strength of the kerb stone subjected to the test, T , is calculated using the equation given below.

$$T = (P \cdot L \cdot y) / (4 \cdot I) \quad (\text{Eq.1})$$

Where;

T : Flexural strength, N/mm^2 ,

P : Breaking load, N,

L : Distance between supports, mm,

I : Moment of inertia calculated using the working dimensions of the breaking section, mm^4 ,

y : Distance between the center of gravity of the breaking section and the outermost fiber, mm.

3. RESEARCH FINDING

In order to analyze the effect of dewatered marble mud waste on the performance of the mortar in the production of cement-based garden concrete kerb stone elements, the hardened mortar densities of DMSWKM test samples of the mix designs and the unit weight and flexural strength values in the form of garden kerb product are given in Table 2.

Table 2. Analysis findings of DMSWKM test samples

Mix	DMSW (%) by weight	Hardened Density (kg/m^3)	Kerb Unit Weight (kg)	Flexural Strength (N/mm^2)
B00	0	2323	13.9	6.43
B10	10	2284	13.7	5.49
B20	20	2248	13.5	4.69
B30	30	2212	13.2	3.97
B35	35	2195	13.1	3.76
B42	42	2171	13.0	3.64

The B00 control sample has a molded unit volume mass value of 2323 kg/m^3 in the form of hardened mortar. DMSW, which was added to the mixture composition as a replacement with fine sand, tended to decrease in the molded unit volume mass values of the kerb mortar in the form of hardened mortar, while keeping it constant at equivalent W/C ratios. In other words, as the DMSW ratio in the mixture increases, the hardened mortar density value decreases and a lighter concrete density is obtained. Concrete density values vary between $2284 - 2171 \text{ kg/m}^3$ depending on the increase in the DMSW ratio. This phenomenon is shown graphically in Figure 6.

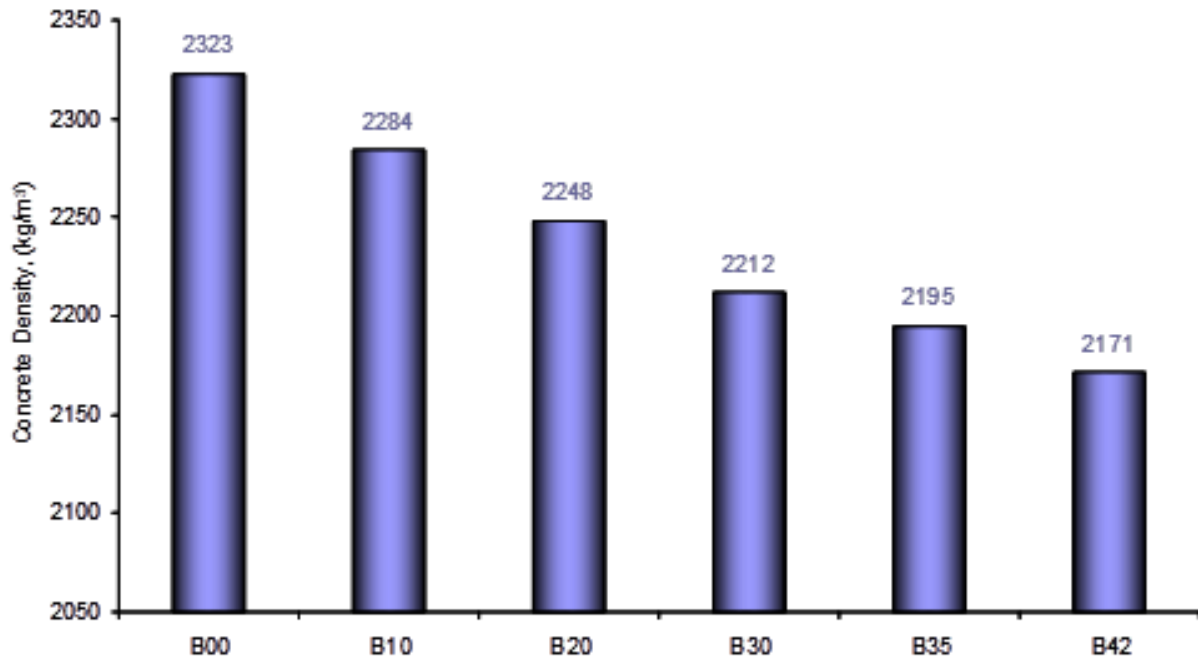


Figure 6. Densities of DMSWKM test samples

The unit weight values of garden concrete kerbs produced with concrete mortar of these density values also decrease in proportion to the DMSW additive ratio. Therefore, it shows that a lighter concrete kerb stone can be obtained compared to the kerb product obtained with the control mixture mortar. The change in the concrete kerb stone unit weight values depending on the increase in the DMSW additive ratio is shown graphically in Figure 7.

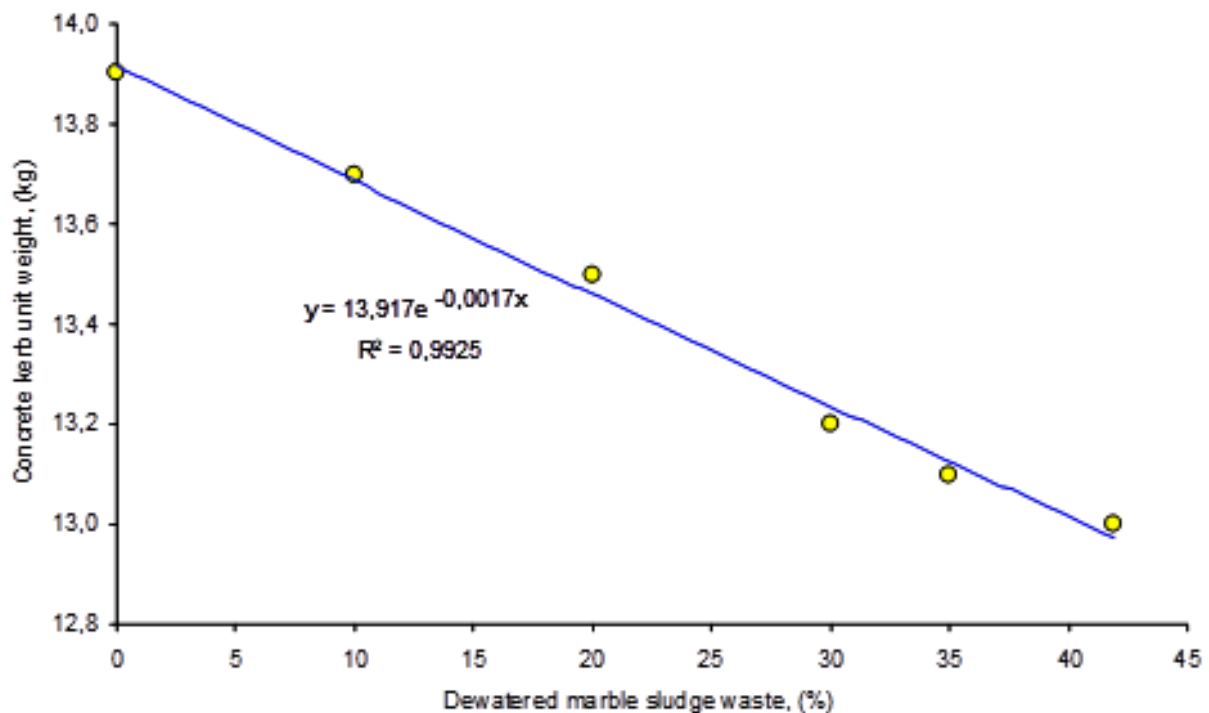


Figure 7. Unit weight of garden concrete kerbs based on DMSW rates

The unit weight of the kerb stone obtained with the B00 mixture is 13.9 kg. It can be seen that the unit weights of concrete kerb products produced with different aggregate types of equivalent nominal sizes generally vary between 13.5 - 15.5 kg. The effective parameter in this is the amount of water applied during kerb stone casting and printing in the fabrication and the change in the placement ratio. When the mixture water ratio increases or the placement ratio increases during kerb molding, the concrete kerb weights may increase since more mortar will be placed in the mold. Within the scope of this study, it can be seen that the unit weights of the garden kerb obtained with all concrete samples with DMSW additives can be lower than the kerb weights in the market conditions and a lighter product can be obtained. However, as the amount of DMSW additive increases in the concrete mixture design, a 6.5% lighter kerb can be obtained compared to the weight of the concrete kerb made with the control mortar. For example, garden concrete kerbs to be produced with B10-B42 mixture designs will allow for a lighter product to be obtained by 1.6%, 3.2%, 4.8%, 5.5% and 6.5%, respectively. It is certain that the lighteners of the kerb stone as a product will provide significant advantages in terms of transportation, especially in its shipment from the place of production to the place of use.

Another issue analyzed and examined within the scope of the study is the flexural strength value of the kerb stone. Limitations have been imposed on the flexural strength values for the use of concrete kerb stone products in flooring in the TS 436 EN 1340 standard [13] and they have been grouped categorically in 3 separate classes. These classification and marking values are given in Table 3. The characteristic flexural strength should not be less than the value given for the relevant class in Table 3. None of the single test results should be less than the smallest value given for the relevant class in Table 3. If the kerb stones cannot be tested according to this standard due to their shape, these elements are considered to be in compliance with this standard if they are manufactured from concrete of at least equivalent quality to the concrete used in the kerb stone conforming to this standard [13].

Table 3. Flexural strength classes (TS 436 EN 1340) [13]

Class	Marking	Characteristic Flexural Strength (N/mm ²)	Minimum Flexural Strength (N/mm ²)
1	S	3.5	2.8
2	T	4.0	4.0
3	U	5.0	4.8

The minimum flexural strength required by the standard is 2.8 N/mm², as can be seen here. In the context of the findings obtained within the scope of the study, the flexural strength values of garden kerb stones produced with DMSWKM designs vary between 3.64 - 6.43 N/mm². This change is shown graphically in Figure 8.

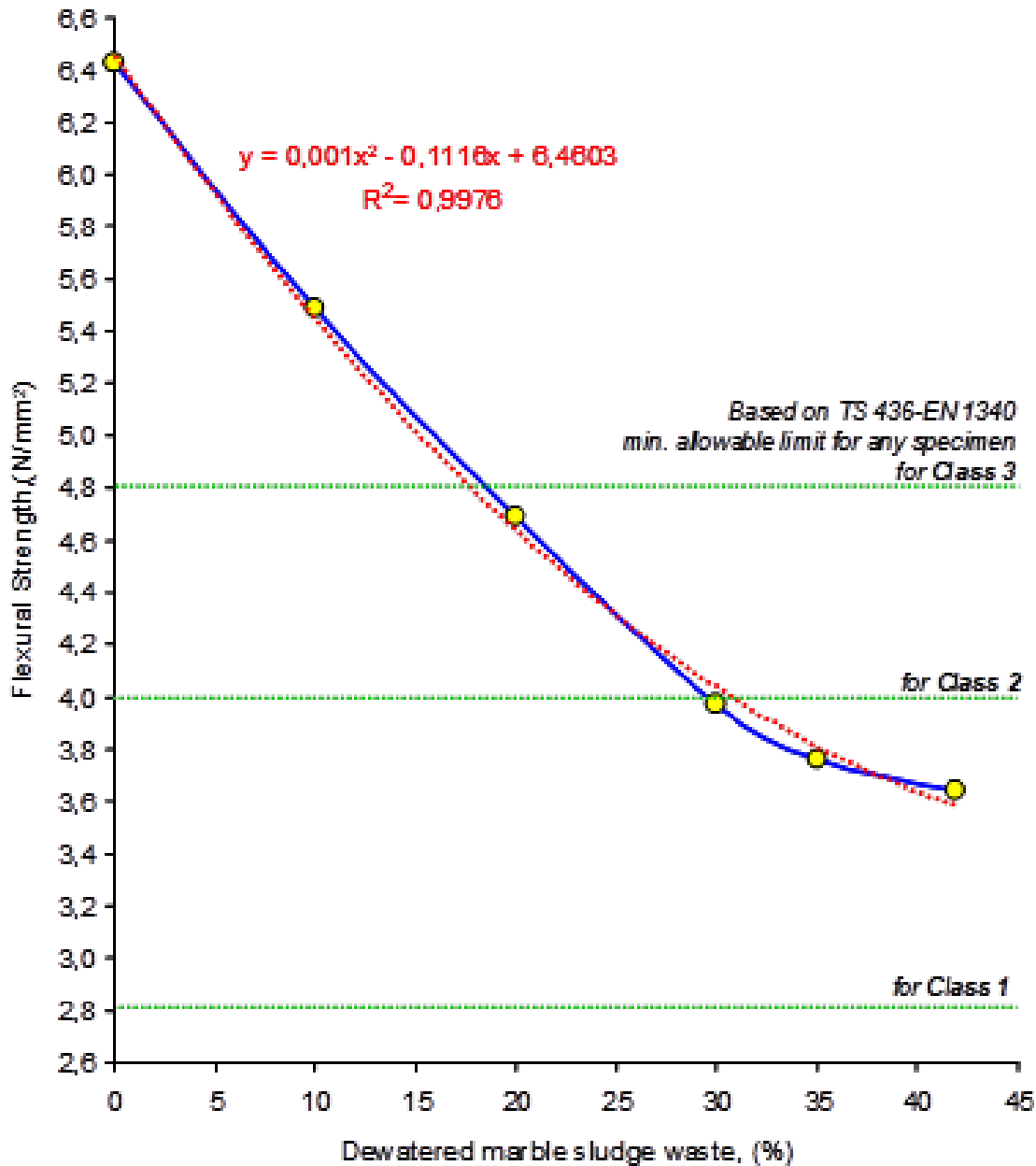


Figure 8. Flexural strength of garden concrete kerbs based on DMSW rates

The average flexural strength of the kerb stone obtained with the B00 mixture is 6.43 N/mm². It can be seen that the unit weights of concrete kerb stones produced with different aggregate types in equivalent nominal dimensions generally vary between 13.5 and 15.5 kg. The average flexural strength of the kerb stone with 10% DMSW added by weight is 5.49 N/mm², and its strength is 14.7% lower than the control sample. However, when examined in terms of the strength limits stipulated by the standard, it is seen that the B00 and B10 samples meet the Class 3 strength limits. On the other hand, the average flexural strength of the kerb stone with 20% DMSW added by weight is 4.69 N/mm², and its strength is 27% lower than the control sample. It is seen that it meets the Class 2 strength limit according to the strength limits stipulated by the standard. In other B30, B35 and B45 mixture designs, the average flexural strength of the kerb stone samples was determined to be <4.00 N/mm², and the flexural strengths were 38.2%,

41.5% and 43.4% lower than the control sample, respectively. According to the strength limits stipulated by the standard, it is seen that the kerb stones in this mixture design provide Class 1 strength limits. As it is clearly seen in these examinations, it was determined that as the DMSW additive ratio increases, it has a decreasing effect on the flexural strength of the kerb product. However, although the kerb product has a decreasing effect on the strength value, it is understood that it can be used in garden kerb stone production since it is seen that it can provide the smallest strength class limit values stipulated by the standard.

4. CONCLUSIONS

In this study, a research study was conducted on the production of garden concrete kerbs using dewatered marble mud waste obtained from water treatment pools by filtration process of marble grains, mostly below 1 mm, which are released during cutting of blocks and slabs in a wet environment in a marble processing factory and mostly with grain sizes below 1 mm. According to the study findings,

1. DMSW, which is used as a substitute for fine sand in the mixture composition, showed a tendency to decrease in the molded unit volume mass values of the kerb mortar in the form of hardened mortar when kept constant at equivalent W/C ratios. As the DMSW ratio in the mixture increases, the hardened mortar density value decreases and a lighter concrete density is obtained.
2. A 6.5% lighter kerb was obtained compared to the weight of the concrete kerb made with the control mortar as the DMSW additive amount increased in the concrete mixture design. It was determined that the garden concrete kerbs to be produced with B10-B42 mixture designs will allow for the production of lighter products at the rates of 1.6%, 3.2%, 4.8%, 5.5% and 6.5%, respectively.
3. The flexural strength values of garden kerb stones produced with DMSWKM designs vary between 3.64 - 6.43 N/mm². It has been determined that as the DMSW additive ratio increases, the flexural strength of the kerb product decreases. However, it has been observed that all kerb products belonging to DMSWKM designs meet the strength limits stipulated in the TS 436 EN 1340 standard.

With this study, it has been determined that lighter and sufficient flexural strength garden kerb stone with DMSW additive can be produced.

REFERENCES

- [1] Yüksel, İ., Bilir, T. (2007). Usage of industrial by-products to produce plain concrete elements. *Construction and Building Materials*, 21(3), 686-694. doi:10.1016/j.conbuildmat.2006.06.031
- [2] Juan-Valdés, A., Rodríguez-Robles, D., García-González, J., Sánchez de Rojas, M. I., Guerra-Romero, M. I., Martínez-García, R., & Morán-del Pozo, J. M. (2021). Recycled precast concrete kerbs and paving blocks, a technically viable option for footways. *Materials*, 14(22), 7007. doi:10.1016/j.conbuildmat.2006.06.031

- [3] Momotaz, H., Rahman, M. M., Karim, M. R., Iqbal, A., Zhuge, Y., Ma, X., & Levett, P. (2022). A review of current design and construction practice for road kerbs and a sustainability analysis. *Sustainability*, 14(3), 1230. <https://doi.org/10.3390/su14031230>
- [4] Campos, R., Larrain, M. M. M., Zaman, M., & Pozadas, V. (2021). Relationships between compressive and flexural strengths of concrete based on fresh field properties. *International journal of pavement research and technology*, 14(2), 161-167. <https://doi.org/10.1007/s42947-020-1074-0>
- [5] Atış, C., Abdılalı, A., İlkentapar, S., Durak, U., & Karahan, O. (2022). Flexural Tensile Strength Measurement and Determination for Kerbstones with Unsymmetrical Section. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 63-68.
- [6] Momotaz, H., Rahman, M. M., Karim, M. R., Zhuge, Y., Ma, X., & Levett, P. (2024). Changes in flexural, tensile and impact characteristics of kerb concrete due to the addition of tyre-derived aggregates and polypropylene fibres. *Journal of Building Engineering*, 83, 108438. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108438>
- [7] Gürtekin, E., & Ünlü, A. (2013). Mermer İşletmeciliğinde Katı Atık Yönetimi: Elazığ İli Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 20-24.
- [8] Büyüksağış, İ. S. Doğaltaş İşleme Tesislerinde Toz Artıkların Oluşumu ve Azaltma Yöntemlerinin İrdelenmesi, *Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması Sempozyumu*, Diyarbakır, 180-193, 2009.
- [9] Acar, H. 2001. Mermer İşleme Tesisi İçin Atık Su Arıtma Sistemi Kurulması Ve İşletilmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar. TÜRKİYE III. Mermer Sempozyumu(MERSEM '2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001 /Afyon
- [10] Çavuş, U.Ş. (2015). Mermer Parça Atıklarının Taşkın Koruma ve Akarsu Yatakları Islah Yapılarında Kullanımı. *AKU J. Sci. Eng.* 15 (2015) 025603 (19-28), DOI:10.5578/fmbd.9746
- [11] Çitoğlu, G.S., Bayraktar, O.Y. (2018). Atık Mermer Tozu ve İnşaat Sektöründeki Kullanımı İle İlgili Çalışmalar. ISAS 2018, Winter, SETSCI Conference Indexing System, Volume 3 (2018), 1323-1 330
- [12] Kacır, S. (2017). Bilecik Mermer Sektörü Raporu, BEBKA Bursa Eskişehir Bilecek Kalkınma Ajansı yayını
- [13] TS 436 EN 1340, Nisan 2005. Zemin Döşemesi İçin Beton Bordür Taşları – Gerekli Şartlar Ve Deney Metotları, Türk Standardı. s59, Ankara.

ANALYSIS OF PAYMENT DELAYS AND THEIR IMPACT ON THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN MALAYSIA

Siti Nur Aisyah

Department of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

Abstract

Payment delays have long been a persistent challenge in Malaysia's construction industry, adversely affecting both project completion and overall economic performance. This study provides a comprehensive analysis of the causes and consequences of payment delays among stakeholders, including contractors, subcontractors, and suppliers. Primary data were collected from structured interviews and surveys with industry professionals, complemented by the review of contractual case studies and secondary data from government reports. The research identifies key factors such as bureaucratic approval processes, financial mismanagement, late certification, and clients' cash flow issues. Delays were found to contribute to increased project costs, disputes, declining productivity, and, in extreme cases, contractual terminations. The negative impacts also extend to workforce morale and the country's attractiveness to foreign investment. Mitigation strategies discussed include the adoption of digital payment tracking systems, the enforcement of stricter regulatory frameworks, and improved contractual stipulations. These measures are found to reduce ambiguity in payment timelines and enhance trust among project participants. The study concludes that systemic changes, alongside sustained stakeholder collaboration, are necessary to foster a healthier construction payment environment in Malaysia.

Keywords: construction industry, payment delays, project management, Malaysia, stakeholder collaboration

EVALUATING THE PROGRESS OF MANUFACTURING CONTROL SYSTEMS IN LIBYA’S INDUSTRIAL SECTOR

Muna Al-Faraj

Department of Industrial Engineering, University of Tripoli, Libya

Abstract

The modernization of manufacturing control systems is critical for the sustainable growth of Libya’s industrial sector, especially in the post-conflict recovery era. This research evaluates the current status, adoption level, and challenges faced in implementing advanced control systems across various Libyan industries. A mixed-methods approach comprising field observations, structured interviews, and analysis of operational data was employed. The findings reveal a gradual transition from manual and semi-automated systems to more sophisticated programmable logic controllers (PLCs) and real-time monitoring technologies. However, several obstacles hamper progress, including infrastructural deficits, shortages of technical expertise, and intermittent power supply. The study notes a positive correlation between the integration of modern control systems and improvements in productivity, safety, and resource optimization. Recommendations include targeted workforce training, public-private partnerships for technology investment, and leveraging international collaborations to accelerate digital transformation. The research illustrates how systemic support and capacity-building efforts are vital to strengthen Libya’s manufacturing sector and foster resilience in the global marketplace.

Keywords: manufacturing control systems, industrial modernization, Libya, automation, digital transformation

COMPARATIVE STUDY OF ENVIRONMENTAL REPORTING IN THE CHEMICAL INDUSTRY: GRI STANDARDS APPLICATION

Dr. Emily Thompson

Department of Environmental Management, University of Manchester, United Kingdom

Abstract

Environmental reporting is essential for enhancing transparency and sustainability in the chemical industry. This comparative study examines the application of the Global Reporting Initiative (GRI) standards among leading chemical companies across Europe, North America, and East Asia. Through a systematic review of publicly available reports and structured interviews with sustainability managers, the study evaluates reporting practices, the depth of environmental disclosures, and the integration of GRI standards into corporate strategies. Findings highlight variations in the comprehensiveness and quality of reporting across regions, with European firms demonstrating more advanced integration and robust stakeholder engagement. Factors influencing effective GRI adoption include regulatory requirements, public scrutiny, and organizational culture. Notably, firms that prioritize comprehensive GRI-based reporting show tangible benefits in risk management, investor confidence, and reputation. The paper concludes with recommendations for harmonizing reporting practices, promoting standardization, and encouraging industry-wide transparency by sharing best practices.

Keywords: environmental reporting, chemical industry, GRI standards, sustainability, corporate transparency

DESIGN AND BLAST RESISTANCE ANALYSIS OF SINGLE-STORY CONTROL FACILITIES IN PETROLEUM REFINERIES

Khaled Al-Mahdi

Department of Structural Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals,
Saudi Arabia

Omar Farouk

Department of Mechanical Engineering, Cairo University, Egypt

Abstract

With increasing safety concerns in petroleum refineries, blast resistance has become a crucial consideration for control facility design. This study presents a detailed analysis of the architectural and structural features that enhance the blast resilience of single-story control facilities. Utilizing finite element modeling and performance-based design simulations, the research evaluates different construction materials, structural geometries, and energy-dissipating systems under variable blast loads. Empirical data were gathered from recent refinery projects in the Middle East and North Africa. Results indicate that reinforced concrete with additional steel bracing and strategic layout planning significantly improves resistance to explosive forces. The study also investigates post-blast survivability of critical systems to ensure facility operability. Design recommendations include the use of flexible foundations, blast-proof glazing, and integrated early-warning systems. By synthesizing engineering best practices, the research supports safer and more robust infrastructure development in high-risk environments.

Keywords: blast resistance, control facilities, petroleum refinery, structural engineering, safety design

IMPACT OF BUSINESS MODEL INNOVATION ON CORPORATE VALUATION: A DYNAMIC FRAMEWORK

Wei Zhang

School of Business, Tsinghua University, China

Li Mei

School of Management, Fudan University, China

Jian Liu

School of Economics, Peking University, China

Abstract

Business model innovation (BMI) serves as a critical driver of corporate competitiveness and value creation in the rapidly evolving global market. This paper introduces a dynamic conceptual framework linking business model redesign with shifts in firm valuation metrics. Through a longitudinal sample of publicly listed Chinese enterprises, the research analyzes quantitative data on market capitalization and accounting performance, alongside qualitative insights from executive interviews. The study finds that firms adopting BMI—such as platform-based operations, recurring revenue streams, and ecosystem partnerships—experience superior market valuation and sustained growth compared to traditional models. Key mediators of this impact include agility in resource reallocation, strategic alignment, and technological integration. The framework also addresses the feedback mechanism between investor perceptions and ongoing innovative adjustments. Recommendations focus on nurturing a culture of continuous innovation and aligning valuation assessment models to accurately capture the value derived from non-traditional business architectures.

Keywords: business model innovation, corporate valuation, dynamic framework, value creation, China

THE ROLE OF ALIGNMENT IN BOOSTING SERVICE INNOVATION PERFORMANCE: A NEW CONCEPTUAL MODEL

Chun-Hua Lin

School of Business, National Chengchi University, Taiwan

Mei-Ying Huang

Department of Management, National Taiwan University, Taiwan

Yu-Fen Wu

Institute of Innovation Management, National Chiao Tung University, Taiwan

Abstract

Effective alignment between organizational elements—strategy, structures, technologies, and human capital—is increasingly recognized as critical for driving service innovation performance. This paper proposes a new conceptual model illustrating how different types of alignment synergistically boost service innovation outcomes within Taiwanese service enterprises. Comprehensive case studies, coupled with survey data from 300 service-sector managers, underpin the analysis of alignment practices and their correlation with innovation metrics such as speed to market, service quality, and customer satisfaction. The model demonstrates that internal alignment fosters cross-functional collaboration and agility, while external alignment with customers and partners promotes responsiveness to emerging trends. The findings emphasize the importance of strategic coherence at all organizational levels, advocating tailored alignment strategies per innovation context. Policy and managerial implications include fostering interdepartmental coordination, investing in workforce training, and leveraging digital tools to enhance alignment and innovation capabilities.

Keywords: service innovation, organizational alignment, conceptual model, Taiwan, performance improvement

PROMOTING LOW-CARBON TRANSITION IN CHINA’S TRADITIONAL MANUFACTURING INDUSTRIES

Jing Wei

Institute of Environmental Policy, Renmin University of China, China

Abstract

Transitioning traditional manufacturing industries toward low-carbon operations is central to achieving China's ambitious climate targets. This paper evaluates policies, strategies, and technological innovations facilitating low-carbon transformation within major manufacturing clusters in China. Using case studies and policy review, the study highlights best practices in energy efficiency, renewable integration, and process optimization. Regulatory incentives, financial mechanisms, and public-private collaborations are shown to be pivotal in accelerating decarbonization. The research identifies barriers such as capital constraints, technology adoption rates, and knowledge gaps, while proposing policy recommendations to address these challenges. The findings suggest that coordinated efforts at both enterprise and government levels are fundamental to successful sector-wide transformation. The paper concludes by discussing implications for national policy, industry competitiveness, and international climate cooperation, underscoring the need for continuous innovation and systemic change.

Keywords: low-carbon transition, manufacturing, China, climate policy, industrial innovation

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATED TQM AND LEAN MANUFACTURING IN MALAYSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Farah Aziz

Faculty of Engineering, Universiti Malaya, Malaysia

Noraini Hassan

Department of Industrial Management, Universiti Teknologi MARA, Malaysia

Ahmad Zulkifli

School of Mechanical Engineering, Universiti Sains Malaysia, Malaysia

Abstract

This study assesses the combined effect of Total Quality Management (TQM) and Lean Manufacturing practices on operational performance within Malaysia's automotive industry. Through a multi-case qualitative and quantitative analysis, data were collected from leading automotive manufacturers using surveys, in-depth interviews, and performance reports. The research explores key indicators such as defect rates, production cycle times, cost efficiencies, and employee engagement. Findings reveal that organizations implementing both TQM and Lean methodologies achieve superior results in process standardization, waste reduction, and continuous improvement culture. Synergistic benefits include enhanced customer satisfaction and increased market share. The study discusses implementation challenges such as resistance to change and resource limitations and suggests comprehensive training and leadership support as critical success factors. Recommendations for practitioners include adopting incremental integration strategies and benchmarking best practices.

Keywords: TQM, lean manufacturing, automotive industry, Malaysia, operational performance

THE EFFECTS OF MERGERS AND ACQUISITIONS ON CONSUMER WELFARE: EVIDENCE FROM INDIA’S MANUFACTURING SECTOR

Dr. Anil Kumar

School of Economics, Jawaharlal Nehru University, India

Ravi Shankar

Faculty of Business, Indian Institute of Management, Ahmedabad, India

Abstract

Mergers and acquisitions (M&A) significantly shape market structures and consumer welfare, particularly in emerging economies like India. This research investigates the effects of M&A activities on product prices, quality, and availability in India’s manufacturing sector using panel data analysis and consumer surveys. The results indicate mixed outcomes: while M&As enhance operational efficiencies and innovation, they sometimes lead to reduced competition and price increases. The paper reveals sector-specific differences, pointing to greater consumer gains in industries with robust regulatory oversight and intense rivalry. The study also examines post-merger integration challenges, including workforce consolidation and management of diverse brands. Recommendations advocate for balanced M&A policies, strong competition law enforcement, and enhanced transparency in deal evaluation to safeguard consumer interests while promoting healthy industry growth.

Keywords: mergers and acquisitions, consumer welfare, manufacturing sector, India, competition policy

ASSESSING THE QUALITY STANDARDS OF HOSPITAL PHARMACIES IN THERAPEUTIC CENTERS ASSOCIATED WITH KERMANSHAH UNIVERSITY OF MEDICAL SCIENCES, IRAN

Dr. Vahid Hamishehkar

Department of Clinical Pharmacy, Kermanshah University of Medical Sciences, Iran

Dr. Hamed Aghababa

Department of Pharmaceutical Care, Kermanshah University of Medical Sciences, Iran

Abstract

This study evaluates the quality standards of hospital pharmacies within therapeutic centers affiliated with Kermanshah University of Medical Sciences in Iran. Hospital pharmacies play a crucial role in ensuring patient safety, effective medication management, and the overall quality of healthcare delivery. Using a cross-sectional descriptive design, the research assessed organizational structures, facilities, personnel qualifications, drug storage, dispensing accuracy, and adherence to established pharmaceutical standards. Data collection was conducted through standardized checklists grounded in internationally recognized quality assurance frameworks, including those from the International Pharmaceutical Federation and other accreditation bodies. Analysis revealed variability in compliance with quality standards, highlighting significant strengths in equipment availability and pharmacist expertise alongside areas needing improvement, particularly in safety protocols and documentation practices. The findings underscore the necessity for continuous monitoring and enhancement of pharmacy services to align with evolving best practices. Recommendations include targeted staff training, implementation of automated systems, and strengthened regulatory oversight to promote patient-centered pharmaceutical care. This study contributes to the ongoing efforts to elevate pharmacy practice standards in Iran, fostering safer and more effective therapeutic outcomes in hospital settings.

Keywords: hospital pharmacy quality, pharmaceutical care, healthcare standards, quality assurance, medication safety

OPTIMIZING VISIBLE LIGHT COMMUNICATION SYSTEMS THROUGH NATURAL LIGHT INTEGRATION

Mahmoud H. Aly

Department of Electrical Engineering, Cairo University, Egypt

Ivan Andonovic

Faculty of Engineering, University of Belgrade, Serbia

Moustafa Beshr

Department of Electronics and Communications, Alexandria University, Egypt

Abstract

Visible Light Communication (VLC) systems offer promising alternatives to traditional wireless technologies, leveraging the visible spectrum for high-speed, secure data transmission. This paper explores the integration of natural light sources in optimizing VLC system performance, aiming to improve signal quality and energy efficiency in indoor environments. Through a series of experiments and simulations, the research investigates the modulation techniques, interference mitigation, and adaptive channel modeling necessary for effective utilization of ambient sunlight alongside artificial light sources. Results demonstrate enhanced system robustness, increased data throughput, and reduced power consumption when natural light is strategically incorporated. Challenges such as ambient light variability and photodetector sensitivity are addressed by deploying advanced filtering algorithms and adaptive thresholding mechanisms. These findings present a significant step towards developing sustainable and efficient VLC infrastructures suitable for smart building applications and next-generation wireless networks. The study's interdisciplinary approach bridges optical communication theory and practical engineering, providing a comprehensive framework for future VLC system designs integrating natural illumination.

Keywords: visible light communication, natural light integration, optical wireless, signal optimization, smart environments

INTEGRATING WIRELESS BODY AREA NETWORKS WITH WEB SERVICES: REVOLUTIONIZING UBIQUITOUS HEALTHCARE PROVISIONING THROUGH ARCHITECTURE

Dr. Oluwgbenga O. Ogunduyile

Department of Computer Science, University of Ibadan, Nigeria

Abstract

Wireless Body Area Networks (WBANs) represent a transformative technology for ubiquitous healthcare, enabling continuous monitoring of patients' physiological parameters. This paper proposes an architectural framework integrating WBANs with web services to enhance healthcare delivery, data interoperability, and real-time patient management. The integrated system facilitates seamless data exchange between biomedical sensors and healthcare providers through standardized web protocols, ensuring scalability, security, and accessibility across diverse platforms. System simulations reveal improved responsiveness and efficient data handling, supporting diagnostic and therapeutic decision-making processes. Emphasizing modular design, the architecture addresses challenges related to bandwidth limitations, energy consumption, and data privacy. This approach aligns with the global trend towards digital health ecosystems, offering potential for remote patient monitoring, chronic disease management, and emergency response optimization. The framework's adaptability encourages further development and integration with emerging technologies, contributing to smarter, patient-centered healthcare infrastructures worldwide.

Keywords: wireless body area networks, web services, healthcare architecture, patient monitoring, digital health

DYNAMIC BRAIN WAVE ACQUISITION AND PSYCHOACOUSTIC ANALYSIS IN REAL TIME

Dipali Shweta

Department of Neuroscience, All India Institute of Medical Sciences, India

Ingh Mahajan

Department of Biomedical Engineering, Indian Institute of Technology Delhi, India

Bansal Rashima

Faculty of Audiology and Speech, University of Delhi, India

Abstract

This research focuses on the development of a real-time system for dynamic acquisition of brain wave signals and psychoacoustic analysis, aiming to understand neural responses to auditory stimuli. Using electroencephalography (EEG) coupled with advanced signal processing techniques, the study examines temporal and spectral brain wave patterns induced by controlled sound environments. The system enables simultaneous neural signal capture and psychoacoustic parameter extraction, providing insights into cognitive and perceptual auditory processes. Applications extend to clinical diagnostics, auditory rehabilitation, and brain–computer interface technologies. Results demonstrate high-fidelity signal acquisition with minimal latency, allowing detailed investigation of auditory evoked potentials and sound perception thresholds. The integration of psychoacoustic metrics enhances interpretability and facilitates personalized auditory therapy approaches. This interdisciplinary effort underscores the potential of combining neuroscience and acoustic engineering for innovative clinical tools and improved understanding of human auditory cognition.

Keywords: brain wave acquisition, psychoacoustics, EEG, real-time analysis, auditory neuroscience

ENHANCING COMBAT EFFECTIVENESS IN NEW GENERATION FIGHTER PLANES THROUGH HUMAN FACTORS CONSIDERATIONS

Binoy Bhargavan

Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Science, India

Abstract

The modernization of fighter aircraft introduces advanced technologies that necessitate a comprehensive understanding of human factors to maximize combat effectiveness. This paper reviews critical human factors considerations—including cockpit design, cognitive workload, situational awareness, and human-machine interface—in the development of next-generation fighter planes. Emphasizing ergonomic principles and pilot-centered design, the study assesses how these elements impact decision-making, reaction times, and mission success. Through simulations and pilot feedback, strategies are proposed to mitigate human error, optimize control layouts, and support effective information processing under high-stress conditions. The findings advocate for integrating human factors engineering early in the aircraft design process to enhance safety, operational efficiency, and pilot performance. This research contributes to aerospace engineering and military human factors disciplines by highlighting best practices essential for the evolving challenges of aerial combat.

Keywords: human factors, fighter planes, combat effectiveness, cockpit design, aerospace engineering

CONSTRUCTING AN INTEGRATED RELATIONAL DATABASE UTILIZING SWISS NUTRITION NATIONAL SURVEY AND HEALTH DATASETS FOR DATA MINING OBJECTIVES

Helena Einsele

Department of Information Systems, University of Zurich, Switzerland

Dr. Farshideh Jenzer

Institute of Medical Informatics, University of Bern, Switzerland

Abstract

This study presents the development of an integrated relational database combining data from the Swiss Nutrition National Survey and various health datasets to support advanced data mining and epidemiological research. The database architecture was designed to enable efficient querying, linkage, and analysis of nutritional and health parameters, facilitating the identification of patterns and correlations related to dietary behaviors and health outcomes. Challenges in data standardization, privacy, and interoperability were addressed through rigorous schema design and anonymization techniques. Initial data mining applications demonstrate the system's capacity to reveal risk factors for chronic diseases and inform public health policies. The integrated database serves as a valuable resource for researchers and healthcare professionals, promoting evidence-based nutritional interventions and improving population health monitoring. Future enhancements include real-time data updates and expansion to other health domains.

Keywords: integrated database, nutrition survey, data mining, health informatics, epidemiology

CAN EEG TESTING AID IN BRAIN TUMOR IDENTIFICATION?

M. Sharanreddy

Department of Neurology, All India Institute of Medical Sciences, India

P. K. Kulkarni

Department of Biomedical Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, India

Abstract

Electroencephalography (EEG) is traditionally used for diagnosing neurological disorders but its potential role in brain tumor identification requires further investigation. This paper evaluates the utility of EEG testing as a non-invasive, cost-effective adjunct diagnostic tool for detecting brain tumors. Through the analysis of EEG wave abnormalities in tumor patients compared to control subjects, the study examines characteristic patterns such as focal slowing, epileptiform discharges, and asymmetries correlated with tumor location and size. Complemented by advanced signal processing techniques, EEG shows promise in aiding early detection and monitoring tumor progression. Limitations include sensitivity to tumor type and depth, necessitating multimodal imaging approaches for confirmation. The findings support incorporating EEG in diagnostic workflows, especially in resource-limited settings, to improve clinical decision-making and patient outcomes. Further research is advocated to refine algorithms and validate clinical protocols.

Keywords: EEG, brain tumor detection, neurological diagnostics, signal processing, neurophysiology

EXAMINING THE HAZARDS OF INADEQUATE MEDICAL WASTE MANAGEMENT PRACTICES ON HUMAN HEALTH AND THE ENVIRONMENT: A REVIEW OF LITERATURE

Babanyara Ibrahim

Department of Environmental Health, Ahmadu Bello University, Nigeria

Garba Bogoro

Department of Public Health, Bayero University Kano, Nigeria

M. Y. Abubakar

Faculty of Environmental Sciences, University of Maiduguri, Nigeria

Abstract

This literature review examines the environmental and public health hazards associated with inadequate medical waste management practices globally, with an emphasis on developing countries. Improper segregation, treatment, and disposal of hazardous medical waste can lead to soil and water contamination, air pollution, and increased transmission of infectious diseases among healthcare workers and surrounding communities. The review synthesizes findings on chemical and biological risks, including exposure to toxic substances, sharps injuries, and pathogen dissemination. It highlights systemic challenges such as lack of infrastructure, inadequate training, and policy enforcement gaps. The paper underscores the urgency of adopting sustainable and compliant waste management protocols, advocating for regulatory reforms, capacity building, and community awareness initiatives. Improving medical waste handling practices is crucial to mitigating risks and protecting ecosystem and human health, aligning with global environmental and health goals.

Keywords: medical waste management, environmental hazards, public health, infectious risk, sustainable disposal

ANALYSIS OF SOIL STABILIZATION TECHNIQUES USING ORGANIC ADDITIVES IN SEMI-ARID REGIONS

Dr. Fatima Zahra

Department of Civil Engineering, University of Marrakech, Morocco

Dr. Karim Benali

Department of Civil Engineering, University of Marrakech, Morocco

Dr. Amina El-Mansouri

Department of Civil Engineering, University of Marrakech, Morocco

Abstract

Soil stabilization is a critical practice in civil engineering, especially in semi-arid regions where soil properties often limit construction and agricultural productivity. This study investigates the effectiveness of various organic additives in improving soil stability and mechanical properties. Organic materials such as biochar, lignin, and natural polymers were incorporated into local soils, and their impact on soil compaction, shear strength, and water retention was analyzed through laboratory experiments. The results demonstrate that organic additives significantly enhance soil cohesion and reduce erosion susceptibility, while also improving moisture retention capacity, which is vital for vegetation growth in arid environments. The study further compares the environmental benefits of organic stabilizers against traditional chemical stabilizers, emphasizing sustainability and reduced ecological impact. Findings suggest that biochar, in particular, offers a promising alternative due to its carbon sequestration potential and soil fertility enhancement. This research contributes to developing eco-friendly soil stabilization strategies that address the challenges of infrastructure development and land management in semi-arid climates. Recommendations include field-scale trials and long-term monitoring to validate laboratory findings and optimize additive dosages for practical applications.

Keywords: soil stabilization, organic additives, semi-arid regions, biochar, sustainable engineering

CLOUD-BASED DEVELOPMENT FRAMEWORKS FOR ADVANCED CONSTRUCTION MANAGEMENT SOFTWARE

Assoc. Prof. Dr. Min-Jae Park

Department of Civil Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology,
South Korea

Abstract

The construction industry increasingly relies on digital technologies to enhance project management efficiency and collaboration. This paper presents a comprehensive cloud-based development framework tailored for advanced construction management software. The framework integrates real-time data processing, collaborative tools, and scalable cloud infrastructure to support complex construction workflows. Key features include modular design, interoperability with existing enterprise systems, and enhanced security protocols to protect sensitive project data. Case studies demonstrate how the framework facilitates seamless communication among stakeholders, improves resource allocation, and accelerates decision-making processes. Additionally, the framework supports integration with emerging technologies such as IoT sensors and BIM (Building Information Modeling), enabling predictive analytics and proactive risk management. The study highlights challenges related to data privacy, latency, and user adoption, offering solutions to mitigate these issues. This research provides a scalable and adaptable foundation for developing next-generation construction management platforms that meet the evolving needs of the industry.

Keywords: cloud computing, construction management, software development, BIM, project collaboration

NUMERICAL MODELING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN COMPLEX MATERIALS USING FINITE ELEMENT ANALYSIS

Assoc. Prof. Dr. Carlos Mendoza

Department of Electrical Engineering, University of São Paulo, Brazil

Dr. Lucia Fernandez

Department of Electrical Engineering, University of São Paulo, Brazil

Abstract

Accurate modeling of electromagnetic fields in complex materials is essential for designing advanced electronic and communication devices. This study employs finite element analysis (FEA) to simulate electromagnetic behavior in heterogeneous and anisotropic materials. The model incorporates material nonlinearity, boundary conditions, and frequency-dependent properties to capture realistic field distributions. Validation against experimental data confirms the model's accuracy in predicting field intensities, resonances, and wave propagation characteristics. Applications include antenna design, electromagnetic shielding, and sensor development. The research also explores computational optimization techniques to reduce simulation time without compromising precision. Results demonstrate that FEA is a powerful tool for understanding electromagnetic interactions in novel materials, facilitating innovation in device engineering. The study concludes with recommendations for extending the model to multiphysics simulations and integrating with machine learning algorithms for automated design processes.

Keywords: electromagnetic fields, finite element analysis, complex materials, simulation, antenna design

THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF ECO-FRIENDLY INSULATION MATERIALS IN WOODEN BUILDINGS

Dr. Lars Jensen

Department of Architecture, Technical University of Denmark, Denmark

Mette Sørensen

Department of Architecture, Technical University of Denmark, Denmark

Abstract

With growing environmental concerns, eco-friendly insulation materials have gained attention in sustainable building design. This study evaluates the thermal performance of various bio-based insulation materials used in wooden buildings under Nordic climate conditions. Experimental setups measured thermal conductivity, moisture buffering capacity, and durability over seasonal cycles. Materials tested include hempcrete, cellulose fiber, and cork panels. Results indicate that bio-based insulations provide comparable or superior thermal resistance compared to conventional synthetic materials, while also offering advantages in moisture regulation and indoor air quality. The study discusses installation challenges and long-term performance implications, highlighting the importance of material selection in energy-efficient construction. Findings support the adoption of eco-friendly insulations to reduce building energy consumption and carbon footprint. Recommendations emphasize integrating these materials into building codes and promoting awareness among architects and builders.

Keywords: thermal insulation, eco-friendly materials, wooden buildings, energy efficiency, sustainable construction

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF SAFETY MANAGEMENT PRACTICES IN CONSTRUCTION PROJECTS

Wei Zhang

School of Civil and Environmental Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China

Mei Lin

School of Civil and Environmental Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China

Abstract

Safety management is a critical component in construction projects to prevent accidents and ensure worker well-being. This paper presents a multi-criteria decision-making framework to evaluate safety management practices across diverse construction sites. Criteria include hazard identification, risk assessment, training effectiveness, and compliance with regulations. Data collected from surveys and site inspections were analyzed using analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy logic techniques to rank safety practices and identify improvement areas. Results reveal that proactive hazard identification and continuous worker training significantly enhance safety outcomes. The study also highlights the role of management commitment and communication in fostering a safety culture. Recommendations focus on integrating technological tools such as wearable sensors and real-time monitoring to augment traditional safety measures. This research provides a systematic approach for construction firms to optimize safety management and reduce occupational risks.

Keywords: safety management, construction projects, multi-criteria decision-making, hazard identification, risk assessment

STABILITY ENHANCEMENT OF FUNCTIONALLY GRADED COMPOSITE PIPES UNDER FLUID FLOW CONDITIONS

Nabil Haddad

Department of Mechanical Engineering, American University of Beirut, Lebanon

Leila Mansour

Department of Mechanical Engineering, American University of Beirut, Lebanon

Abstract

Functionally graded composite (FGC) pipes are increasingly used in fluid transport systems due to their tailored material properties. This study investigates the stability of FGC pipes subjected to internal fluid flow and external mechanical loads. A coupled fluid-structure interaction model was developed using finite element methods to analyze deformation, stress distribution, and buckling behavior. Parametric studies evaluated the effects of grading profiles, flow velocity, and pipe geometry on structural integrity. Results indicate that optimized grading enhances resistance to buckling and fatigue, extending service life. The research also explores the influence of temperature gradients and corrosion on stability. Findings provide design guidelines for engineers to improve safety and performance in pipeline applications, particularly in harsh environments. Future work includes experimental validation and integration with smart monitoring systems.

Keywords: functionally graded composites, pipe stability, fluid-structure interaction, buckling analysis, finite element method

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF BRIDGE LAUNCHING SYSTEMS USING INCREMENTAL LAUNCHING METHODS

Dr. Jun Li

Department of Civil Engineering, Tsinghua University, China

Dr. Qiang Wu

Department of Civil Engineering, Tsinghua University, China

Dr. Fang Zhao

Department of Civil Engineering, Tsinghua University, China

Abstract

Incremental launching is a widely used technique for bridge construction, offering advantages in safety and efficiency. This paper presents a structural optimization approach for bridge launching systems, focusing on minimizing stresses and deflections during the launching process. A finite element model simulates the sequential launching stages, incorporating material nonlinearities and boundary conditions. Optimization algorithms adjust launching parameters such as segment length, jacking force, and support placement to achieve optimal structural performance. Case studies demonstrate significant reductions in peak stresses and improved load distribution. The study also addresses challenges related to construction tolerances and environmental factors. Results provide practical recommendations for engineers to enhance launching system design, reduce construction risks, and optimize resource use.

Keywords: bridge launching, structural optimization, incremental launching method, finite element analysis, construction engineering

VALUATING ENVIRONMENTAL FOOTPRINTS THROUGH MATERIAL FLOW ANALYSIS IN MANUFACTURING INDUSTRIES

Assoc. Prof. Dr. Emily Carter

Department of Environmental Science, University of Sydney, Australia

Abstract

Material flow analysis (MFA) is a valuable tool for assessing environmental impacts in manufacturing industries. This study applies MFA to quantify resource consumption, waste generation, and emissions across multiple manufacturing sectors in Australia. Data were collected from industrial reports, facility audits, and environmental databases. The analysis identifies critical hotspots in material use and waste production, highlighting opportunities for resource efficiency and pollution reduction. Life cycle assessment (LCA) complements MFA by evaluating the environmental footprint of key products. The study emphasizes the role of circular economy principles in minimizing environmental burdens and promoting sustainable manufacturing practices. Recommendations include adopting cleaner production technologies, enhancing recycling programs, and implementing policy incentives. This research provides actionable insights for industry stakeholders and policymakers aiming to achieve environmental sustainability in manufacturing.

Keywords: material flow analysis, environmental footprint, manufacturing, sustainability, circular economy

SIMULATION OF SPRINGBACK EFFECTS IN ADVANCED HIGH-STRENGTH STEELS FOR AUTOMOTIVE APPLICATIONS

Assoc. Prof. Dr. Siphon Ndlovu

Department of Materials Science, University of Pretoria, South Africa

Dr. Thabo Mbeki

Department of Materials Science, University of Pretoria, South Africa

Abstract

Springback is a critical issue in the forming of advanced high-strength steels (AHSS) used in automotive manufacturing, affecting dimensional accuracy and product quality. This study employs finite element simulation to analyze springback behavior under various bending and stamping conditions. Material models incorporating anisotropy and strain hardening were calibrated using experimental data. The influence of process parameters such as punch radius, blank holder force, and lubrication was systematically investigated. Results demonstrate that accurate prediction of springback enables process optimization, reducing trial-and-error in production. The study also explores strategies to mitigate springback, including tool design modifications and material selection. Findings contribute to improving manufacturing precision and reducing costs in automotive component production. Future research will focus on integrating simulation with real-time process control for adaptive manufacturing systems.

Keywords: springback, high-strength steel, finite element simulation, automotive manufacturing, process optimization

SYNTHESIS OF MOLECULARLY IMPRINTED POLYMERS FOR SELECTIVE REMOVAL OF PHARMACEUTICAL CONTAMINANTS FROM WATER

Anna Müller

Institute of Environmental Chemistry, University of Freiburg, Germany

Clara Schmidt

Department of Polymer Science, Technical University of Munich, Germany

Abstract

Pharmaceutical contaminants in water bodies pose significant environmental and health risks due to their persistence and bioactivity. This study focuses on the synthesis and application of molecularly imprinted polymers (MIPs) designed for the selective removal of common pharmaceutical pollutants from aqueous solutions. The MIPs were synthesized using a template molecule approach, targeting specific pharmaceuticals such as antibiotics and analgesics. Characterization techniques including Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), scanning electron microscopy (SEM), and surface area analysis were employed to confirm the successful imprinting and morphology of the polymers. Batch adsorption experiments evaluated the selectivity, adsorption capacity, and kinetics of the MIPs compared to non-imprinted polymers (NIPs). Results demonstrated that the MIPs exhibited high affinity and selectivity towards the target pharmaceutical compounds, with adsorption capacities significantly exceeding those of NIPs. The polymers maintained stability and reusability over multiple adsorption-desorption cycles, indicating their potential for practical water treatment applications. The study also explored the influence of pH, temperature, and competing substances on adsorption performance. These findings contribute to advancing sustainable water purification technologies by providing efficient materials for targeted contaminant removal. Future work will focus on scaling the process and integrating MIPs into continuous flow systems for real-world environmental remediation.

Keywords: molecularly imprinted polymers, pharmaceutical contaminants, selective adsorption, water treatment

REMOVAL OF PENTACHLOROPHENOL THROUGH COMBINED ADSORPTION AND BIODEGRADATION TECHNIQUES

Assoc. Prof. Dr. Nurul Huda

Faculty of Environmental Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

Assoc. Prof. Dr. Faridah Hassan

Department of Chemical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

Abstract

Pentachlorophenol (PCP) is a toxic and persistent organic pollutant widely found in industrial wastewater. This research investigates an integrated approach combining adsorption and biodegradation for effective PCP removal. Activated carbon was used as an adsorbent to concentrate PCP from aqueous solutions, followed by microbial degradation using specialized bacterial strains capable of metabolizing PCP. The adsorption process was optimized by varying parameters such as contact time, adsorbent dosage, and initial PCP concentration. Biodegradation efficiency was assessed through batch experiments measuring PCP reduction and microbial growth kinetics. The combined system showed enhanced removal efficiency compared to individual methods, with adsorption providing immediate pollutant capture and biodegradation ensuring long-term mineralization. Analytical techniques including gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) confirmed the degradation pathways and by-products. The study highlights the synergy between physical and biological processes in treating recalcitrant pollutants and suggests practical applications in wastewater treatment plants. Challenges such as adsorbent regeneration and microbial activity maintenance are discussed to guide future improvements. This integrated method offers a promising solution for sustainable environmental management of hazardous chemicals.

Keywords: pentachlorophenol, adsorption, biodegradation, wastewater treatment

FORMULATION AND CHARACTERIZATION OF VAGINAL SUPPOSITORIES INCORPORATING PROBIOTIC LACTOBACILLUS STRAINS

Dr. Supaporn Chaiyaporn

Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University, Thailand

Nattaporn Srisuk

Department of Microbiology, Mahidol University, Thailand

Abstract

Probiotic vaginal suppositories offer a promising alternative for preventing and treating vaginal infections by restoring healthy microbiota. This study details the formulation and physicochemical characterization of suppositories containing *Lactobacillus* strains known for their antimicrobial and immunomodulatory properties. Various base materials were evaluated for their compatibility with probiotics, melting points, disintegration time, and release profiles. Viability assays assessed the survival of *Lactobacillus* during storage and after simulated vaginal conditions. The optimized formulation maintained high probiotic viability over a three-month period and demonstrated sustained release *in vitro*. Antimicrobial activity tests against common pathogens such as *Candida albicans* and *Gardnerella vaginalis* confirmed the functional efficacy of the suppositories. Safety evaluations including cytotoxicity and irritation potential were conducted using cell culture models. The results support the potential of probiotic suppositories as effective, safe, and patient-friendly options for vaginal health management. Further clinical studies are recommended to validate *in vivo* performance and therapeutic benefits.

Keywords: probiotic suppositories, *Lactobacillus*, vaginal health, drug formulation

EFFECT OF SERICIN CONCENTRATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SILK-BASED FILMS

Dr. Asad Khan

Department of Materials Science and Engineering, National University of Sciences and Technology, Pakistan

Dr. Mahmood Iqbal

Institute of Textile Engineering, University of Punjab, Pakistan

Abstract

Silk-based films are gaining attention as biodegradable materials for biomedical and packaging applications. This study investigates how varying concentrations of sericin, a silk protein, influence the mechanical, optical, and barrier properties of silk films. Films were prepared using different sericin ratios and characterized by tensile testing, UV-Vis spectroscopy, and water vapor permeability measurements. Increasing sericin content enhanced film flexibility and transparency but reduced tensile strength and water resistance. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) revealed changes in protein secondary structure correlating with sericin concentration. Thermal stability was assessed using differential scanning calorimetry (DSC), showing improved heat resistance at moderate sericin levels. The study provides insights into tailoring silk film properties for specific applications by adjusting sericin content. These findings contribute to the development of sustainable biomaterials with customizable performance characteristics. Future research will explore the incorporation of functional additives to further enhance film properties.

Keywords: silk films, sericin concentration, mechanical properties, biodegradable materials

VALIDATION OF A NOVEL RP-HPLC METHOD WITH FLUORESCENT DETECTION FOR NORFLOXACIN ANALYSIS

Nattawut Charoensuk

Phong Aramwit

Department of Pharmaceutical Chemistry, Chulalongkorn University, Thailand

Abstract

This study presents the validation of a newly developed reversed-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) method coupled with fluorescent detection for analyzing norfloxacin, a widely used antibiotic. The method was optimized for sensitivity, specificity, and reproducibility to ensure accurate quantification of norfloxacin in pharmaceutical formulations and biological matrices. Chromatographic conditions, including mobile phase composition, flow rate, and fluorescence excitation/emission wavelengths, were carefully adjusted to enhance detection limits. Validation was conducted following international guidelines, evaluating parameters such as linearity, accuracy, precision, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), and robustness. The method demonstrated excellent linearity in the range of 0.01–10 µg/mL, with correlation coefficients exceeding 0.999. Recovery rates ranged from 98.5% to 101.2%, indicating high accuracy. Precision, assessed by intraday and interday assays, showed relative standard deviations below 2%. The fluorescent detection provided enhanced sensitivity compared to conventional UV detectors, allowing for the detection of norfloxacin at very low concentrations. This validated RP-HPLC method is suitable for quality control in pharmaceutical production and therapeutic drug monitoring, offering a reliable tool for norfloxacin analysis in clinical and research settings. The main advantages of this approach include its rapid analysis time, cost-effectiveness, and strong performance under a variety of sample conditions.

Keywords: RP-HPLC, norfloxacin, fluorescent detection, method validation

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF PLUMERIA ALBA FLOWER EXTRACTS AGAINST PATHOGENIC BACTERIA

Dr. Mahmoud El-Sayed

Dr. Ghulam Rasool

Department of Microbiology, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

Abstract

This research investigates the antibacterial properties of flower extracts from *Plumeria alba*, a plant traditionally used for medicinal purposes, against several pathogenic bacterial strains. The study employed various solvents to obtain extracts under different polarities and concentration ranges, and their antibacterial efficacy was assessed via disc diffusion and minimum inhibitory concentration (MIC) tests. Results revealed significant antibacterial activity against both Gram-positive bacteria such as *Staphylococcus aureus* and Gram-negative bacteria including *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. The ethyl acetate and methanolic extracts exhibited the highest inhibitory effects, suggesting the presence of bioactive phytochemicals responsible for antimicrobial functions. Phytochemical screening indicated considerable quantities of flavonoids, tannins, and alkaloids, which may contribute synergistically to the bactericidal effects observed. The findings support the potential of *Plumeria alba* flower extracts as a natural alternative for combating bacterial infections, especially amid rising antibiotic resistance challenges. Further studies are recommended to isolate and characterize the active compounds and to evaluate their mechanisms of action. In conclusion, this study highlights the pharmacological value of *Plumeria alba* and its prospective application in developing novel antibacterial agents.

Keywords: *Plumeria alba*, antibacterial activity, pathogenic bacteria, phytochemicals

PROACTIVE DETECTION OF FALSE POSITIVE ALERTS IN DRUG-DRUG INTERACTION SYSTEMS

Assoc. Prof. Dr. Mariam Syakirah
Dr. Brenda Lawson

Faculty of Computer Science, University of Malaya, Malaysia

Abstract

The increasing complexity of drug regimens has raised concerns regarding drug-drug interactions (DDIs), necessitating efficient, accurate detection systems. This study proposes a proactive methodology to identify and reduce false positive alerts in clinical DDI systems, which often burden healthcare providers with unnecessary warnings leading to alert fatigue. The approach integrates machine learning models trained on curated pharmacological datasets and electronic health records to improve specificity while maintaining high sensitivity. Features such as drug pharmacokinetics, interaction severity, and patient-specific factors were incorporated to refine alert generation. The model was validated against real-world DDI databases and compared to existing rule-based systems. Results demonstrated a significant reduction in false positives without compromising true interaction detection, thereby enhancing clinical decision support systems' usability and reliability. The system's proactive nature allows for continuous learning and adaptation to emerging drug data. Implications include improved patient safety, optimized clinical workflow, and reduced cognitive load on healthcare professionals. This research paves the way for more intelligent, context-aware DDI alerting mechanisms in electronic prescribing systems.

Keywords: drug-drug interaction, false positives, machine learning, clinical decision support

COMPARATIVE STUDY OF ANTIBACTERIAL EFFECTS OF ETHANOLIC AND ISOPROPYL HEXANE EXTRACTS OF GINGER (ZINGIBER OFFICINALE)

Dr. Hsuan-Ling Yang

Dr. Yan-Jie Huang

Department of Pharmacognosy, National Taiwan University, Taiwan

Abstract

This comparative study evaluates the antibacterial efficacy of ethanolic and isopropyl hexane extracts derived from the rhizome of *Zingiber officinale* (ginger) against various clinically relevant bacterial strains. Standard laboratory assays including agar well diffusion and broth microdilution techniques were implemented to quantify antimicrobial activity and determine minimum inhibitory concentrations (MICs). The ethanolic extract demonstrated superior antibacterial effects compared to the isopropyl hexane extract, which showed moderate activity primarily against Gram-positive bacteria like *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*. Phytochemical analysis revealed higher concentrations of phenolic and flavonoid components in the ethanolic extract, correlating with enhanced bioactivity. The results underscore the influence of solvent polarity on the extraction of active compounds and their subsequent antimicrobial potential. The study highlights ginger's promise as a natural antibacterial agent and supports further investigation into optimizing extraction methods for pharmaceutical applications. Furthermore, insights from this research can contribute to developing novel plant-based antimicrobial formulations as alternatives to conventional antibiotics.

Keywords: *Zingiber officinale*, antibacterial activity, ethanolic extract, isopropyl hexane extract

NEUROPROTECTIVE EFFECTS OF CLITORIA TERNATEA ROOT EXTRACT ON LEARNING AND MEMORY ENHANCEMENT

Dr. Tahereh Naji

Dr. Mahsa Jassimi

Department of Neuroscience, Tehran University of Medical Sciences, Iran

Abstract

This experimental study explores the neuroprotective properties of *Clitoria ternatea* root extract and its influence on cognitive functions, specifically learning and memory enhancement in animal models. Utilizing behavioral paradigms such as the Morris water maze and passive avoidance tests, the study assessed memory retention and spatial learning in rodents administered with varying dosages of the extract. Biochemical assays measured antioxidant enzyme activity and neuroinflammatory markers in brain tissues to elucidate underlying mechanisms. Findings revealed significant improvement in learning and memory tasks, concomitant with increased superoxide dismutase and catalase activities and reduced levels of pro-inflammatory cytokines. These effects suggest that the extract mitigates oxidative stress and neuroinflammation, which are critical contributors to cognitive decline. The phytochemical profile indicated the presence of flavonoids and alkaloids with potential neuroprotective roles. This research emphasizes therapeutic potential for *Clitoria ternatea* in managing neurodegenerative disorders and cognitive impairments. Further clinical studies are warranted to validate these findings and develop standardized herbal interventions.

Keywords: *Clitoria ternatea*, neuroprotection, learning enhancement, memory improvement

BRAIN IMAGING CLASSIFICATIONS RELATED TO MATHEMATICS LEARNING AND PRACTICE

Dr. Carlos Silva
Dr. Mariana Costa
Dr. Rafael Oliveira

Department of Cognitive Neuroscience, University of Lisbon, Portugal

Abstract

This study explores the neural correlates underlying mathematics learning and practice through advanced brain imaging techniques. Utilizing functional magnetic resonance imaging (fMRI) and electroencephalography (EEG), the research classifies patterns of brain activity associated with different levels of mathematical proficiency and cognitive engagement during problem-solving tasks. The data were collected from a cohort of 120 participants ranging from novice learners to expert mathematicians. Results indicate distinct activation patterns in the parietal and prefrontal cortices, areas critical for numerical processing and executive function. Machine learning algorithms were applied to classify brain activity corresponding to specific mathematical tasks such as arithmetic, algebra, and spatial reasoning. The study further identifies neuroplastic changes associated with sustained practice, revealing a shift in activation from effortful cortical regions to more efficient pathways. These classifications advance understanding of the neural basis of math education and offer potential applications in personalized learning strategies, neurofeedback, and educational interventions targeting students with learning difficulties. Limitations and future directions in multimodal imaging and longitudinal tracking are also discussed.

Keywords: brain imaging, mathematics learning, fMRI, EEG, neuroplasticity

THE IMPACT OF MOTIVATION, SELF-EFFICACY, AND MATHEMATICAL IDENTITY ON STUDENT PERFORMANCE

Dr. Amina Hassan

Dr. Khalid Al-Farsi

Department of Educational Psychology, Sultan Qaboos University, Oman

Abstract

This paper investigates the influence of motivation, self-efficacy, and mathematical identity on students' academic performance in mathematics. Based on a sample of 300 secondary school students, the study employs quantitative measures including standardized tests and validated questionnaires to assess motivational constructs alongside performance outcomes. Structural equation modeling reveals that intrinsic motivation and strong self-efficacy beliefs significantly predict higher achievement, while mathematical identity functions as both a mediator and moderator in this relationship. The findings suggest that students who perceive themselves positively as math learners exhibit greater resilience and engagement, resulting in improved problem-solving abilities and test scores. Implications are drawn for curriculum development, instructional design, and mentoring programs that foster motivational and identity-building experiences. Furthermore, culturally relevant educational practices in the Middle East context are highlighted as factors shaping these psychosocial dimensions. The study emphasizes integrated approaches combining cognitive and affective aspects to enhance student performance in mathematics.

Keywords: motivation, self-efficacy, mathematical identity, student performance, educational psychology

STUDENTS' PERCEPTIONS OF MATHEMATICS EDUCATION: A CROSS-SECTIONAL STUDY AMONG SENIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN LAGOS STATE, NIGERIA

Chinedu Okafor
Department of Educational Studies, University of Lagos, Nigeria

Abstract

This cross-sectional study examines the perceptions of senior secondary school students regarding their mathematics education experience in Lagos State, Nigeria. Through surveys and focus group discussions conducted with 450 students, the research identifies prevailing attitudes, perceived challenges, and factors that influence students' engagement and achievement in mathematics. Key findings highlight that while many students recognize the utility of math in their academic and future career paths, there is a widespread perception of difficulty and anxiety associated with the subject. Inadequate teaching resources, large class sizes, and limited access to supplementary learning tools were frequently cited as barriers. Additionally, the study observes variations in perceptions based on gender, socioeconomic status, and school type. Recommendations include targeted teacher training, curriculum adjustments emphasizing practical applications, and the incorporation of technology-aided learning to create a more supportive and motivating environment. This research contributes to policy dialogues aiming to improve mathematics education outcomes in Nigerian secondary schools.

Keywords: student perceptions, mathematics education, secondary schools, Nigeria, educational challenges

ASSESSING TEACHERS' BELIEFS IN MATHEMATICS EDUCATION USING A FUZZY LOGIC MODEL

Dr. Kwame Boateng
Faculty of Education, University of Ghana, Ghana

Abstract

This study applies a fuzzy logic modeling approach to analyze teachers' beliefs about mathematics education and how these beliefs influence instructional practices. Data were collected via questionnaires and interviews from 120 mathematics teachers across various educational levels in Ghana. The fuzzy logic model accounts for the inherent uncertainty and subjective nuances in teachers' attitudes, enabling a more nuanced classification of belief patterns than conventional binary models. The results demonstrate diverse belief profiles ranging from traditional to constructivist orientations, which correlate with teachers' openness to innovative pedagogies and technology integration. Furthermore, the model identifies key factors driving belief change, including professional development and collaboration experiences. The study advocates for the use of fuzzy logic as a powerful tool in educational research, offering insights for policymakers and administrators designing targeted interventions to support effective mathematics teaching. Emphasis is placed on fostering reflective practices to align teacher beliefs with evidence-based instructional strategies.

Keywords: teachers' beliefs, fuzzy logic, mathematics education, instructional practices, educational research

ENHANCING NON-MATHEMATICS UNDERGRADUATE STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS MATHEMATICS THROUGH TECHNOLOGICAL INTERVENTIONS

Dr. Samuel Nkosi

Department of Education Technology, University of Cape Town, South Africa

Abstract

This paper evaluates the effectiveness of technological interventions in improving attitudes towards mathematics among non-mathematics undergraduate students. Recognizing the widespread math anxiety and disengagement in this population, the study implements interactive software tools, gamified learning platforms, and virtual collaborative problem-solving sessions over a semester-long pilot program involving 150 participants. Pre- and post-intervention surveys, focus group feedback, and academic performance data were analyzed to assess changes in attitude, motivation, and achievement. Findings reveal significant improvements in students' confidence, interest, and perceived relevance of mathematics, alongside modest gains in test scores. The technology fostered active learning and peer interaction, mitigating traditional barriers such as fear of failure and lack of contextualization. The research underscores the potential of blended and digital learning environments in transforming mathematical attitudes and supporting curriculum inclusivity. Challenges related to technological infrastructure and user training are addressed, with suggestions for scalable implementation across diverse educational settings.

Keywords: technological intervention, mathematics attitudes, undergraduate students, math anxiety, digital learning

ENHANCING ELEMENTARY MATHEMATICS LEARNING THROUGH EDUCATIONAL VIDEO GAMES: EXPLORING STUDENT ENGAGEMENT, PERFORMANCE, AND TEACHER-STUDENT DYNAMICS

**Dr. Mei-Ling Chen
Dr. Wei Zhang**

Department of Educational Technology, National Taiwan Normal University, Taiwan

Abstract

This study explores the impact of educational video games on elementary mathematics learning, focusing on student engagement, academic performance, and teacher-student interaction dynamics. A randomized controlled trial was conducted with 200 elementary students over a 12-week period, integrating custom-designed math games aligned with curriculum objectives in classroom instruction. Quantitative assessments showed significant improvements in arithmetic skills and problem-solving abilities in the experimental group compared to controls. Qualitative analysis of classroom observations and interviews revealed increased student motivation and participation, as well as evolving teacher roles shifting towards facilitators of interactive learning environments. Challenges such as balancing game difficulty and curriculum pacing were addressed through iterative design and teacher feedback. The findings support the incorporation of video games as an effective pedagogical tool to enhance mathematics understanding and engagement in early education. Implications include curriculum adjustment, teacher training, and equitable access to technology to maximize educational benefits.

Keywords: educational video games, elementary mathematics, student engagement, teacher-student interaction, learning outcomes

FINITE-SUM OPTIMIZATION WITH ADAPTIVE SMOOTHNESS AND LOOPLESS VARIANCE REDUCTION TECHNIQUES

Dr. Elena Volkova

Dr. Dmitry Petrov

Department of Applied Mathematics, St. Petersburg State University, Russia

Abstract

This paper presents novel algorithms for finite-sum optimization problems incorporating adaptive smoothness estimation and loopless variance reduction techniques. Such problems are ubiquitous in machine learning, data analysis, and signal processing. The proposed methods dynamically adjust smoothing parameters during iterations, enhancing convergence rates without prior knowledge of problem smoothness. Loopless variance reduction minimizes computational overhead by avoiding explicit epoch restarts common in earlier algorithms. Theoretical analyses demonstrate improved complexity bounds under standard convexity and smoothness assumptions. Experimental evaluations on benchmark problems including logistic regression and support vector machines reveal faster convergence and greater stability compared to existing methods. The adaptivity and efficiency of the algorithms promise wide applicability in optimizing convex and nonconvex objectives encountered in modern data-driven contexts. Future work will explore extensions to distributed and stochastic settings.

Keywords: finite-sum optimization, adaptive smoothness, variance reduction, convex optimization, machine learning

SİNİR OTU (*Plantago ovata* Forsk) BİTKİSİNDE FARKLI KURAKLIK SEVİYELERİNİN ÇİMLENME ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Doç. Dr. Gülen ÖZYAZICI

Siirt Üniversitesi, gulenozyazici@siirt.edu.tr, 0000-0003-2187-6733

Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ

Siirt Üniversitesi, semihacikbas@siirt.edu.tr, 0000-0003-4384-3908

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Siirt Üniversitesi, arifozyazici@siirt.edu.tr, 0000-0001-8709-4633

ÖZET

Bu çalışmada, sinir otu (*Plantago ovata* Forsk) tohumlarına uygulanan farklı kuraklık seviyelerinin bazı çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma; Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Yapay kuraklık stresi, polietilen glikol (polyethylene glycol, PEG-6000) materyali ile sağlanmıştır. Çalışmanın bitkisel materyalini Hindistan orijinli *P. ovata* genotipi oluşturmuştur. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak Petri kaplarında kurulmuştur. Araştırmada, PEG seviyeleri % 0, % 5, % 10, % 15 ve % 20 olarak uygulanmıştır. Çalışmada, deney kurulduğu günden itibaren 24 saatte bir olacak şekilde çimlenen tohumlar sayılmış; deney, yedinci günde sonlandırılmıştır. Araştırmada çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi parametreleri incelenmiştir. İstatistiksel analizler, kuraklık seviyesindeki artışın *P. ovata* bitkisinin çimlenme özelliklerini çok önemli ($p<0.01$) derecede etkilediğini göstermiştir. Araştırma sonuçlarına göre, kuraklık stresi uygulamalarının incelenen çimlenme parametreleri üzerine olumsuz etkiler yaptığı görülmüştür. Bu etkiler, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi için % 15 PEG seviyesinde belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, *P. ovata* bitkisinin kuraklık stresine toleransının düşük düzeylerde olduğu sonucuna varılmıştır. Bir başka ifade ile bitki, düşük şiddetli kuraklıktan etkilenmediği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Plantago ovata* Forsk, Kuraklık stresi, Çimlenme yüzdesi, Ortalama çimlenme süresi

EFFECT OF DIFFERENT DROUGHT LEVELS ON GERMINATION CHARACTERISTICS OF PSYLLIUM (*Plantago ovata* Forsk)

ABSTRACT

This study aimed to determine the effects of different drought levels applied to psyllium (*Plantago ovata* Forsk) seeds on some germination traits. The study was conducted under controlled conditions in the Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture, Siirt University.

Artificial drought stress was provided with polyethylene glycol (PEG-6000). The plant material of the study consisted of *P. ovata* genotype originating from India. The laboratory study was set up in Petri dishes according to a randomized plot design with four replications. This research, PEG levels were applied at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. Germinated seeds were counted every 24 hours from the day the experiment was established and terminated on the seventh day. Germination percentage, mean germination time, germination uniformity coefficient, germination index, and germination energy parameters were investigated in the study. Statistical analyses showed that increasing drought levels significantly ($p < 0.01$) affected the germination characteristics of *P. ovata*. The results of the study revealed that drought stress treatments had negative effects on the germination parameters studied. These effects were clearly observed at the 15% PEG level for germination percentage and mean germination time. When all parameters were evaluated together, it was concluded that *P. ovata* had low tolerance to drought stress. In other words, it can be said that the plant is not affected by low-severity drought.

Keywords: *Plantago ovata* Forsk, Drought stress, Germination percentage, Mean germination time

1. GİRİŞ

Tarımda daha iyi bitkisel üretim ve verimliliğe ulaşmanın önündeki en büyük tehditlerden biri, abiyotik streslere bağlı olumsuz çevre koşullarıdır (Jisha ve ark., 2012; Joshi ve Sawant, 2012; Muhie, 2018). Kuraklık, sıcaklık ve tuzluluk gibi bu abiyotik stresler, özellikle tohum çimlenmesini etkileyen temel çevresel faktörlerdir (Llanes ve ark., 2015, Thirusendura ve Saraswathy, 2017). Kuraklığın neden olduğu su stresi, özellikle dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde, tüm büyüme aşamalarında bitki büyümesi ve gelişiminde hayati bir rol oynadığı için, ürün büyümesinin ciddi sınırlamalarından biridir (Ahmad ve ark., 2009). Bu anlamda kuraklık stresinden etkilenen birçok ürünlerin yaşamındaki en kritik aşama tohum çimlenmesidir.

Kuraklık stresiyle ilgili saha deneylerine alternatif bir yöntem, kontrollü laboratuvar koşulları altında polietilen glikol (polyethylene glycol, PEG) kullanılarak stres oluşturmaktır (Queiroz ve ark., 2019). Son zamanlarda, PEG çözeltilerinin neden olduğu kuraklık stresine karşı bitkilerin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi açısından verdiği tepkiler üzerine birçok çalışma bildirilmiştir. Fasulye (Machado-Neto ve ark., 2006), sorgum (Oliveira ve Gomes-Filho, 2009), mısır (Khodarahmpour, 2011) ve pamuk (Meneses ve ark., 2011) gibi ürünler bu çalışmalardan bazılarıdır. Polietilen glikol kaynaklı kuraklık stresinin ürünlerin çimlenme özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak için birçok deney yapılmış olsa da, kuraklık stresi koşulları altında *Plantago* cinsinin çimlenme parametreleri hakkında çok az bilgi bilinmektedir.

Bitkilerin kuraklık stresine karşı gösterdikleri tepkiler cins ve türlere göre değişkenlik gösterir. *Plantago* L. cinsi, kıraç arazilerde, geçirimsiz, sert, sık topraklarda yetişme özelliğine bağlı olarak, tolerans derecelerinde önemli farklılıklar olan türleri içerdiğinden, kuraklık stresine verilen tepkilere yönelik çalışmalar için iyi bir model bitki grubunu oluşturmaktadır. Bu çalışmanın amacı, PEG kaynaklı farklı şiddetteki laboratuvar kuraklık stresinin *Plantago*

cinsinin en önemli üyesi olan *Plantago ovata*'nın çimlenme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada, bitkisel materyal olarak Hindistan orijinli *P. ovata* genotipi kullanılmıştır. Kuraklık stresi koşulları polietilen glikol (polyethylene glycol, PEG-6000) materyali ile sağlanmıştır.

Çalışmada 5 farklı kuraklık stresi (% 0, % 5, % 10, % 15 ve % 20) ele alınmıştır. Laboratuvar denemesi Petri kaplarında, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Konsantrasyonlar seçilirken, PEG-6000 solüsyonunun ozmotik direncinin -0.3 ile -0.80 MPa kuraklık stresi aralığı esas alınmıştır (Muscolo ve ark., 2014). Uygulanan kuraklık seviyeleri belirlenirken ağırlık/hacim esasına göre % 0, % 5, % 10, % 15 ve % 20 konsantrasyonlu solüsyonlar hazırlanmıştır.

Her bir Petri (90 mm x 15 mm) kabına 25 adet homojen irilikte tohum gelecek şekilde iki kat filtre kâğıdı arasına tohumlar yerleştirilmiştir. Kontrol (% 0) konusu hariç, başlangıçta her bir Petri kabına 5 ml PEG solüsyonu uygulanmış; ilerleyen günlerde Petrilerdeki nem durumuna göre kuraklık dozları ilave edilmiştir. Petriler, 7 gün boyunca karanlık ortamda ve 25 ± 1 °C sıcaklıktaki etüvde çimlenmeye bırakılmıştır. Yedi gün boyunca günlük olarak çimlenen tohum sayıları kaydedilmiştir. Tohumlarda çimlenme tespit edilirken, Scott ve ark. (1984) ve Soleymani ve Shahrajabian (2018) tarafından bildirilen esaslara göre, en az 2 mm kökçük çıkışı olan bitkiler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çalışmada çimlenme yüzdesi (Scott ve ark., 1984), ortalama çimlenme süresi (Ellis ve Roberts, 1981), çimlenme üniformite katsayısı (Bewely ve Black, 1994), çimlenme enerjisi (Li ve ark., 2020) ve çimlenme indeksi (Wang ve ark., 2004) parametreleri incelenmiştir.

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş; ortalamalar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Plantago ovata tohumlarına uygulanan farklı kuraklık düzeylerinde bazı çimlenme parametrelerindeki değişkenlikler Çizelge 1'de verilmiştir. Varyans analizi, kuraklık stresinin *P. ovata*'da çimlenme özelliklerinde önemli değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Bu değişkenlikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$) (Çizelge 1).

Çizelge 1. *Plantago ovata* bitkisinde farklı kuraklık seviyelerinin bazı çimlenme parametrelerine etkisi*

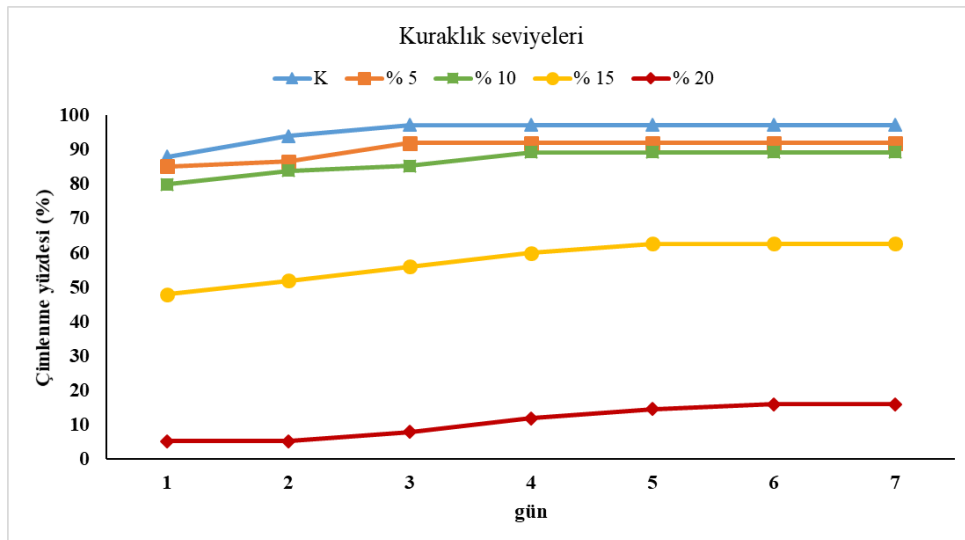
İncelenen parametreler	Kuraklık seviyeleri					TUKEY değeri/ Önemlilik düzeyi
	Kontrol	% 5	% 10	% 15	% 20	
Çimlenme yüzdesi (%)	97.3 a	92.0 a	89.3 a	62.7 b	16.0 c	8.97**
Ortalama çimlenme süresi (gün)	1.10 c	1.16 c	1.23 c	1.67 b	3.20 a	0.26**
Çimlenme üniformite katsayısı	87.7 a	78.4 b	72.1 b	38.3 c	5.1 d	6.73**
Çimlenme enerjisi	88.0 a	85.3 ab	80.0 b	48.0 c	5.3 d	6.66**
Çimlenme indeksi	23.1 a	21.9 ab	20.8 b	13.1 c	2.0 d	1.55**

*: Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değildir, **: $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılık

Artan kuraklık stresiyle birlikte; çimlenme yüzdesi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi keskin bir şekilde düşmektedir. Tüm çimlenme parametrelerinde en yüksek değerler kontrol gruplarına aittir. Benzer şekilde kuraklık düzeyleri ortalama çimlenme süresinde de olumsuz etkiler göstermiş; kuraklık seviyeleri arttıkça çimlenme süresi uzamıştır (Çizelge 1). Polietilen glikol, düşük su potansiyelleri altında tohum çimlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda su stresi koşullarını simüle etmek için sıklıkla kullanılan organik bir bileşiktir (Jajarmi, 2009; Muscolo ve ark., 2014). Bu anlamda PEG, yüksek bir moleküler ağırlığa (C6000) sahiptir; bu nedenle, bitki hücre duvarlarından geçemez (Carpita ve ark., 1979). Çimlenme ortamındaki çözeltilerde PEG konsantrasyonunun artması, bitkilerde çimlenme oranında, kök ve sürgün büyümesinde ve tohum canlılığında bir düşüşe neden olur (Khodarahmpour, 2011).

Mevcut araştırma sonuçları, kuraklık stresinin incelenen tüm özellikler üzerinde olumsuz etkiler bıraktığını göstermektedir. Kuraklık stresinde ozmotik potansiyelin artmasıyla çimlenme oranı azalmıştır. Zakaria ve ark. (2014) *P. major* bitkisi tohumlarında artan kuraklık stresiyle birlikte çimlenme yüzdesinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Benzer bulgular *P. ovata* ve *P. psyllium* (Rahimi ve ark., 2006) türlerinde yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir. Farklı bitki türleri ile yapılan diğer bazı çalışmalarda, örneğin; susam (Bahrami ve ark., 2012), *Lolium*, *Poa*, *Agrostis* ve *Festuca* (Yılmaz ve ark., 2022), yaygın fiğ (Çifçi ve Açıkbaş, 2023) bitkilerinde çimlenme yüzdesinin artan kuraklık seviyesiyle azaldığı rapor edilmiştir.

Kümülatif çimlenme yüzdesi incelendiğinde, çimlenme ortamında bulunan PEG konsantrasyonu arttıkça tohumlarda çimlenmeye başlamanın geciktiği, aynı zamanda çimlenme yüzdesinin giderek azaldığı anlaşılmaktadır. Araştırmada kontrol, % 5, % 10 ve % 15 PEG dozlarında çimlenme 2. günde başlarken, % 20 PEG uygulamasında 3. günde başlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kuraklık stresi altında çimlenme yüzdelерinin günlük kümülatif değışim oranları

Su stresi yalnızca tohum çimlenmesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda bitkilerde ortalama çimlenme süresini de geciktirir. Nitekim mevcut çalışmada, kontrole kıyasla ortalama çimlenme süresindeki farklılıklar, su potansiyelinin azalmasıyla giderek daha da uzamıştır.

Ortalama çimlenme süresi, çimlenme oranının zamana yayılımının bir ölçüsü olarak tanımlanır (Marcos-Filho, 2005). Ortalama çimlenme süresindeki gecikme, başarılı ve üniform bir çıkış için dezavantajlı olabilir; çünkü gecikmiş çimlenme, tohumları zararlı böcekler ve patojenler saldırılarına karşı daha savunmasız hale getirir (Queiroz ve ark., 2019). Yağlık ayçiçeği (El Midaoui ve ark., 2001), süs ayçiçeği (Toscano ve ark., 2017), yem bezelyesi (Uslu ve ark., 2021) ve yaygın fiğ (Çifçi ve Açıkbaş, 2023) bitkilerinde yapılan çalışmalarda da kuraklık stresi ve ortalama çimlenme süresi yönünden benzer sonuçlar bildirilmiştir.

Tohum çimlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda sıklıkla dikkate alınan bir diğer parametre ise çimlenme indeksidir (Salehzade ve ark., 2009; Sadeghi ve ark., 2011). Bu indeks ne kadar yüksekse, çimlenme o kadar hızlıdır (Black ve ark., 2006). Çalışmada, kuraklık stresi arttıkça çimlenme indeksi düşmüştür; bu da *P. ovata*'nın çimlenme sırasında artan su stresine karşı duyarlılığını göstermektedir. Benzer bulgular, Silva ve ark. (2001) tarafından *Bowdichia virgilioides*, Uslu ve ark. (2021) tarafından yem bezelyesi ve Çifçi ve Açıkbaş (2023) tarafından yaygın fiğ tohumlarında da ortaya konmuştur.

Çimlenme özelliklerinin belirlenmesinde dikkate alınan bir diğer kriter ise çimlenme üniformite katsayısıdır. Mevcut çalışmada su stresi arttıkça katsayı düşmüştür. Benzer bulgular yaygın fiğ (Çifçi ve Açıkbaş, 2023) tohumlarında da bildirilmiştir.

Tohum, bir bitkinin canlılığını belirleyen en önemli faktörlerden biridir (Mrđa ve ark., 2011). Kaliteli, sağlıklı, iri ve canlı tohumların kullanımı, bir üründe optimum bitki yoğunluğunun korunmasında son derece önemlidir (Ahmad, 2001). Bu anlamda tohum canlılığı göstergeleri içerisinde yer alan çimlenme enerjisi optimum bitki yoğunluğunu sağlamada doğrudan rol oynar (Mrđa ve ark., 2011). *Plantago ovata*'da kuraklık stresinin artışıyla çimlenme enerjisi değeri önemli ölçüde azalmıştır. Basal ve ark. (2020), soyada PEG konsantrasyonu arttıkça çimlenme enerjisinin azaldığını rapor etmişlerdir.

4. SONUÇ

Fizyolojik kalitesi yüksek tohumların kullanımı, fidelerin tarlada hızlı bir şekilde büyümesini ve yerleşmesini sağlar. Bu nedenle, tohumların fizyolojik kalitesinin belirlenmesi sırasında elde edilen bilgilerin doğruluğu büyük önem taşımaktadır. Bir tohum partisinin fizyolojik kalitesini değerlendirmenin yollarından en yaygın olan yöntem çimlenme testidir. Kuraklık stresi koşullarında çimlendirilen *P. ovata* tohumlarının, yapılan çimlendirme testi sonucunda kuraklık stresine duyarlı olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, kuraklık gibi stres koşullarında *P. ovata*'da çimlenme ve fide gelişimini iyileştirmek için farklı materyallerle priming uygulamalarına yönelik çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. Anadolu, 11(1): 135-147.
- Ahmad, S., 2001. Environmental effects on seed characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). J Agron Crop Sci., 187: 213-216.
- Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Ashraf, M., Waraich, E.A., 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pak. J. Bot., 41(2): 647-654.

- Bahrami, H., Razmjoo, J., Jafari, A.O., 2012. Effect of drought stress on germination and seedling growth of sesame cultivars (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of AgriScience*, 2(5): 423-428.
- Basal, O., Szabó, A., Veres, S., 2020. PEG-induced drought stress effects on soybean germination parameters. *Journal of Plant Nutrition*, 43(12): 1768-1779.
- Bewely, J., Black, M., 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York.
- Black, M., Bewley, J.D., Halmer, P., 2006. *The encyclopedia of seeds: science, technology and uses*. CABI, Wallingford.
- Carpita, N., Sabulase, D., Montezinos, D., Delmer, D.P., 1979. Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. *Science*, 205: 1144-1147.
- Çifçi, H., Açıkbaz, S., 2023. Kuraklık stresinin yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(3): 288-299.
- El Midaoui, M., Talouizte, A., Benbella, M., Serieys, H., Griveau, Y., Berville, A., 2001. Effect of osmotic pressure on germination of sunflower seed (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 24(35): 129-134.
- Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seed. *Seed Science and Technology*, 9(2): 373-409.
- Jajarmi, V., 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. *Acad Sci Eng Technol.*, 49: 105-106.
- Jisha, K.C., Vijayakumari, K., Puthur, J.T., 2012. Seed priming for abiotic stress tolerance: An overview. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 1381-1396.
- Joshi, N., Sawant, P., 2012. Response of onion seed germination and early seedling development to salt level. *International Journal of Vegetable Science*, 18: 3-19.
- Khodarahmpour, Z., 2011. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Afr J Biotechnol.*, 10: 18222-18227.
- Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10(1): 1-9.
- Llanes, A., Andrade, A., Masciarelli, O., Alemano, S., Luna, V., 2015. Drought and salinity alter endogenous hormonal profiles at the seed germination phase. *Seed Science Research*, 26: 1-13.
- Machado-Neto, N.B., Custódio, C.C., Castilho, C., Costa, P.R., Doná, F.L., 2006. Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(1): 142-148.
- Marcos-Filho, J., 2005. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ.
- Meneses, C.H.S.G., Bruno, R.L.A., Fernandes, P.D., Pereira, W.E., Lima, L.H.G.M., Lima, M.M.A., Vidal, M.S., 2011. Germination of cotton cultivar seeds under water stress induced by polyethyleneglycol-6000. *Scientia Agricola*, 68(2): 131-138.
- Mrđa, J., Crnobarac, J., Dušanić, N., Jocić, S., Miklič, V., 2011. Germination energy as a parameter of seed quality in different sunflower genotypes. *Genetika-Belgrade*, 43(3): 427-436.
- Muhie, S.H., 2018. Seed priming with phytohormones to improve germination under dormant and abiotic stress conditions. *Advances in Crop Science and Technology*, 6: 403.

- Muscolo, A., Sidari, M., Anastasi, U., Santonoceto, C., Maggio, A., 2014. Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. *J Plant Interact.*, 9: 354-363.
- Oliveira, A.B., Gomes-Filho, E., 2009. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(3): 48-56.
- Queiroz, M.S., Oliveira, C.E.S., Steiner, F., Zuffo, A.M., Zoz, T., Vendruscolo, E.P., Silva, M.V., Mello, B.F.F.R., Cabral, R.C., Menis, F.T., 2019. Drought stresses on seed germination and early growth of maize and sorghum. *Journal of Agricultural Science*, 11(2): 310-318.
- Rahimi, A., Jahansoz, M.R., Mashhadi, H.R.R., Postini, K., Sharifzade, F., 2006. Seedling growth of two *Plantago* species. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(15): 2812-2817.
- Sadeghi, H., Khazaei, F., Yari, L., Sheidaei, S., 2011. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *ARPJ Agr Biol Sci.*, 6: 39-43.
- Salehzade, H., Shishvan, M.I., Ghiyasi, M., Forouzin, F., Siyahjani, A.A., 2009. Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Res J Biol Sci.*, 4(5): 629-631.
- Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24(6): 1192-1199.
- Silva, L.M.M., Aguiar, I.B., Rodrigues, T.J.D., 2001. Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. *Rev Bras Eng Agr Ambient.*, 5: 115-118.
- Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., 2018. Changes in germination and seedling growth of different cultivars of cumin to drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 1(173): 91-100.
- Thirusendura, S.D., Saraswathy, S., 2017. Seed viability, seed deterioration and seed quality improvements in stored onion seeds: A review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93: 1-7.
- Toscano, S., Romano, D., Tribulato, A., Patanè, C., 2017. Effects of drought stress on seed germination of ornamental sunflowers. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39(8): 184.
- Uslu, Ö.S., Gedik, O., Alhumedi, M., Alminfi, K., 2021. Kuraklık stresinin bazı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 3(2): 28-36.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. *Crop Sciences*, 44(2): 535-541.
- Yılmaz, M., Doğru, A., Kozan, Y., 2022. Kuraklık stresinin bazı serin iklim çim alan buğdaygillerinin çimlenmesi ve sürgün gelişimi üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 3(1): 1-10.
- Zakaria, S.M., Goltzardi, F., Vazan, S., 2014. Environmental maternal effects on drought and salinity tolerance of common plantain (*Plantago major*) at germination and seedling growth stage. *Journal of Biodiversity and Environmental Science*, 5(2): 578-585.

VERMİKOMPOST PRİMING UYGULAMALARININ YEM BEZELYESİ [*Pisum sativum ssp. arvense* (L.) Poir.] BİTKİSİNİN ÇİMLENMESİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Semih AÇIKBAŞ

Siirt Üniversitesi, semihacikbas@siirt.edu.tr, 0000-0003-4384-3908

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Siirt Üniversitesi, arifozyazici@siirt.edu.tr, 0000-0001-8709-4633

ÖZET

Bu araştırmada, yem bezelyesi [*Pisum sativum ssp. arvense* (L.) Poir.] tohumlarına uygulanan farklı vermikompost priming uygulamalarının bazı çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma; Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda kontrollü şartlar altında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Livioletta yem bezelyesi çeşidi kullanılmıştır. Laboratuvar çalışması, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak Petri kaplarında kurulmuştur. Vermikompostun 150, 300 ve 450 ml/100 L su olmak üzere 3 farklı dozu, vermikompost priming uygulanmayan kontrol ve saf su ile priming (hidro-priming) uygulamaları araştırmanın konusunu teşkil etmiştir. Çalışmada, deneyin başlangıcından itibaren 24 saatte bir olacak şekilde çimlenen tohumlar sayılmış ve işlemler 7. günde sonlandırılmıştır. Araştırmada çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, çimlenme üniformite katsayısı, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi parametreleri incelenmiştir. Vermikompost priming uygulamaları, yem bezelyesi bitkisinin çimlenme özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Vermikompost priming uygulamaları, kontrole göre çimlenme özelliklerini iyileştirdiği; bununla birlikte, en yüksek vermikompost dozunun (450 ml/100 L su) çimlenmede olumsuz etkileri görüldüğü tespit edilmiştir. Yem bezelyesi yetiştiriciliğinde homojen ve hızlı çıkışların sağlanması için vermikompost priming uygulamasının kullanılması mümkündür. Bu amaçla 150 ml/100 L su yoğunluktaki vermikompost solüsyonu önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yem bezelyesi, Vermikompost, Çimlenme yüzdesi, Çimlenme indeksi

EFFECT OF VERMICOMPOST PRIMING APPLICATIONS ON GERMINATION OF FORAGE PEA [*Pisum sativum ssp. arvense* (L.) Poir.] PLANT

ABSTRACT

This study aimed to determine the effects of different vermicompost priming treatments applied to forage pea [*Pisum sativum ssp. arvense* (L.) Poir.] seeds on some germination traits. The research was carried out under controlled conditions at the Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture, Siirt University. Livioletta forage pea cultivar was used as the plant material in the study. The laboratory study was set up in Petri dishes according to a randomized plot design with 4 replications. Three different doses of vermicompost (150, 300 and 450 ml/100 L water), a control without vermicompost priming, and hydro-priming constituted the subjects of the

study. Germinated seeds were counted every 24 hours from the day of establishment in the study and the treatments were terminated on the 7th day. The study examined germination percentage, mean germination time, germination uniformity coefficient, germination index, and germination energy parameters. Vermicompost priming treatments significantly affected the germination characteristics of forage pea plants. Vermicompost priming treatments improved germination characteristics compared to the control; however, the highest vermicompost dose (450 ml/100 L water) had negative effects on germination. Vermicompost priming can be used to ensure uniform and rapid emergence in forage pea cultivation. A vermicompost solution with a concentration of 150 ml/100 L water is recommended for this purpose.

Keywords: Forage pea, Vermicompost, Germination percentage, Germination index

1. GİRİŞ

Mera ve tarım alanlarında yem bitkileri üretimini artırmak için verimli tohum çimlenmesi önemlidir; bu anlamda yem bitkileri üretimi, diğer bazı çevresel faktörlerin yanı sıra çimlenme nedeniyle dünyanın farklı bölgelerinde azalmaktadır (Khalaki ve ark., 2021). Bu nedenle, bitkilerin başarılı bir şekilde yerleşmesine ve derin kök sistemine kavuşmasına yol açan hızlı ve homojen fide çıkışı (Azimi ve ark., 2014), tohumların yüksek çimlenme kabiliyetine bağlıdır. Ancak, bitkilerde tohum çimlenmesi ve fide büyümesi çeşitli stres faktörleri nedeniyle azalır. Bu nedenle, çimlenmeyi ve fide büyümesini artırmak için uygun yöntemlerin kullanılması esastır (Soltani ve Soltani, 2015). Bu anlamda tohum ön hazırlığı (priming), hızlı ve tekdüze çimlenme ve fide oluşumuyla sonuçlanan olağanüstü yöntemlerden biridir (Abid ve ark., 2018; Thejeshwini ve ark., 2019). Priming uygulamaları, olumsuz çevre koşullarında tohumların çimlenmesini iyileştirebilen (Dragicevic ve ark., 2013), tohum canlılığını arttıran (Paparella ve ark., 2015), çimlenme hızı ve senkronizasyonu arttıran ve bu sayede yüksek büyüme ve hayatta kalma oranlarına sahip fideler üretilen (Sharma ve ark., 2014; Yan, 2015) önemli ve etkili bir teknik olarak kabul edilmiştir. Tohumlar tarafından su alımı, farklı tohum ön hazırlık uygulamaları arasında farklılık gösterir. Bu çalışmada, yem bezelyesi [*Pisum sativum* ssp. *arvense* (L.) Poir.] tohumlarına uygulanan farklı vermicompost priming uygulamalarının bazı çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada, bitkisel materyal olarak Livioletta yem bezelyesi çeşidi; vermicompost olarak, EKOSOLFARM sıvı vermicompost gübresi kullanılmıştır. Çalışmada, kontrol (hiçbir uygulama yapılmayan konu), su ile priming (Hidropriming, HP) ve vermicompost dozları (V₁: 150 ml/100 L su, V₂: 300 ml/100 L su ve V₃: 450 ml/100 L su) uygulama konuları olarak ele alınmıştır.

Laboratuvar denemesi, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her konu ve tekerrür için 25 adet tohum kullanılmıştır. Tüm uygulamalarda tohumlar 1 dakika % 70 etil alkolde steril edildikten sonra 3 defa steril su ile durulanmıştır. Daha sonra tohum yüzeyindeki mikroorganizmaların deforme olması için 10 dakika % 10'luk

sodyum hipoklorit (NaOCl) ile tohumları kaplayacak şekilde yüzey sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Kontrol konusunda yer alan tohumlar, sadece yüzey sterilizasyonuna tabi tutulduktan sonra; hidropriming uygulamasında ise tohumlar 12 saat süreyle saf suda bekletildikten sonra kurutma kağıdında başlangıç nemine kadar kurutularak Petri kaplarına yerleştirilmiştir. Vermikompost uygulamalarında ise, üç farklı konsantrasyonda hazırlanan vermikompost dozlarında tohumlar 12 saat süreyle bekletilmiş; bu sürenin sonunda tohumlar saf sudan geçirilerek başlangıç nemine kadar kurutulmuştur.

Petriler, 7 gün boyunca karanlık ortamda ve 25 ± 1 °C sıcaklıktaki etüvde çimlenmeye bırakılmıştır. Yedi gün boyunca günlük olarak çimlenen tohum sayıları kaydedilmiştir. Tohumlarda çimlenme tespit edilirken, en az 2 mm kökçük çıkışı olan bitkiler çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Scott ve ark., 1984; Soleymani ve Shahrajabian, 2018). Çalışmada çimlenme yüzdesi (Scott ve ark., 1984), ortalama çimlenme süresi (Ellis ve Roberts, 1981), çimlenme üniformite katsayısı (Bewely ve Black, 1994), çimlenme enerjisi (Li ve ark., 2020) ve çimlenme indeksi (Wang ve ark., 2004) parametreleri incelenmiştir.

Elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş; ortalamalar arasındaki farklılıklar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir (Açıkgöz ve Açıkgöz, 2001).

3. BULGULAR

Yem bezelyesi tohumlarına uygulanan priming işlemlerine göre elde edilen çimlenme parametrelerine ait veriler Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’den de görüleceği üzere, araştırma konusu olarak ele alınan priming uygulamalarının incelenen tüm çimlenme parametreleri üzerine istatistiksel anlamda $p<0.01$ düzeyinde önemli etkisi olmuştur. Vermikompostun 150 ve 300 ml/100 L su dozlarında en yüksek çimlenme yüzdesi elde edilirken (sırasıyla, % 95.0 ve 98.3), en düşük değer % 76.7 ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Vermikompostun en yüksek dozunda ise çimlenme yüzdesi önemli ölçüde azalmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yem bezelyesinde vermikompost ile tohum ön uygulamalarının bazı çimlenme özelliklerine etkisi*

Parametreler	Priming uygulamaları					TUKEY değeri/ Önemlilik düzeyi
	Kontrol	HP	V ₁	V ₂	V ₃	
Çimlenme yüzdesi (%)	76.7 c	93.3 ab	95.0 a	98.3 a	86.7 b	7.49**
Ortalama çimlenme süresi (gün)	1.83 a	1.20 b	1.23 b	1.07 b	1.43 b	0.38**
Çimlenme üniformite katsayısı	41.5 c	80.2 ab	77.4 ab	93.7 a	61.5 bc	20.52**
Çimlenme enerjisi	51.7 c	83.3 a	85.0 a	93.3 a	68.3 b	14.86**
Çimlenme indeksi	12.0 c	17.5 a	17.8 a	19.2 a	15.1 b	2.04**

*: Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel anlamda önemli değildir, HP: Hidropriming, V₁: 150 ml/100 L su, V₂: 300 ml/100 L su, V₃: 450 ml/100 L su, **: $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılık

Hidro-priming ve vermikompost priming uygulamaları yem bezelyesi tohumlarının ortalama çimlenme süresini kontrol konusuna göre önemli ölçüde kısaltmış; kontrolde tohumlar ortalama 1.83 günde çimlenirken, diğer uygulamalarda ortalama çimlenme süresi 1.07-1.43 gün arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 1).

Çimlenme üniformite katsayısı V_2 uygulamasında 93.7 değeri ile en yüksek iken, V_2 ile V_1 (77.4) ve HP (80.2) konuları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çimlenme üniformite katsayısı yönünden en düşük değer 41.5 ile kontrol konusunda tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi parametreleri incelendiğinde, HP, V_1 ve V_2 uygulamalarında en yüksek değerler belirlenirken, kontrol konusunda en düşük değerler saptanmıştır (Çizelge 1).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada, sıvı vermikompost ile yapılan priming uygulaması, saf suya batırılan (kontrol) tohumlara kıyasla çimlenme özelliklerinde önemli iyileşmeler sağlamıştır. Bu durum, tohum kabuğunun fiziksel değişiminin ötesinde, vermikompostun daha erken ve daha iyi çimlenmeden sorumlu olduğunu göstermektedir. Farklı bitki türleri ile yapılan bazı çalışmalarda, örneğin; Arancon ve ark. (2007), büyüme ortamına solucan gübresi vermikompost ekstraktı uygulanmasının domates ve salatalıkların tohum çimlenmesini artırdığını; Kaya ve Erdönmez (2020), soya fasulyesinde çimlendirme çalışmalarında sıvı solucan gübresinin teşvik edici olarak önerilebileceğini; Muhie ve ark. (2020), vermikompost ile tohum ön hazırlamanın, stres koşulları altında daha yüksek çimlenme değerlerini gösterdiğini ve soğan tohumlarının performansını iyileştirdiğini; Çatıkkaş (2025) yeşil soğan ve ıspanak tohumlarında vermikompost uygulamasının, kontrol grubuna göre tohumlardaki çimlenme parametrelerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0.05$) iyileştirdiğini rapor etmişlerdir. Vermikompostun tohum ön uygulama maddesi olarak teşvik edici etkisi diğer bazı araştırma raporlarında (Arancon ve ark., 2012; Ilevinsh ve ark., 2017; Sezgin ve Şimşek, 2017; Benazzouk ve ark., 2019) da belgelenmiştir.

Yem bezelyesi yetiştiriciliğinde homojen ve hızlı çıkışların sağlanması için vermikompost priming uygulamasının kullanılması mümkündür. Bu amaçla 150 ml/100 L su yoğunluktaki vermikompost solüsyonu önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Abid, M., Hakeem, A., Shao, Y., Liu, Y., Zahoor, R., Fan, Y., Suyu, J., AtaUl-Karim, S.T., Tian, Z., Jiang, D., Snider, J.L., Dai, T., 2018. Seed osmopriming invokes stress memory against post-germinative drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 145: 12-20.
- Açıkgöz, N., Açıkgöz, N., 2001. Tarımsal araştırmaların istatistiki değerlendirilmesinde yapılan bazı hatalar: I. Tek faktörlü denemeler. *Anadolu*, 11(1): 135-147.
- Arancon, N.Q., Archana, P., Theodore, R, Nguyen, V.H., Jesse, K.P., Chad, E.C., 2012. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermikompost water extracts. *HortiScience*, 47: 1722-1728.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Dick, R., Dick, L., 2007. Vermikompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, 48: 51-52.
- Azimi, R., Jankju Borzelabad, M., Feizi, H., Azimi, A., 2014. Interaction of SiO_2 nanoparticles with seed prechilling on germination and early seedling growth of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* L.). *Polish Journal of Chemical Technology*, 16(3): 25-29.

- Benazzouk, S., Djazouli, Z.E., Lutts, S., 2019. Vermicompost leachate as a promising agent for priming and rejuvenation of salt-treated germinating seeds in *Brassica napus*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50: 1344-1357.
- Bewely, J., Black, M., 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York.
- Çatıkkaş, E., 2025. The Effect of priming with vermicompost on the germination and emergence performance of green onion (*Allium cepa*) and spinach (*Spinacia oleracea*) seeds. *Türler ve Habitatlar* 6(1): 30-40.
- Dragicevic, V., Spasic, M., Simic, M., Dumanovic, Z., Nikolic, B., 2013. Stimulative influence of germination and growth of maize seedlings originating from aged seeds by 2,4-D potencies. *Homeopathy*, 102(3): 179-186.
- Ellis, R.A., Roberts, E.H., 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seed. *Seed Science and Technology*, 9(2): 373-409.
- Ievinsh, G., Vikmane, M., Kirse, A., Karlsons, A., 2017. Effect of vermicompost extract and vermicompost derived humic acids on seed germination and seedling growth of hemp. *Proceedings of the Latvian Academy of Science*, 71: 286-292.
- Kaya, A.R., Erdönmez, H.K., 2020. Farklı kökenli gübre form ve dozlarının soya fasulyesinin (*Glycine max* (L.) Merrill) tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı): 73-79.
- Khalaki, M.A., Moameri, M., Asgari Lajayer, B., Astatkie, T., 2021. Influence of nano-priming on seed germination and plant growth of forage and medicinal plants. *Plant Growth Regulation*, 93(1): 13-28.
- Li, W., Zhang, H., Zeng, Y., Xiang, L., Lei, Z., Huang, Q., Li, T., Shen, F., Cheng, Q., 2020. A salt tolerance evaluation method for sunflower (*Helianthus annuus* L.) at the seed germination stage. *Scientific Reports*, 10(1): 1-9.
- Muhie, S.H., Yildirim, E., Memis, N., Demir, I., 2020. Vermicompost priming stimulated germination and seedling emergence of onion seeds against abiotic stresses. *Seed Science and Technology*, 48(2): 153-157.
- Paparella, S., Araújo, S.S., Rossi, G., et al 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34: 1281-1293.
- Scott, S.J., Jones, R.A., Williams, W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24(6): 1192-1199.
- Sezgin, M., Şimşek, E., 2017. Bazı orman ağacı ve çalı türleri tohumlarının çimlendirilmesinde vermikompost ürünlerinin etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1): 78-82.
- Sharma, A.D., Rathore, S.V.S., Srinivasan, K., Tyagi, R.K., 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Horticulturae*, 165: 75-81.
- Soleymani, A., Shahrajabian, M.H., 2018. Changes in germination and seedling growth of different cultivars of cumin to drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 1(173): 91-100.
- Soltani, E., Soltani, A., 2015. Meta-analysis of seed priming effects on seed germination, seedling emergence and crop yield. *International Journal of Plant Production*, 9(3): 413-432.

- Thejeshwini, B., Manohar Rao, A., Hanuman Nayak, M., Sultana, R., 2019. Effect of seed priming on plant growth and bulb yield in onion (*Allium cepa* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(01): 1242-1249.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Sciences, 44(2): 535-541.
- Yan, M., 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. South African Journal of Botany, 99: 88-92.