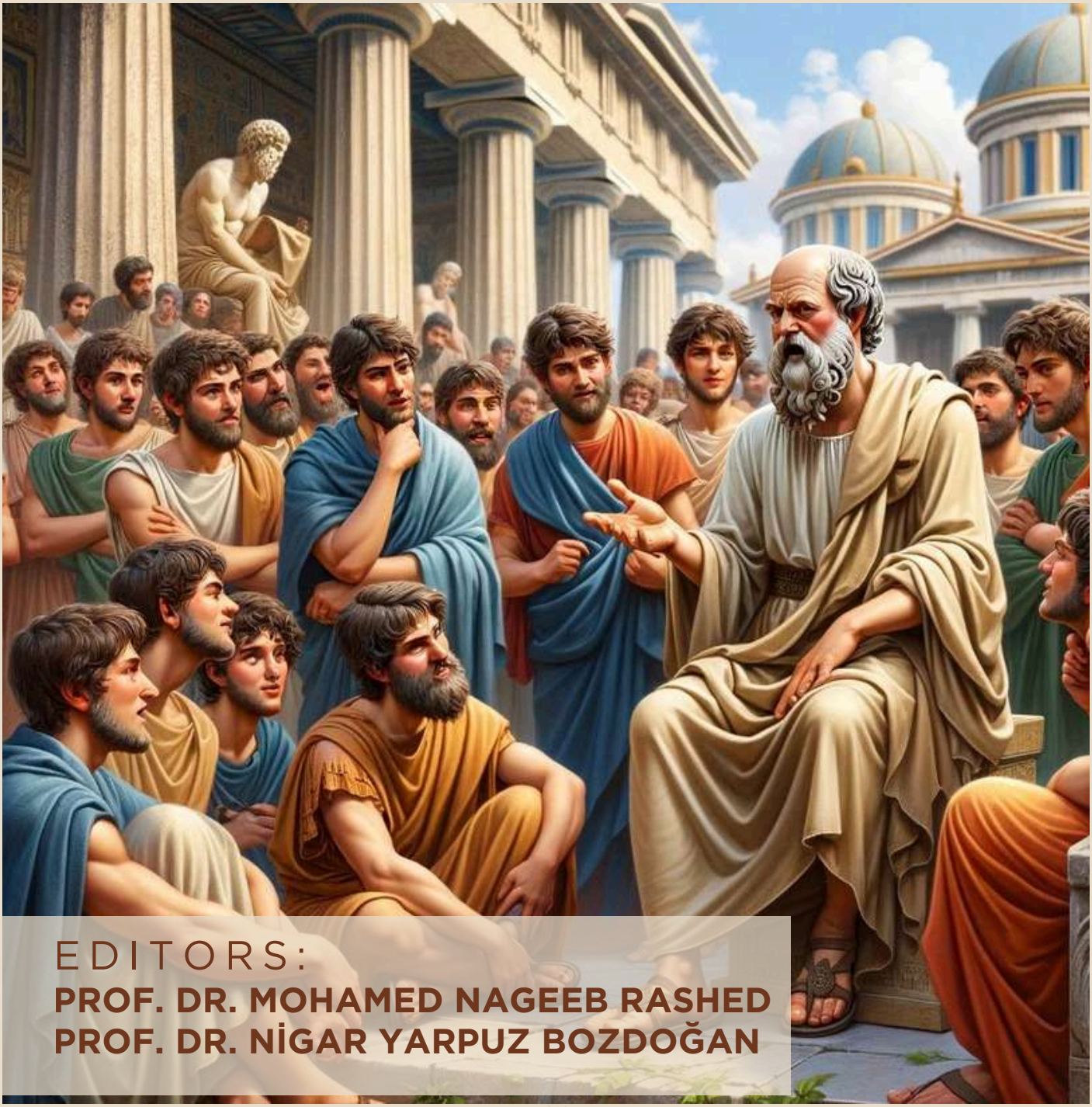
5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS PROCEEDINGS BOOK

OCTOBER 16-18, 2025 | CAIRO, EGYPT

PARTICIPATION FROM
17 DIFFERENT COUNTRIES



EDITORS:
PROF. DR. MOHAMED NAGEEB RASHED
PROF. DR. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

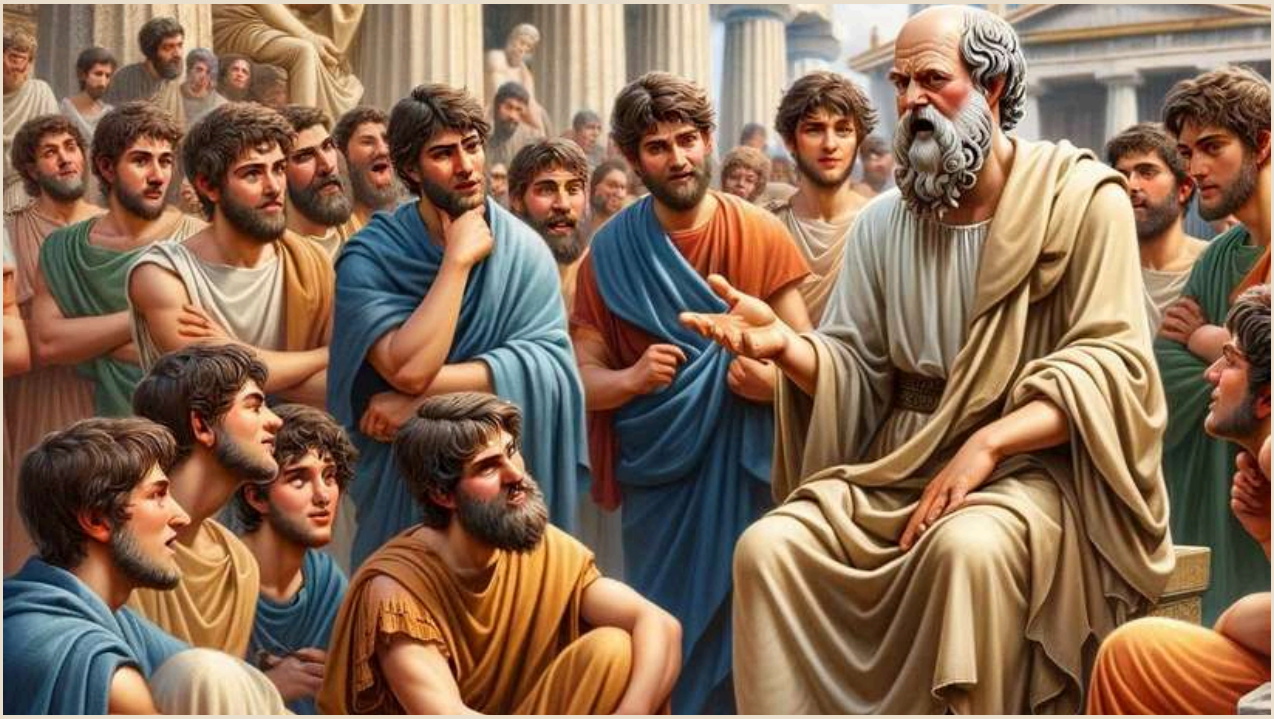
ISBN: 978-9952-8605-2-8
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.

BZT TURAN
PUBLISHING HOUSE

www.thalescongress.com
thalescongress@gmail.com

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS PROCEEDINGS BOOK

OCTOBER 16-18, 2025 | CAIRO, EGYPT



PARTICIPANT COUNTRIES (17 COUNTIRES)
Türkiye, Pakistan, Iraq, Algeria, China, Azerbaijan, Philippines, Morocco, Nigeria, Portugal, Poland, Egypte, Kosovo, Saudi Arabia, Poland, Hungary.

ISBN: 978-9952-8605-2-8
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.

EDITORS
PROF. DR. MOHAMED NAGEEB RASHED
PROF. DR. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

BZT TURAN PUBLISHING HOUSE®
BZT TURAN PUBLISHING HOUSE©
BAKU, AZERBAIJAN | DELAWARE, UNITED STATES
PUBLISHED IN BAKU, AZERBAIJAN
CONTACT: +994 50 300 2920

BZT TURAN
PUBLISHING HOUSE

9 789952 860528

5th INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS

OCTOBER 16-18, 2025

ONLINE & IN-PERSON PARTICIPATION

ZOOM & CAIRO, EGYPT

CONGRESS PROCEEDINGS BOOK

EDITORS

Prof. Dr. Mohamed Nageeb RASHED

Prof. Dr. Nigar YARPUZ BOZDOGAN

BZT AKADEMI YAYINEVI®

BZT TURAN PUBLISHING HOUSE

PUBLISHED IN BAKU, AZERBAIJAN

TR: +90543 671 0123 GR: +491774586777

thalescongress@gmail.com

https://www.thalescongress.com/

All rights reserved

BZT TURAN YAYINEVi®

BZT TURAN PUBLISHING HOUSE

Publishing Date: 21.10.2025

ISBN: 978-9952-8605-2-8

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.

CONGRESS ID

CONGRESS NAME

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS PROCEEDINGS BOOK

DATE AND VENUE

OCTOBER 16-18, 2025

ONLINE & IN-PERSON PARTICIPATION (IZMIR, TÜRKIYE)

(FROM 17 DIFFERENT COUNTRIES)

Türkiye, Pakistan, Iraq, Algeria, China, Azerbaijan, Philippines, Morocco, Nigeria, Portugal, Poland, Egypte, Kosovo, Saudi Arabia, Poland, Hungary.

ORGANIZERS & PARTICIPANT INSTITUTIONS

BZT Turan Academy, Türkiye

Aswan University, Egypt

Atatürk University, Türkiye

Porto University, Portugal

Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan

Tetovo University, N. Macedonia

Turkish Airspace, Türkiye

Presidents / V. President of Organization Committee

. Nigar YARPUZ BOZDOGAN

Prof. Dr. Mükerrem KAYA

President of Scientific Committee

Prof. Dr. Mohamed Nageeb RASHED

Prof. Dr. Mükerrem KAYA

President of Coordinators' / General Coordinator

Dr. Ufuk EZGIN

ACCEPTED PAPERS

62 Turkish Participants

77 Foreign Participants

%55 Foreign Participant Rate

%45 Turkish Participant Rate

REFUSED PAPERS

4 Foreign Participants

EVALUATION PROCESS

All Submissions Have Passed a Double-Blind Referee Evaluation Process

All Responsibility for the Works Belongs to the Author

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Ziraat Fakültesi Dekanlığı

2025 AİLE YILI

Sayı : E-75366018-000-2500299663 12.09.2025
Konu : Görevlendirme (Prof.Dr. Mükerrem KAYA)

DAĞITIM YERLERİNE

İlgi : 11.09.2025 tarihli ve E-75366018-000-2500299107 sayılı belge.

Bölümünüz öğretim üyelerinden Prof.Dr. Mükerrem KAYA'nın, 16-18 Ekim 2025 tarihleri arasında, 5. Uluslararası Thales Kongresi'ne (Life, Engineering, Architecture and Mathematics) ZOOM platformu üzerinden açılış konuşmacısı olarak katılması Dekanlık Makamınca uygun görülmüştür.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Önder ÇALMAŞUR
Dekan

Dağıtım:
Gereği:
Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanlığına
Sayın Prof.Dr. Mükerrem KAYA

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: b9225b18-6c59-4496-9948-5af4131a1037 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2312205
Elektronik Ağ: http://www.atauni.edu.tr/#ziraat-fakultesi
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr
Bilgi: Hakan GEDİK
Faks: +90 442 2315878
E-Posta: ziraat@atauni.edu.tr

5. ULUSLARARASI THALES FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

AKADEMİK TEŞVİK BELGESİ

16-18 EKİM 2025

YÜZ YÜZE & ÇEVRİMİÇİ

KAHİRE, MISIR

16-18 Ekim 2025 tarihlerinde ZOOM üzerinden çevrimiçi ve Mısır'da Aswan Üniversitesi'nde yüz yüze olarak gerçekleştirilen 5. Uluslararası Thales Fen, Mühendislik, Mimarlık ve Matematik Kongresi **YÖK ÜAK kuralları ve üniversiteniz yönetmeliğiniz gereği akademik teşvik kriterlerini sağlamaktadır.** Toplam 139 adet bildirinin yer aldığı kongre üç gün boyunca çevrimiçi ve yüz yüze olarak gerçekleştirilmiştir.

Türkiye dışından toplam **5 farklı ülkeden açılış konuşmacısı; 17 farklı ülkeden katılım (detaylar kongre bildiri kitabında yer alan kongre programında yer almaktadır)** sağlanmış olup, 139 adet bildirinin 77 tanesi yabancı, 62 tanesi Türk katılımcı tarafından sunulmuştur. Kongrenin yabancı katılımcı oranı %55'tir.

Bu belge ilgili üniversitenin akademik teşvik komisyonuna takdim edilmesi üzerine verilmiş.

İlgili bilgilerin detayları kongre bildiri kitabının künye kısmında yer almaktadır.

Kongremize ilginiz için teşekkür ederiz.
Saygılarımızla,

Prof. Dr. Mohammed BETACH
Member of Scientific Committee
(Bilim Kurulu Üyesi)

Bu belge 16-18 Ekim 2025 tarihleri arasında Kahire, Mısır'da (Türkiye'den Katılımcılar için) verilmiştir.

İLETİŞİM
E-mail: thalescongress@gmail.com
Phone: +90(543) 671 0123
https://www.thalescongress.com/

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

BİLİM & ORGANİZASYON KURULU

FEN, MÜHENDİSLİ, MATEMATİK, MİMARLIK & UYGULAMALI BİLİMLER



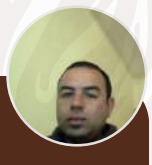
Prof. Dr. Neslihan DOGAN-SAGLAMTIMUR

Nigde Omer Halisdemir University, Turkey



Prof. Tin-Yam CHAN

National Taiwan Ocean University, Taiwan



Prof. Mohammed BETTACH

Chouaib Doukkali University, Morocco



Doç. Dr. Nur SIRMACI

Atatürk University, Turkey.



Doç. Dr. Fatma ERDOĞAN

Fırat University, Turkey.



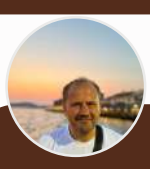
Prof. Dr. Raul D.S.G. CAMPILHO

Porto Higher Institute of Engineering, Portugal



Prof. Dr. Raul MOREIRA

Porto Univerversity, Portugal



Assoc. Prof. Dr. Serdar BEKTAŞ

Atatürk University, Türkiye



Dr. Abdulgaffar MUHAMMAD

National Open University of Nigeria, Nigeria

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

BİLİM & ORGANİZASYON KURULU

FEN, MÜHENDİSLİ, MATEMATİK, MİMARLIK & UYGULAMALI BİLİMLER



Dr. Amirah HURZAID

University Sains Malaysia, Malaysia



Dr. Yassine ENNACIRI

Chouaib Doukkali University, Morocco



Doç.Dr. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL

Erzurum Atatürk University, Türkiye



Doç.Dr. Ahmet AKKÖSE

Erzurum Atatürk University, Türkiye



Dr. Mustafa Alper DÖNMEZ

Konya Technical University, Turkey



Dr. Khurshid ALAM

Sultan Qaboos University, Qatar



Dr.K.P.Sanal Kumar

R.V. Government Arts College, India



Dr.Mohammad Arif Kamal

Aligarh Muslim University, India

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

BİLİM & ORGANİZASYON KURULU

FEN, MÜHENDİSLİ, MATEMATİK, MİMARLIK & UYGULAMALI BİLİMLER



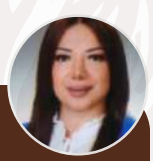
Dr. K. Thamizhmaran

Government College of Engineering, India



DR. P. SIVASAKTHIV ELAN

Annamalai University, India



Dr. Hatice Banu KESKİNKAYA

Necmettin Erbakan University, Türkiye



Dr. Rahile ÖZTÜRK

Selçuk University, Türkiye



Dr. Dhaval SAHIJA

Softweb Solutions Inc; Dallas, USA



Doç. Dr. Neslihan İYİT

Selçuk University, Türkiye



Doç. Dr. Tamer TURGUT

Atatürk University, Türkiye



Doç. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ

Atatürk University, Türkiye

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

BİLİM & ORGANİZASYON KURULU

FEN, MÜHENDİSLİ, MATEMATİK, MİMARLIK & UYGULAMALI BİLİMLER



Doç. Dr. Özkan AÇİŞLI

Atatürk University, Türkiye



Ali Sercan KARAKAŞ

İnönü University, Türkiye



Prof. Dr. Mohamed Nageeb RASHED

Aswan University, EGYPTE



Prof. Dr. Teshaboyev To'lqin ZAKİROVICH

Taskent State University of Economics, UZBEKISTAN

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

SCIENTIFIC & ORGANIZATION COMMITTEES

LIFE, ENGINEERING, MATHEMATICAL, ENGINEERING, & APPLIED SCIENCES



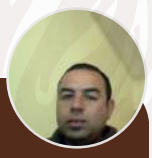
Prof. Dr. Neslihan DOGAN-SAGLAMTIMUR

Nigde Omer Halisdemir University, Turkey



Prof. Tin-Yam CHAN

National Taiwan Ocean University, Taiwan



Prof. Mohammed BETTACH

Chouaib Doukkali University, Morocco



Assoc. Prof. Dr. Nur SIRMACI

Atatürk University, Turkey.



Assoc. Prof. Dr. Fatma ERDOĞAN

Akdeniz University, Turkey.



Prof. Dr. Raul D.S.G. CAMPILHO

Porto Higher Institute of Engineering, Portugal



Prof. Dr. Raul MOREIRA

Porto University, Portugal



Assoc. Prof. Dr. Serdar BEKTAŞ

Atatürk University, Türkiye



Dr. Abdulgaffar MUHAMMAD

National Open University of Nigeria, Nigeria

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

SCIENTIFIC & ORGANIZATION COMMITTEES

LIFE, ENGINEERING, MATHEMATICAL, ENGINEERING, & APPLIED SCIENCES



Dr. Amirah HURZAID

University Sains Malaysia, Malaysia



Dr. Yassine ENNACIRI

Chouaib Doukkali University, Morocco



Assoc. Prof. Dr. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL

Erzurum Atatürk University, Türkiye



Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE

Erzurum Atatürk University, Türkiye



Dr. Mustafa Alper DÖNMEZ

Konya Technical University, Turkey



Dr. Khurshid ALAM

Sultan Qaboos University, Qatar



Dr.K.P.Sanal Kumar

R.V. Government Arts College, India



Dr.Mohammad Arif Kamal

Aligarh Muslim University, India

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

SCIENTIFIC & ORGANIZATION COMMITTEES

LIFE, ENGINEERING, MATHEMATICAL, ENGINEERING, & APPLIED SCIENCES



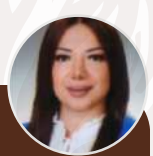
DR. K. THAMİZHMARAN

Government College of Engineering, India



DR. P. SIVASAKTHIVELAN

Annamalai University, India



Dr. Hatice Banu KESKİNKAYA

Necmettin Erbakan University, Türkiye



Dr. Rahile ÖZTÜRK

Selçuk University, Türkiye



Dr. Dhaval SAHIJA

Softweb Solutions Inc; Dallas, USA



Assoc. Prof. Dr. Neslihan İYİT

Selçuk University, Türkiye



Assoc. Prof.Dr. Tamer TURGUT

Atatürk University, Türkiye



Doç. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ

Atatürk University, Türkiye

More information: www.thalescongress.com | thalescongress@gmail.com

ULUSLARARASI

THALES

FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ

SCIENTIFIC & ORGANIZATION COMMITTEES

LIFE, ENGINEERING, MATHEMATICAL, ENGINEERING, & APPLIED SCIENCES



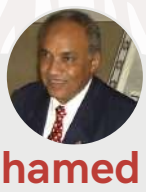
Doç. Dr. Özkan AÇİŞLI

Atatürk University, Türkiye



Ali Sercan KARAKAŞ

İnönü University, Türkiye



Prof. Dr. Mohamed Nageeb RASHED

Aswan University, EGYPTE



Prof. Dr. Teshaboyev To'lqin ZAKİROVICH

Taskent State University of Economics, UZBEKISTAN

Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT

5TH INTERNATIONAL

THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS

CONGRESS SCHEDULE | OCTOBER 16–18, 2025



MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

CAIRO, EGYPT
ZOOM, ONLINE

www.thalescongress.com
thalescongress@gmail.com

PARTICIPANT COUNTRIES (17):

Türkiye, Pakistan, Iraq, Algeria, China, Azerbaijan, Philippines, Morocco, Nigeria, Portugal, Poland, Egypte, Kosovo, Saudi Arabia, Poland, Hungary.



October 18 | 2025



10.30-10.45 (TR) | 10.30-10.45 (EG)
Prof. Dr. Mükerrem KAYA
Atatürk University, TÜRKİYE

Speech Title:

"NATURAL CURING AGENTS IN MEAT PRODUCTS"



10.45-11.00 (TR) | 10.45-11.00 (EG)
Prof. Dr. Raul D.F. MOREIRA
Porto University, PORTUGAL

Speech Title:

"ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POİNT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS"



October 18 | 2025

PARTICIPANT COUNTRIES:

Aswan University, EGYPT



09.00-09.15 (TR) | 09.15-09.30 (TR)

Prof. Salla Vijay KUMAR

Institute of Hotel Management Ahmedabad, INDIA

Speech Title:

"RESEARCH ETHICS"



09.15-09.30 (TR) | 09.15-09.30 (TR)

Prof. Nasiba SABIROVA

Urgench State University, UZBEKISTAN

Speech Title:

"THE ROLE OF KHOREZM BAKSHES İN THE DEVELOPMENT OF UZBEK HEALTH SYSTEM"



09.30-09.45 (TR)

Prof. Dr. Mohamed Nageeb RASHED

Aswan University, EGYPT

Speech Title:

"NEW TRENDS IN GREEN SYNTHESIS OF METAL NANOPARTICLE"



09.45-10.00 (TR) | 09.45-10.00 (EG)

Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

Çukurova University, TÜRKİYE

Speech Title:

"SOCIAL, CULTURAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF THE MENSTRUAL PERIOD"

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS

on Life, Engineering, Architecture, and Mathematics

5. ULUSLARARASI THALES

Fen, Mühendislik, Mimarlık ve Matematik Kongresi

ONLINE & IN-PERSON PARTICIPATION

ÇEVRİMİÇİ & YÜZ-YÜZE KATILIM

OCTOBER 16-18, 2025 | Cairo, EGYPTE

16-18 EKİM 2025 | Kahire, MISIR

DAY 3 – OCTOBER 18, 2025 | SATURDAY

GÜN 3 – 18 EKİM 2025| CUMARTESİ

CONGRESS PROGRAM

KONGRE PROGRAM

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

PARTICIPANT COUNTRIES (17 COUNTRIES):

Türkiye, Pakistan, Iraq, Algeria, China, Azerbaijan, Philippines, Morocco, Nigeria, Portugal, Poland, Egypte, Kosovo, Saudi Arabia, Poland, Hungary.

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to attend a meeting online, login via
- **DAY 3:** **https://us02web.zoom.us/j/84901614559?pwd=hmsfohO1arBfwEY0muO3SteEXixCCY.1**
  site, enter ID "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.
- The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

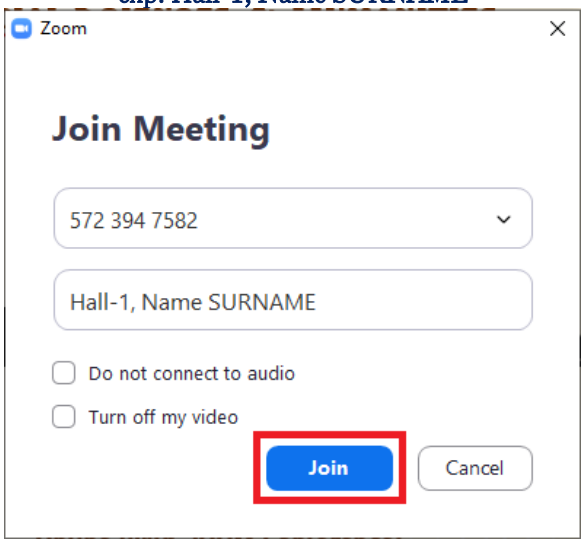
Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- 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.
- Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

*(All speakers required to be connected to the session **15 min before** the session starts)*
Moderator is responsible for ensuring the smooth running of the presentation, managing the group discussion and dynamics.

*Each presentation will take **10 minutes.** There will be a question and answer session for 5 minutes after the presentation.*

Before you login to Zoom please indicate your name_surname and HALL number:
exp. Hall-1, Name SURNAME



ÖNEMLİ, LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUN

- Bir toplantıya çevrimiçi olarak katılabilmek için https://zoom.us/join sitesi üzerinden giriş yapın, "Toplantı Kimliği veya Kişisel Bağlantı Adı" kimliğini girip oturumu başlatın. Ya da direk
- **GÜN 3:**
- **https://us02web.zoom.us/j/84901614559?pwd=hmsfohO1arBfwEY0muO3SteEXixCCY.1**
- linkine tıklayınız.
- Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmanıza gerek yoktur.
- Zoom uygulaması kayıt olmadan kullanılabilir.
- Uygulama tabletlerde, telefonlarda ve PC'lerde çalışır.
- Katılımcının sunum saatinden 5 dakika önce oturuma bağlanması gerekmektedir.
- Tüm kongre katılımcıları canlı olarak bağlanıp tüm oturumları dinleyebilir.
- Oturumun sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) bölümünden moderatör sorumludur.

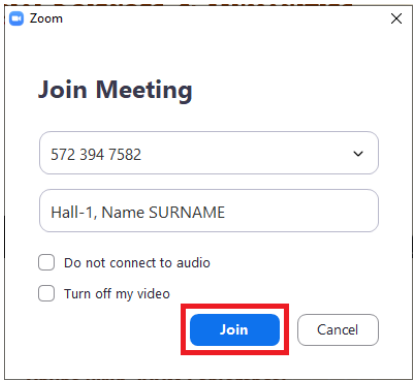
Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar – TEKNİK BİLGİLER

- Bilgisayarınızın mikrofonunun olduğundan ve çalıştığından emin olun.
- Zoom'da ekran paylaşma özelliğini kullanabilmelisiniz.
- Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir.
- Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır.

(Tüm konuşmacıların oturum başlamadan *10 dakika* önce oturuma bağlanması gerekmektedir)
Moderatör sunumun sorunsuz ilerlemesinden, grup tartışmasının ve dinamiklerin yönetilmesinden sorumludur.

Her bir sunum *10 dakika* sürecektir. Sunumun ardından *5 dakika* soru-cevap bölümü gerçekleştirilecektir.

Zoom'a giriş yapmadan önce lütfen adınızı soyadınızı ve SALON numaranızı belirtiniz:
Örnek: Salon-1, Adı SOYADI



DAY (3) SESSION (1) HALL (1) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (1)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 11^{00}-12^{30} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 11^{00}-12^{30} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION: HANİFE GÖKER** **COORDINATOR: *ANIL CAN***
11^{00}-11^{15}	**Emin DEMİR Yusuf Ziya AYIK**	***Atatürk University, Turkiye***	**COMPARATIVE ANALYSIS OF MISSING DATA IMPUTATION METHODS IN TIME SERIES: AN APPLICATION ON METEOROLOGICAL**
11^{15}-11^{30}	**Hanife GÖKER**	***Gazi University, Turkiye***	**BIDIRECTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY-BASED DEEP LEARNING MODEL FOR FAKE NEWS DETECTION**
11^{30}-11^{45}	**Hanife GÖKER**	***Gazi University, Turkiye***	**SARCASM DETECTION IN ONLINE COMMENTS USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS**
11^{45}-12^{00}	**Yasemin ŞAHİN Celal Onur GÖKÇE**	***Afyon Kocatepe University, Turkiye***	**PERFORMANCE OF A DEEP LEARNING BASED NAMED ENTITY RECOGNITION (NER) ALGORITHM FOR DIFFERENT NUMBERS OF NEURONS**
12^{00}-12^{15}	**Sabahat Ayça KALKAN Ahmet Arda KALKAN Mustafa Kemal KALKAN**	***Eastern Mediterranean University, Turkiye Adnan Menderes University, Turkiye Doğa College, Turkiye***	**TEACHING MATHEMATICS IN SPECIAL EDUCATION: MATERIAL DESIGN FOR BASIC MATHEMATICS EDUCATION FOR STUDENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES**
12^{15}-12^{30}	**Emin Demir Yusuf Ziya Ayık**	***Atatürk University, Turkiye***	**NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) SOLUTIONS AND THEIR APPLICATION AREAS: AN OVERVIEW**

DAY (3) SESSION (1) HALL (2) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (2)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	Time: 11^{00}-13^{45} (Turkey Local time GMT+3) Time: 11^{00}-13^{45} (Egypt Local time GMT+3)	HEAD OF THE SESSION: MEHMET HALUK ERDDOĞAN COORDINATOR: NİGAR EMECEN
11^{00}-11^{15}	Mehmet Haluk ERDOĞAN Ali Fatih YÜKSEL	*Kaplanlar Soğutma A.Ş. Turkiye*	OPTIMISATION OF THE AIR CURTAIN DISCHARGE AIR GRILLE (DAG) VELOCITY PROFILE AND DETERMINATION OF THE GUIDE VANE GEOMETRY IN OPEN-FRONTED VERTICAL REFRIGERATED DISPLAY CABINETS
11^{15}-11^{30}	Hikmet Can İNAN Ali Fatih YÜKSEL	*Kaplanlar Soğutma A.Ş. Turkiye*	A COMPARATIVE THERMODYNAMIC PERFORMANCE ANALYSIS OF R448A AND R-1270 (PROPYLENE) REFRIGERANTS IN A COMMERCIAL DISPLAY CABINET
11^{30}-11^{45}	Mehmet Haluk ERDOĞAN Hikmet Can İNAN	*Kaplanlar Soğutma A.Ş. Turkiye*	A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF THERMOSTATIC AND ELECTRONIC EXPANSION VALVES ON ENERGY CONSUMPTION AND SYSTEM PERFORMANCE IN A REPRESENTATIVE CO_2 (R744) REFRIGERATION DISPLAY CABINET
11^{45}-12^{00}	İsmail YILDIRIM	*Kaplanlar Soğutma A.Ş. Turkiye*	OPTIMISATION OF HEAT DISTRIBUTION IN BAIN-MARIE SYSTEMS: AN INVESTIGATION INTO THE APPLICATIONS OF INFRARED HEATING AND FAN-ASSISTED CONVECTION
12^{00}-12^{15}	Ezgi ÖZDEMİR Dergah UYSAL Onur DUMAN	*Berdan Cıvata, Turkiye*	HIGH CAPACITY DEVICE DESIGN FOR TENSILE TESTING OF LARGE DIAMETER BOLTS WITHOUT SECTION THINNING
12^{15}-12^{30}	Onur ASARKAYA Atakan AYDIN	*Epsilon Solentek Raylı Sistemler A.Ş Turkiye*	AN EXAMINATION OF BOGIE SYSTEMS: DEFINITION, TYPOLOGY, AND SELECTION CRITERIA
12^{30}-12^{45}	Merve KOPARAN Hande BİRENGEL ZİLE Veysel DURAK	*Erkunt Industrial Inc. Turkiye*	DESIGN AND OPTIMISATION OF FEEDERS USED IN CASTING
12^{45}-13^{00}	Taha Talat GÖKÇE Kemal ERMİŞ	*Ulaşım İç ve Dış Ticaret Anonim Şirketi, Turkiye*	MODELING OF AN ELECTRIC BUS IN MATLAB/SIMULINK AND THE IMPACT OF DIFFERENT MOTOR TYPES ON ENERGY CONSUMPTION
13^{00}-13^{15}	Taha Talat GÖKÇE Talha SEHER	*Ulaşım İç ve Dış Ticaret Anonim Şirketi, Turkiye*	APPLICATION OF MAGNETIC LOCKS IN 12-METER URBAN BUSES: ANALYSIS OF THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR UNDER DIFFERENT VOLTAGE CONDITIONS AND EVALUATION OF TEST RESULTS
13^{15}-13^{30}	Resul AKÇALI Mustafa YILMAZ	*Koluman Otomotiv Endüstri Anonim Şirketi, Turkiye*	COMPONENT STANDARDIZATION IN THE TRAILER INDUSTRY
13^{30}-13^{45}	Ahmet SAATÇI	*Bingol University, Turkiye*	ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED PROCESS CONTROL SYSTEMS IN WASTEWATER TREATMENT: CURRENT APPROACHES AND FUTURE PERSPECTIVES
13^{45}-14^{00}	Ahmet SAATÇI	*Bingol University, Turkiye*	CLIMATE RESILIENT CITIES: NATURE-BASED SOLUTIONS AND IMPLEMENTATION EXAMPLES

DAY (3) SESSION (1) HALL (3) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (3)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 11^{00}-13^{00} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 11^{00}-13^{00} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION: BERKAY ADA** **COORDINATOR: *UFUK EZGİN***
11^{00}-11^{15}	**Ezgi ZENGİN** **Parvina IRGASHEVA**	***Dokuz Eylül University, Turkiye*** ***ODTÜ, Turkiye***	**THE EFFECT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF A356 ALLOY WHEELS**
11^{15}-11^{30}	**Berkay ADA** **Cenker ÇAVUŞOĞLU**	***Bursa Uludağ University, Turkiye***	**EFFECT OF DIFFERENT CO_2 RATIOS ON MAG (135) WELDING PERFORMANCE OF S355 STEEL**
11^{30}-11^{45}	**Ömer GİLAN**	***Sakarya University, Turkiye***	**THE EFFECT OF FITTING ANGLE ON AIRFLOW EFFICIENCY IN PNEUMATIC BRAKE SYSTEMS OF 12 METER URBAN BUSES: BRAKE HOSE DESIGN AND BRAKE TESTING**
11^{45}-12^{00}	**Muhammet DAĞLI** **Elif GÜDEN**	***Sakarya University, Turkiye***	**INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERS CONTAINING RECYCLED GLASS FIBER ADDITIVES**
12^{00}-12^{15}	**Mustafa Sami ATA** **Hakan KAZAN**	***Amasya University, Turkiye***	**WATER ABSORPTION BEHAVIOR OF UV-CURED PLANT-BASED RESIN COMPOSITES REINFORCED WITH TEA WASTE**
12^{15}-12^{30}	**Mustafa AKYOL** **Hakan KAZAN**	***Amasya University, Turkiye***	**MANUFACTURING A FLOATING SPP PLATFORM BY RECYCLING WASTE PLASTICS**
12^{30}-12^{45}	**Ayşegül ÇAKIR ŞENCAN**	***Zonguldak Bülent Ecevit University, Turkiye***	**EFFECT OF USING MWCNT-ENHANCED VEGETABLE-BASED NANOFLUID ON SURFACE CHARACTERIZATION IN TURNING OF INCONEL 718 ALLOY**
12^{45}-13^{00}	**Hasan YILDIRIM**	***Yıldız Technical University, Turkiye***	**THREE-POINT BENDING ANALYSIS OF LATTICE STRUCTURES WITH HOMOGENIZATION METHOD**

DAY (3) SESSION (1) HALL (4) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (4)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	Time: 11^{00}-13^{45} (Turkey Local time GMT+3) Time: 11^{00}-13^{45} (Egypt Local time GMT+3)	HEAD OF THE SESSION: BERKAY ŞENTÜRK COORDINATOR: *BAHA AHMET YILMAZ*
11^{00}-11^{15}	Cihat ENSARİOĞLU M.Kıvanç TURAN Mert Ali ÖZEL	*Bursa Uludağ Universitey, Turkiye* *Oxodes Technology*	EXPERIMENTAL EVALUATION OF CARBON FIBER RIM GEOMETRIES UNDER VERTICAL IMPACT LOADING
11^{15}-11^{30}	Berkay ŞENTÜRK	*Uludağ University, Turkiye*	A NOVEL MECHANICAL ACTUATION AND FORCE TRANSMISSION ARCHITECTURE TAILORED FOR DRUM BRAKE-BASED ELECTRIC PARKING BRAKE
11^{30}-11^{45}	Muhammet Ali ŞAHİN Selçuk SARIKOÇ	*Amasya University, Turkiye*	HEATING CENTER ENERGY AND EXERGY ANALYSIS
11^{45}-12^{00}	Volkan KÖSEOĞLU Selçuk SARIKOÇ	*Amasya University, Turkiye*	CALCULATION OF PRODUCT CARBON FOOTPRINT IN THE MANUFACTURING SECTOR: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT
12^{00}-12^{15}	Muhammet DAĞLI Esra YUMAT	*Sakarya University of Applied Sciences, Turkiye* *Kocaeli University, Turkiye*	INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF EXTRUSION-PRODUCED HIGH- DENSITY POLYETHYLENE FILAMENTS AFTER ORIENTATION
12^{15}-12^{30}	Hasan MULCAR Selami SAĞIROĞLU Habib GÜRBÜZ	*Karabük University, Turkiye* *Süleyman Demirel University, Turkiye*	MODELLING OF HYBRID ROCKET FLOW-FIELDS WITH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS
12^{30}-12^{45}	Habib GÜRBÜZ Recep Burak TURAL Hüsameddin AKÇAY	*Süleyman Demirel University, Turkiye*	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE USE OF PCM IN A TEG DEVELOPED FOR ENERGY RECOVERY FROM THE EXHAUST WASTE HEAT OF A SI-ENGINE
12^{45}-13^{00}	Güven DEMİRTAŞ Hüseyin SÖYLER	*Yozgat Bozok University, Turkiye* *Sinop University, Turkiye*	SUSTAINABLE TRANSFORMATION IN BIODIESEL: PLASMA TECHNOLOGY
13^{00}-13^{15}	Özlem YILDIZ Yarkın AKYÜZ	*Ege University, Turkiye*	ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY USE IN AGRICULTURE WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
13^{15}-13^{30}	Rüya KURU YÜCEL	*Unıversity of Medipol, Turkiye*	AN EVALUATION FROM A CONTEXTUAL PERSPECTIVE TOWARDS THE CONSERVATION OF REPUBLICAN PERIOD BUILDINGS: THE CASE OF SULTANAHMET COURTHOUSE
13^{30}-13^{45}	Alev AKILLI EL	*Bitlis Eren University, Turkiye*	INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NANOTECHNOLOGY USE ON THE PERFORMANCE OF ROAD PAVEMENTS: A COMPREHENSIVE REVIEW

DAY (3) SESSION (1) HALL (5) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (5)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 11⁰⁰-13³⁰** (Turkey Local time GMT+3) **Time: 11⁰⁰-13³⁰** (Egypt Local time GMT+3)	**HEAD OF THE SESSION:** Zohaib Hassan SAIN **COORDINATOR:** *Aydan RUSTEMLI*
11⁰⁰-11¹⁰	**Loui Jee B. MAGTULIS Angel Grace L. Delos SANTOS John Rey P. CAMILLO Claudet L. GALLONEGA Elmer S. ABARCA Noli P. JULOSAN**	***Lorenzo S. Sarmiento Sr. National High School, Philippines***	**THE INFLUENCE OF SOCIAL NETWORKING USAGE ON THE 21ST CENTURY SKILLS OF STUDENTS IN LORENZO S. SARMIENTO SR. NATIONAL HIGH SCHOOL**
11¹⁰-11²⁰	**Akinde Toyin EMMANUEL Raji Ilyas OLANIYI Adedapo Sunday EYINADE**	***Ladoke Akintola University, Nigeria University of Lagos, Nigeria Emmanuel Alayande College of Education, Nigeria***	**COBCLAY BRICKS PRODUCTION**
11²⁰-11³⁰	**A.H. ZAHARADDEEN Nura MUKHTAR**	***Umaru Musa Yaradua University, Nigeria***	**AN AUTHOR-CENTRIC FRAMEWORK FOR ERROR MINIMIZATION IN SCHOLARLY RECOMMENDER SYSTEM**
11³⁰-11⁴⁰	**Agil HASANOV Agil ISMAILOV Elmaddin NAZARLI**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**TEA CULTURE AND ECONOMIC OPPORTUNITIES: A SCIENTIFIC STUDY ON AZERBAIJANS TEA INDUSTRY**
11⁴⁰-11⁵⁰	**Kocherli S.A. Valieva Z.M. Akhmadzade E.M. Alieva F.N.**	***Ministry of Science and Education of the AR, Azerbaijan***	**DIFFERENT IRRIGATION IN THE FIELDS OF COTTON CULTIVATION IN THE SHIRVAN PLAIN OF AZERBAIJAN THE INFLUENCE OF METHODS ON THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION EROSION**
11⁵⁰-12⁰⁰	**Nardan SADIQOVA**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**DANGEROUS PESTS OF APPLE ORCHARDS IN THE GUBA-KHACHMAZ REGION**
12⁰⁰-12¹⁰	**Malahat ABDULLAYEVA**	***Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan***	**INTEGRATION IN MATHEMATICS LESSONS**
12¹⁰-12²⁰	**Mustafayev Agil GULMAMMAD Garayev Elvin MAHIR Bashirov Khazar HASAN İsmayılova Aygun CHINGIZ**	***ANAS Sheki Regional Scientific Center, Azerbaijan***	**ASSESSMENT OF ZONED SZEM-4, GE-143, SZEM-4XGE-143, GE-143XSZEM-4 BREEDS AND HYBRIDS IN COMPARISON WITH CONTROL UZBEK- 1KHOZBEK-2 HYBRID**
12²⁰-12³⁰	**Zeynəb HƏCƏMOVA**	***ANAS Institute of Philosophy and Sociology, Azerbaijan***	**İDARƏETMƏ QƏRARLARININ QƏBUL EDİLMƏSİNDƏ RİYAZİ METODUN ROLU**
12³⁰-12⁴⁰	**Sara MAMMADOVA Nigar MESMALIYEVA**	***Baku State University, Azerbaijan***	**THE DIRECTIONS IN WHICH UNUSED LANDS ARE USED IN ABSHERON REGION.**

12^{40}-12^{50}	**Sabina JAFARZADEH Hasanova Susan ELVIN**	***Ministry of Science and Education, Azerbaijan***	**MICROBIOLOGY OF BIOCATALYSTS**
12^{50}-13^{00}	**Hasanova Susan ELVIN**	***Baku State University, Azerbaijan***	**APPLICATION OF TALENS COMBINED WITH NANOTECHNOLOGY FOR GENE EDITING İN CANCER CELLS**
13^{00}-13^{10}	**Zohaib Hassan SAIN**	***Superior University, Pakistan***	**AI-POWERED LEARNING REVOLUTION: UNLEASHING EDUCATIONAL TRANSFORMATION**
13^{10}-13^{20}	**Zohaib Hassan SAIN**	***Superior University, Pakistan***	**NAVIGATING EDUCATIONAL CHALLENGES IN PAKISTAN: UNRAVELING ISSUES AND PROPOSING REMEDIES**
13^{20}-13^{30}	**Zohaib Hassan SAIN**	***Superior University, Pakistan***	**INTEGRATING HYBRID LEARNING APPROACHES FOR ENHANCED PEDAGOGY IN PAKISTANI HIGHER EDUCATION SETTINGS**

DAY (3) SESSION (1) HALL (6) | GÜN (3) OTURUM (1) SALON (6)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 11^{00}-13^{30}** (Turkey Local time GMT+3) **Time: 11^{00}-13^{30}** (Egypt Local time GMT+3)	**HEAD OF THE SESSION:** Tim S BABU **COORDINATOR:** *Rasul DADASHOV*
11^{00}-11^{10}	**Rzayeva CHINARA Nagiyeva SAMIRA**	***Ministry of Agriculture of The Republic of Azerbaijan, Azerbaijan***	**ADAPTATION OF TANGERINE (CITRUS RETICULATA) WITH BIO-REGIONAL CLIMATE INDICATORS: PLANT RESPONSES TO CLIMATE CHANGE**
11^{10}-11^{20}	**Umar Danjuma MAIWADA Kamaluddeen Usman DANYARO Aliza Bt SARLAN**	***Petronas University of Technology, Malaysia***	**OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY THROUGH HETEROGENEOUS NETWORK HANDOVER STRATEGIES IN THE CONTEXT OF 5G**
11^{20}-11^{30}	**Aminu Aminu MUAZU Umar Audi ISMA'ILA Muhammad Muntasir YAKUBU Umar Danjuma MAIWADA Aminu Aliyu ABDULHADI Muhammad Abubakar IBRAHIM**	***Umaru Musa Yar'adua University, Nigeria Umaru Musa Yar'adua University, Nigeria Universiti Teknologi Petronas, Nigeria Umaru Musa Yar'adua University, Nigeria Federal University Dutsin-ma, Nigeria Federal College of Education, Nigeria***	**MULTIMEDIA EMPOWERMENT IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION: BRIDGING THE GAP FOR ENHANCED LEARNING**
11^{30}-11^{40}	**Aisha Ibrahim GIDE Shuaibu SALISU**	***Umaru Musa Yar'Adua University, Nigeria Federal Polytechnic Daura, Nigeria***	**NAVIGATING IOT SECURITY CHALLENGES: A REVIEW OF INTRUSION DETECTION SYSTEMS AND MACHINE LEARNING APPROACHES**
11^{40}-11^{50}	**Olugbenga Oladeji ABOKEDE Razaq Olatunde Rom KALILU**	***Ladoke Akintola University of Technology, Nigeria***	**TYPOLOGY OF PAINTINGS OF ACADEMIC TRAINED ARTISTS IN NIGERIA**
11^{50}-12^{00}	**Toyin Emmanuel AKINDE Akinkunmi Olatunbosun ODENIYI Temitope Toluwalase BALOGUN Oluwafunmilayo Dorcas LUWOYE Tirenioluwa Pita ELEBUTE**	***Ladoke Akintola University of Technology, Nigeria Ladoke Akintola University of Technology, Nigeria University of Lagos, Nigeria Ladoke Akintola University of Technology, Nigeria University of Lagos, Nigeria***	**VISUAL APPRAISAL OF CERAMIC STRUCTURAL CLADDING IN THE UNIVERSITY OF LAGOS**
12^{00}-12^{10}	**Abdelkader BENDRISS Mustafa MOUSSAOUI Antar TAHIRI**	***Djelfa University, Albania***	**NUMERICAL INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF THE BIODIESELS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES ON THE PERFORMANCE OF AN MCI**
12^{10}-12^{20}	**Aldo CANI**	***The Directorate of Information***	**STUDY AND ANALYSIS OF COMMON**

	Aurora SIMONI	***Technology, Albania University of Tirana, Albania***	**VULNERABILITIES AND EXPOSURES (CVE) IN COMPUTER SYSTEMS AND AFFECTED PRODUCTS**
12^{20}-12^{30}	**AKINDE Sarah Temitope ABDUL-HAMEED Taofeek Adekunle ADEPOJU Temilola Morufat BELLO Bashir Olufihan**	***Federal Polytechnic, Nigeria***	**EMPOWERING FOOD SECURITY THROUGH AI-ENABLED PRECISION AGRICULTURE**
12^{30}-12^{40}	**Rahmani MAHSA Babalar MESBAH**	***University of Tehran, Iran***	**EFFECT OF RATE NH4+/NO3-+NH4+TO K+, IONS UPTAKE ON PEACH TREES (PRUNUSPERSICA (L.) BATSCH. CVS. ALBERTA & ZAFERANI)**
12^{40}-12^{50}	**Rahmani MAHSA Babalar MESBAH**	***University of Tehran, Iran***	**EFFECT OF NUTRIENT SOLUTION ON VEGETATIVE TRAITS , CHLOROPHYLLS AND CAROTENOID OF PEACH TREES**
12^{50}-13^{00}	**Dris FARID D.Talantikite-TOUATI N.Ait AHMED**	***University Of Bejaia, Algeria***	**EFFECT OF ERBIUM DOPING ON THE STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZINC SULFIDE PREPARED BY HYDROTHERMAL METHOD**
13^{00}-13^{10}	**Tım S BABU**	***Central University of Rajasthan, India***	**ANALYSIS OF KNEE ANGLES IN INSTEP AND OUTSIDE KICKING TECHNIQUES IN FOOTBALL**
13^{10}-13^{20}	**Tım S BABU**	***Central University of Rajasthan, India***	**THE IMPACT OF SURYA NAMASKAR EXERCISE ON AGILITY PERFORMANCE AMONG RESIDENTIAL JUNIOR FOOTBALL**
13^{20}-13^{30}	**Tım S BABU**	***Central University of Rajasthan, India***	**COMPARATIVE ANALYSIS OF SPORTS COMPETITION ANXIETY: A STUDY OF UNIVERSITY-LEVEL FOOTBALL PLAYERS AT TWO DIFFERENT UNIVERSITIES IN INDIA**

DAY (3) SESSION (2) HALL (1) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (1)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	Time: 14⁰⁰-16⁴⁵ (Turkey Local time GMT+3) Time: 14⁰⁰-16⁴⁵ (Egypt Local time GMT+3)	HEAD OF THE SESSION: ALİ ŞAHİN COORDINATOR: BAHA AHMET YILMAZ
14⁰⁰-14¹⁵	Serdar BEKTAŞ Murat ÖZDAL İrem ÇELİK	*Atatürk University, Turkiye*	ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF LAUREL ESSENTIAL OIL (LAURUS NOBILIS L.) AGAINST THE FISH PATHOGEN AEROMONAS VERONII
14¹⁵-14³⁰	Serdar BEKTAŞ Murat ÖZDAL İrem ÇELİK	*Atatürk University, Turkiye*	SYNERGISTIC EFFECT OF LAURUS NOBILIS L. ESSENTIAL OIL COMBINED WITH ANTIBIOTICS AGAINST PSEUDOMONAS AERUGINOSA
14³⁰-14⁴⁵	Hatice DEĞİŞLİ Derya BERİKTEN	*Kütahya Health Sciences University, Turkiye*	INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF LIPIDS PRODUCED IN WASTE GLYCEROL BY PICHIA CACTOPHILA
14⁴⁵-15⁰⁰	Cennet Şevval DEMİR Derya BERİKTEN	*Kütahya Health Sciences University, Turkiye*	LIPID PRODUCTION IN CRUDE GLYCEROL BY YARROWIA LIPOLYTICA AND INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF PRODUCED LIPIDS
15⁰⁰-15¹⁵	Murat TEKER İrfan ÖZSOY	*Sakarya University, Turkiye*	NUMERICAL EVALUATION OF CRATERS FORMED BY RDX ON DIFFERENT GROUND DURING DETONATION
15¹⁵-15³⁰	Fatma Ebru BEKİROĞLU	Kütahya Health Sciences University, Turkiye	FORENSIC MICROSCOPY EDUCATION: STUDENT APPLICATIONS IN THE EXAMINATION OF BODY FLUIDS AND THEIR FORENSIC SIGNIFICANCE
15³⁰-15⁴⁵	Hasan GÜLERYÜZ	Muş Alparslan University, Turkiye	ARTIFICIAL INTELLIGENCE (MACHINE LEARNING) IN DIGITAL STEM EDUCATION: OPPORTUNITIES, APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES
15⁴⁵-16⁰⁰	Ali ŞAHİN	Kırkpınar Secondary School, Turkiye	DETERMINATION OF THE ANALYSIS RESULTS OF THE FIFTH GRADE MATHEMATICS TEXTBOOK PREPARED IN ACCORDANCE WITH THE TURKISH CENTURY EDUCATION MODEL ACCORDING TO THE REVISED BLOOM TAXONOMY
16⁰⁰-16¹⁵	Ali ŞAHİN	Kırkpınar Secondary School, Turkiye	A TEACHING DESIGN PROPOSAL BASED ON THE 4MAT TEACHING MODEL FOR TEACHING MATHEMATICS COURSE TO SECONDARY SCHOOL STUDENTS
16¹⁵-16⁰⁰16³⁰	Sevil DEMİRCİ	Yıldız Technical University, Turkiye	SCHEDULING PROBLEMS WITH RESOURCE CONSTRAINTS IN THE VENTILATION AND AIR CONDITIONING SECTOR: A MODEL PROPOSAL COMPATIBLE WITH DEADLINE PROCESSES
16³⁰-16⁴⁵	Koray ALPER	Zonguldak Bülent Ecevit University, Turkiye	HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF CHARD WASTE: CHARACTERIZATION AND CU(II) ION ADSORPTION STUDIES
16⁴⁵-17⁰⁰	Harika TOPAL ÖNAL	Toros University , Turkiye	PRICKLY PEAR BIOCHAR ATTENUATES PRO-INFLAMMATORY CYTOKINE PRODUCTION IN LPS-ACTIVATED MACROPHAGES

DAY (3) SESSION (2) HALL (2) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (2)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 14⁰⁰-15⁰⁰ (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 14⁰⁰-15⁰⁰ (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION: NİGAR EMECEN** **COORDINATOR: *NİGAR EMECEN***
14⁰⁰-14¹⁵	**Melek TUNA Fatma Nur ÇAKIROĞLU Fahriye ACAR Eda ADAL Tuğba AKTAR**	***Alanya Alaaddin Keykubat University, Turkiye Çukurova University, Turkiye***	**EFFECTS OF ULTRASONICATION ON PHASE SEPARATION AND QUALITY PARAMETERS OF TAHINI**
14¹⁵-14³⁰	**Kübra ÖZTÜRK Güzin KABAN Mükerrem KAYA**	***Atatürk University, Turkiye***	**NATURAL COLORANTS IN EMULSION-TYPE MEAT PRODUCTS**
14³⁰-14⁴⁵	**Kübra ÖZTÜRK Güzin KABAN Mükerrem KAYA**	***Atatürk University, Turkiye***	**EFFECT OF USING NATURAL ANTIOXIDANT ON ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS IN MEAT AND MEAT PRODUCTS**
14⁴⁵-15⁰⁰	**Eda ADAL Hasene KESKİN ÇAVDAR**	***Çukurova University, Turkiye Gaziantep University, Turkiye***	**NUTRITION QUALITY, DIGESTIBILITY, AND HEALTH IMPLICATIONS OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES**

DAY (3) SESSION (2) HALL (3) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (3)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 14^{00}-16^{15} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 14^{00}-16^{15} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION: FATİH YOLDAŞ** **COORDINATOR: *UFUK EZGİN***
14^{00}-14^{15}	**Alpaslan DEMİRCİ Zafer ÖZTÜRK Musa TERKEŞ**	***Yıldız Technical University, Turkiye Ministry of Education***	**TOWARDS SUSTAINABLE MOBILITY: SOLAR PV-SUPPORTED ON-SITE HYDROGEN REFUELING STATIONS IN ISTANBUL**
14^{15}-14^{30}	**Asmaa ELBARBARY Musa TERKEŞ Alpaslan DEMİRCİ Erdin GÖKALP**	***Yıldız Technical University, Turkiye***	**DEGRADATION-CONSCIOUS ENERGY MANAGEMENT FOR RENEWABLE MICROGRIDS: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF BATTERY AGING FUNCTION**
14^{30}-14^{45}	**Kaan Mehmet TOPRAK Musa TERKEŞ Alpaslan DEMİRCİ Erdin GÖKALP**	***Yıldız Technical University, Turkiye***	**DESIGN AND TECHNICAL VALIDATION OF INDUSTRIAL TRANSFORMER SUBSTATIONS WITH INTEGRATED ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE**
14^{45}-15^{00}	**Muhammad Rızqi Asy SYARIF Musa TERKEŞ Alpaslan DEMİRCİ Erdin GÖKALP**	***Yıldız Technical University, Turkiye***	**POWER QUALITY AND GRID IMPACT ASSESSMENT OF OFFSHORE HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS USING ETAP**
15^{00}-15^{15}	**Okan BİNGÖL Fatih YOLDAŞ**	***Isparta University of Applied Sciences, Turkiye Mehmet Akif Ersoy University, Turkiye***	**EFFECT OF DYNAMIC VOLTAGE REGULATORS ON POWER QUALITY: INDUSTRIAL APPLICATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES**
15^{15}-15^{30}	**Okan BİNGÖL Fatih YOLDAŞ**	***Isparta University of Applied Sciences, Turkiye Mehmet Akif Ersoy University, Turkiye***	**THE ROLE AND PERFORMANCE ANALYSIS OF DYNAMIC VOLTAGE REGULATORS IN INDUSTRIAL APPLICATIONS**
15^{30}-15^{45}	**Mustafa KALAY**	***Kayseri University, Turkiye***	**ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED SMART SIMULATION OF BIOMASS CONVERSION WITH NANOSENSORS**
15^{45}-16^{00}	**Galip KALTAKKIRAN**	***Ardahan University, Turkiye***	**ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED PREDICTION OF SOLAR RADIATION FOR KARS PROVINCE IN TURKEY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INPUT PARAMETERS**
16^{00}-16^{15}	**Zeynep BERKTAŞ Göknur İYİ Elif ORHAN**	***Ankara Medipol University, Turkiye Ankara Hacı Bayram Veli University, Turkiye Gazi University, Turkiye***	**ELECTRICAL PROPERTIES OF ZINC OXIDE DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTS BASED NANOCOMPOSITE**

DAY (3) SESSION (2) HALL (4) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (4)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 14^{00}-16^{30} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 14^{00}-16^{30} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION:** **Raul D.S.G. CAMPILHO**
14^{00}-14^{10}	**N. M. SHEHU** **S. S. KWALLI** **M. IBRAHIM**	***Bayero University, Nigeria*** ***Northwest University, Nigeria*** ***Northwest University, Nigeria***	**GRAPHENE FIELD-EFFECT TRANSISTORS (GFETS): PROGRESS, CHALLENGES, AND EMERGING RESEARCH DIRECTIONS**
14^{10}-14^{20}	**Abílio J.A. VIEIRA** **Raul D.S.G. CAMPILHO**	***Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Portugal***	**STATISTICAL EVALUATION OF TORSION ROD-TUBE ADHESIVELY-BONDED JOINTS**
14^{20}-14^{30}	**André L. FARIA** **Raul D.S.G. CAMPILHO**	***Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Portugal***	**NOVEL TUBULAR ADHESIVELY-BONDED JOINT PARAMETRIC DESIGN UNDER TENSILE LOADS**
14^{30}-14^{40}	**Carlos G.M. PEREIRA** **Raul D.S.G. CAMPILHO**	***Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Portugal***	**NUMERICAL OPTIMIZATION OF ADHESIVELY-BONDED COMPOSITE REPAIRS**
14^{40}-14^{50}	**Misbah NAZ**	***University of Education, Pakistan***	**NANOGELS-EMPOWERED AMINO ACID-CAPPED SILVER NANOPARTICLES FOR ENHANCED SKIN TISSUE REGENERATION**
14^{50}-15^{00}	**Misbah NAZ**	***University of Education, Pakistan***	**DFT, MOLECULAR DOCKING, ANTIMICROBIAL ACTIVITY, DYE DEGRADATION, AND OXYGEN EVOLUTION REACTION OF FUNCTIONALIZE CHITOSAN INTEGRATED EUDRAGIT-STANNOUS SELENIDE NANOSTRUCTURES**
15^{00}-15^{10}	**Ramesh R** **Seenivasan M** **Rajasekar S P** **Hari Ganesh A** **Pattabiraman. K**	***Arignar Anna Government Arts College, India*** ***DDE Annamalai University, India*** ***Arignar Anna Government Arts College, India*** ***Poombuhar College, India*** ***Government Arts College, India***	**FM/FM/1/N QUEUE WITH WORKING BREAKDOWNS AND VACATIONS**
15^{10}-15^{20}	**Ramesh R** **Seenivasan M** **Kannan M.** **Jagatheesan R.** **Gunasekar. T.**	***Arignar Anna Government Arts College, India*** ***DDE Annamalai University, India*** ***Arignar Anna Government Arts College, India*** ***Salem Sowdeswari College, India*** ***Vel Tech Rangarajan Dr. Sagunthala R&D Institute of Science and Technology, India***	**FM/FM/1/K LOSS AND DELAY INTERDEPENDENT QUEUEING MODEL WITH VACATION AND CONTROLLABLE ARRIVAL RATES**
15^{20}-15^{30}	**Ramesh R** **Nathiya. R** **Seenivasan M** **Syamala. P** **Sakthivel K**	***Arignar Anna Government Arts College, India*** ***Affiliated to Bharathidasan University, India*** ***DDE Annamalai University, India*** ***AVVM Sri Pushpam College, India*** ***Arignar Anna Government Arts College, India***	**ACHIEVEMENT ESTIMATIONS OF MARKOVIAN FUZZY BATCH ARRIVAL QUEUING SYSTEM**

15^{30}-15^{40}	**Hélder G.E. da SILVA Raul D.S.G. CAMPILHO Raul D. F. MOREIRA**	***Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Portugal***	**ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POINT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS**
15^{40}-15^{50}	**Auwal IBRAHIM Gabi BABA Urwata ABDULAZEEZ**	***Kaduna Polytechnic, Nigeria***	**COMPARATIVE ANALYSIS ON PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANTS IN BARK AND ROOT OF JATROPHA TANJORENSIS AND PAUSINYSTALIA YOHIMBE EXTRACT**
15^{50}-16^{00}	**AKINDE Sarah Temitope BINUOMOTE Racheal Temitope IDOWU Waheed ADEPOJU Temilola Morufat**	***Federal Polytechnic Ayede, Nigeria Ladoke Akintola University, Nigeria Federal University Dutsin-ma, Nigeria Federal Polytechnic Ayede, Nigeria***	**AUGMENTING THE NUTRITIONAL COMPOSITION OF MEGATHYRUS MAXIMUMS TO ADDRESS POVERTY AND INSECURITY**
16^{00}-16^{10}	**Riya Arun KUMAR**	***Ranchi University, India***	**EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITIES AND NUTRITIONAL WORTH OF LEEA MACROPHYLLA ROXB. EX HORNEM. OF RANCHI DISTRICT**
16^{10}-16^{20}	**Yousra MDARHRI Mohamed CHABBI Fakhita TOUHAMI Ahmed TOUHAMI**	***Abdelmalek Essaadi University Abdelmalek Essaadi University, M Abdelmalek Essaadi University, Morocco University of Texas Rio Grande Valley, United States of America***	**CHITIN AND CHITOSAN PRODUCTION FROM LOCAL SQUID PEN**
16^{20}-16^{30}	**Ermin C REVILLEZA**	***REAMD Electric Power Industry Management Bureau, Philippines***	**ASSESSMENT ON THE IMPLEMENTATION OF SECTION 59 OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY REFORM ACT OF 2001 TOWARDS POLICY ENHANCEMENT**
16^{30}-16^{40}	**Endrit HASANI Afrim HAMIDI**	***University of Prishtina, Kosovo Hungarian University, Hungary***	**DETERMINATION OF COLIFORM BACTERIA IN MEAT PRODUCTS MARKETED IN KOSOVO**
16^{40}-16^{50}	**Endrit HASANI Livia DARNAY István DALMADI György KENESEI**	***University of Prishtina, Kosovo University of Veterinary Medicine Budapest, Hungary University of Prishtina, Kosovo University of Prishtina, Kosovo***	**COMBINED EFFECT OF SOUS VIDE AND FROZEN STORAGE ON TEXTURE ATTRIBUTES OF CHICKEN BREAST**

DAY (3) SESSION (2) HALL (5) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (5)

MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

	18.10.2025	**Time: 14^{00}-16^{30} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 14^{00}-16^{30} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION: Ulviyya MAMMADOVA** **COORDINATOR: *Elmar ASKEROV***
14^{00}-14^{10}	**Samandar KOCHERLI Fatma ALIYEVA**	***Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan***	**COMPARATIVE ANALYSIS OF AGROPHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN**
14^{10}-14^{20}	**Ali JAFAROV Fatma ALIYEVA Musazade CASUR**	***Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan***	**AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN**
14^{20}-14^{30}	**Khayala YUNUSOVA**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**THE EFFECT OF CLIMATE ON THE CHERRY PLANT**
14^{30}-14^{40}	**Ulviyya MAMMADOVA**	***Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Azerbaijan***	**EUROPEAN YEW (TAXUS BACCATA): AN IN-DEPTH STUDY ON ITS ENVIRONMENTAL IMPACT, FORESTATION, AND INDUSTRIAL SIGNIFICANCE**
14^{40}-14^{50}	**Ilham GARAGURBANLI Sevil SULEYMANOVA**	***Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Azerbaijan***	**CULTIVATION OF PAULOWNIA (PAULÓWNIA) IN THE AZERBAIJANI CLIMATE CONDITION: POTENTIAL AND PERSPECTIVES**
14^{50}-15^{00}	**Askerov ELMAR**	***Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Azerbaijan***	**STUDY OF BIOREGIONAL CHARACTERISTICS OF LOCAL PEAR CULTIVARS**
15^{00}-15^{10}	**Vahid ALIYEV Dayanat OSMANOV**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**BIOMETRIC AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF PLUM TREES DEPENDING ON UMBRELLA SHAPES**
15^{10}-15^{20}	**Mustafayeva SEMAYE**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**DETERMINATION OF WIDESPREAD VIRAL DISEASES IN CHERRY PLANTS**
15^{20}-15^{30}	**Huseynli ZEHRA Ehmedova MELEK**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**MONITORING OF BACTERIAL DISEASES IN CHERRY PLANT**
15^{30}-15^{40}	**Rzayeva CHINARA Nagiyeva SAMIRA**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**ADAPTATION OF TANGERINE (CITRUS RETICULATA) WITH BIO-REGIONAL CLIMATE INDICATORS: PLANT RESPONSES TO CLIMATE CHANGE**
15^{40}-15^{50}	**Memmedova ZEYNEB**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**IDENTIFICATION OF FUNGAL AND BACTERIAL DISEASES IN THE HAZELNUT PLANT**
15^{50}-16^{00}	**Huseynzade RAMAL Mammadli MUHAMMEDALI**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**ADAPTION OF LEMON (CITRUS LIMON) TO CLIMATE CHANGE: PLANT RESPONSES TO LOCAL CLIMATE CONDITION**
16^{00}-16^{10}	**Musayeva AYGUN**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan Scientific Research Institute, Azerbaijan***	**DETERMINATION OF FUNGAL DISEASES IN CHERRIES**
16^{10}-16^{20}	**Askerova AYTAC**	***Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan***	**INVESTIGATION OF VIRUS DISEASES IN HAZELNUT PLANT**

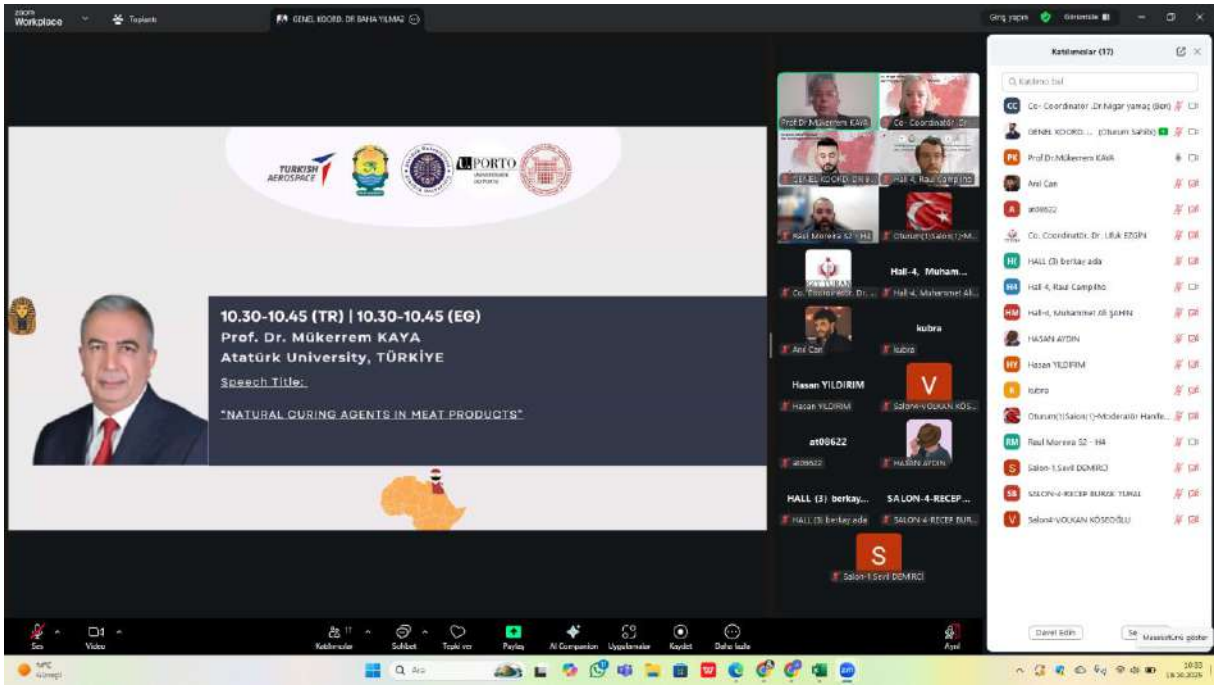
		Scientific Research Institute, Azerbaijan	
16^{20}-16^{30}	**Mohammad Arman JAWAD**	***University of South Asia, Bangladesh***	**UNVEILING THE IMPACT OF ELECTION RESULTS ON SOCIAL MEDIA DISCOURSE: TRENDS, SENTIMENTS, AND SOCIOPOLITICAL DYNAMICS**

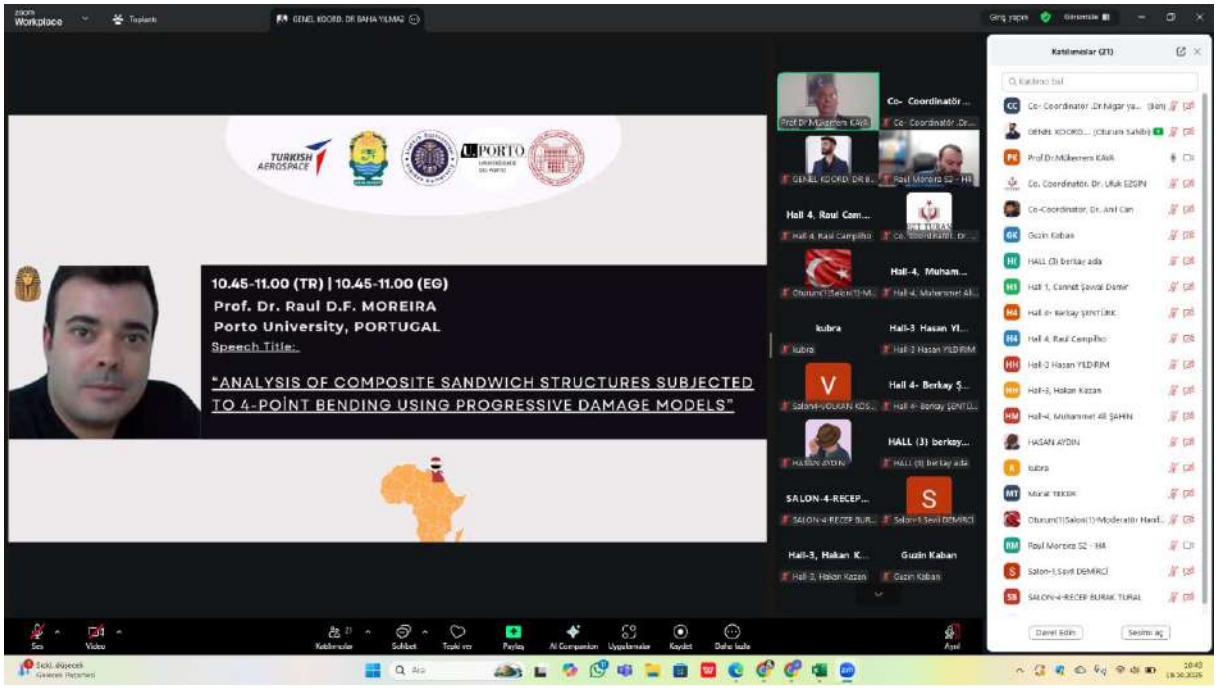
DAY (3) SESSION (2) HALL (6) | GÜN (3) OTURUM (2) SALON (6)

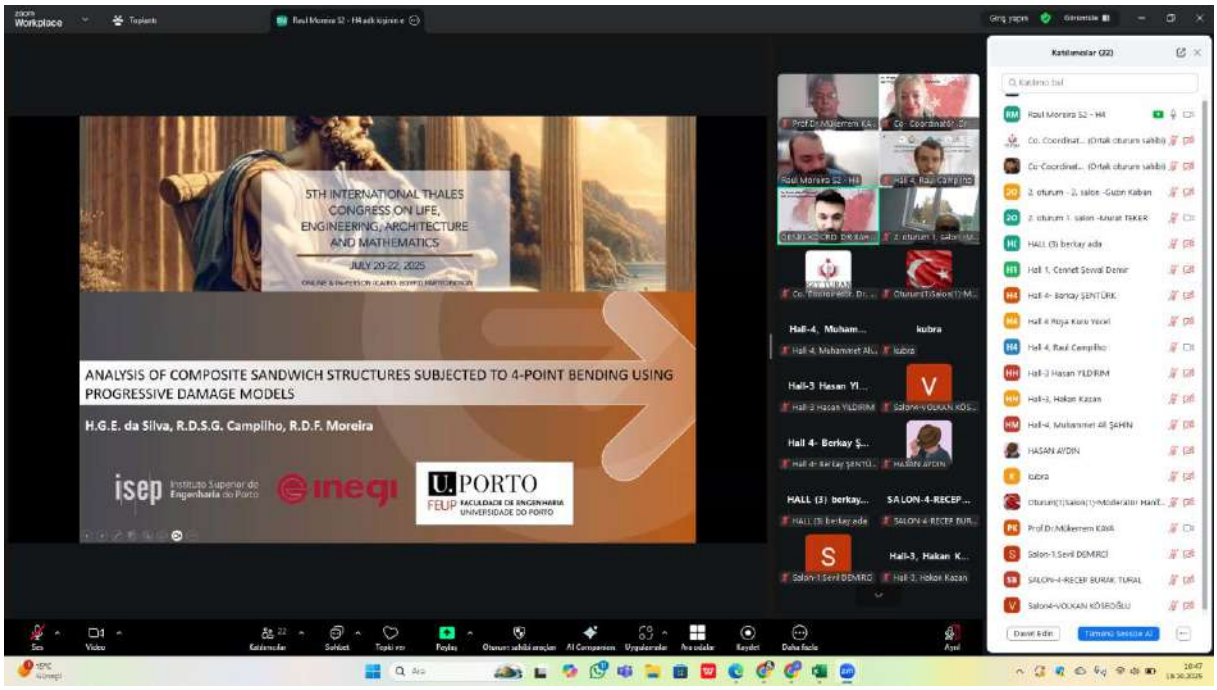
MEETING ID: 849 0161 4559
PASSWORD: 089439

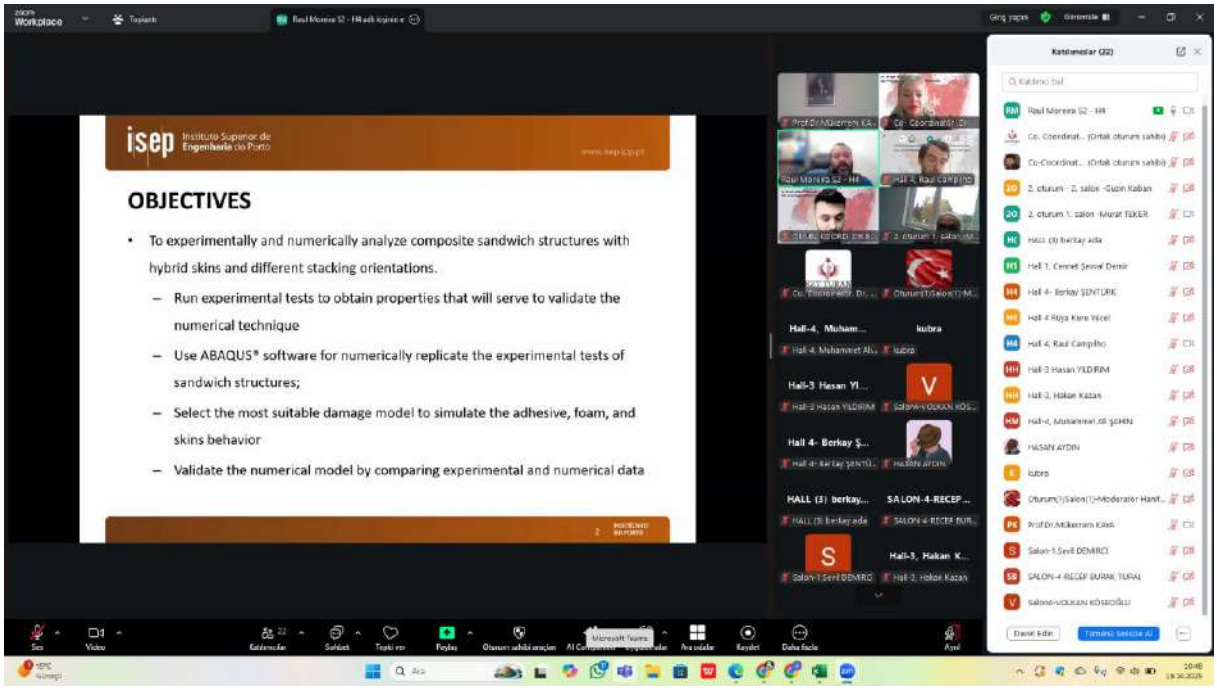
	18.10.2025	**Time: 14^{00}-16^{30} (Turkey Local time GMT+3)** **Time: 14^{00}-16^{30} (Egypt Local time GMT+3)**	**HEAD OF THE SESSION:** **Moazam NIAZ** **COORDINATOR:** ***Muhammad Safdar BHATTI***
14^{00}-14^{10}	**S K SHAKSHOOKI R M ALAEB F A AKARI Salima M EL-HAMRONI Amina M ELHAMMADY**	***University of Tripoli, Libya***	**CRYSTALLINE CERIUM PHOSPHATE-GLASSY ZIRCONIUM TITANIUM TELLURATES COMPOSITES SELF-DOPED AND SELF-SUPPORT POLYMERIZATION OF BENZIMIDAZOLE-CO-ANILINE, BENZIMIDAZOLE-CO-PYRROLE**
14^{10}-14^{20}	**Laraib SAEED**	***Hohai University Nanjing, China***	**EFFICIENCY OF WHEAT STRAW BIOCHAR IN COMBINATION WITH COMPOST AND BIOGAS SLURRY FOR ENHANCING NUTRITIONAL STATUS AND PRODUCTIVITY OF SOIL AND PLANT**
14^{20}-14^{30}	**Sania SAEED**	***Hohai University Nanjing, China***	**BIOCHAR IMPROVES PHOSPHORUS USE EFFICIENCY OF ORGANIC-INORGANIC FERTILIZERS, MAIZE-WHEAT PRODUCTIVITY AND SOIL QUALITY IN A LOW FERTILITY ALKALINE SOIL**
14^{30}-14^{40}	**Redouane HAFER Malika TRIDANE Said BELAAOUAD**	***Hassan II University, Morocco***	**IMPACT OF ECOLOGICAL EXPLORATION PROCESSES ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC INVESTIGATION APPROACH (DIS) AND PERSONAL ACTION PROJECTS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: A TOOL FOR REFLECTION ON CLASSROOM PRACTICES CASE OF AN ECOLOGICAL SCHOOL TRIP IN A NATURAL ENVIRONMENT**
14^{40}-14^{50}	**Humaira NIAZ**	***University of Agriculture, Pakistan***	**MYCORRHIZAE-RHIZOBACTERIAL INTERACTION TO ENHANCE THE GROWTH, DEVELOPMENT, NUTRIENT CONTENT, AND PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF OKRA IN COMPOST AMENDED SOIL**
14^{50}-15^{00}	**Idowu W Akinde S T Aruwayo A**	***Federal University Dutsin-Ma, Nigeria Federal Polytechnic Ayede, Nigeria Federal University Dutsin-Ma, Nigera***	**PROXIMATE COMPOSITION OF BRACHIARIA RUZIZIENSIS AS AFFECTED BY COW DUNG AND CUTTING STAGES IN THE SAHEL SAVANNAH ZONE OF NIGERIA**
15^{00}-15^{10}	**R BOOMA M KAVASKAR**	***Annamalai University, India Agricultural College, India***	**A COMPREHENSIVE STUDY ON THE KNOWLEDGE LEVEL OF FARM YOUTH REGARDING THE CROP INSURANCE SCHEME IN THANJAVUR DISTRICT**
15^{10}-15^{20}	**Muhammad MOHSIN**	***Hohai University, India***	**SELF-ADAPTIVE PHOTONIC THERMAL MANAGEMENT BASED ON A FLEXIBLE METASURFACE**
15^{20}-15^{30}	**Mustapha MERAOUAH Faiza KADDARI Said HASSAINE Youcef MIHOUB Samira HEROUAL**	***Ibn Khaldoun University, Algeria Sciences and Technology University Oran, Algeria Ibn Khaldoun University, Algeria Ibn Khaldoun University,***	**COMPARISON OF MPPT TECHNIQUES ON THD CURRENT IN A GRID ASSOCIATED TO PHOTOVOLTAIC SYSTEM**

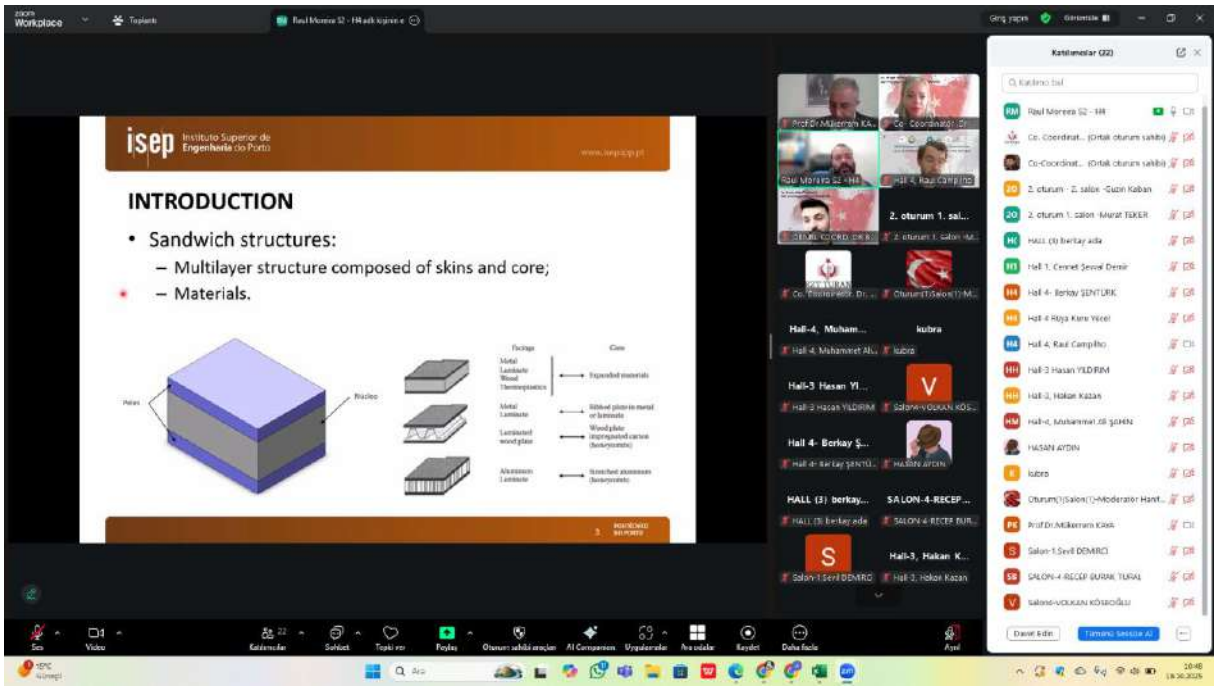
		Algeria *University of Djilali Liabes, Algeria*	
15^{30}-15^{40}	**Fares BELGUELIEL** **Mohamed FREDJ** **Abderrazak SAADOUN**	*University of Abderrahmane Mira, Algeria* *University of Abderrahmane Mira, Algeria* *Badji Mokhtar Annaba University, Algeria*	**APPLICATION OF ROCK MASS CHARACTERIZATION TO THE DRILLING AND BLASTING PLAN ENHANCEMENT IN OPEN PIT MINES**
15^{40}-15^{50}	**Pavithra L.** **Ragavi B.**	*Nandha College of Technology, India* *Dr.NGP Institute of Technology, Coimbatore, India*	**AN INTELLIGENT HEALTHCARE SYSTEM USING IOT IN WIRELESS SENSOR**
15^{50}-16^{00}	**Reguia BOUDRAA** **Djahida Talantikite-TOUATI** **Sarah BALIT** **Lotfi MOUNI**	*University of Bejaia, Algeria*	**COUPLING ADSORPTION-PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF SAFRANINE O DYE BY TERNARY NANOCOMPOSITE SUPPORTED ON NATURAL CLAY**
16^{00}-16^{10}	**Olatunji ONI**	*University of Louisiana at Lafayette, United States of America*	**EVALUATION OF SUSTAINABLE COMPOSITES OF SUGARCANE BAGASSE WITH MIXED ALGAE-SOY PROTEIN BINDERS**
16^{10}-16^{20}	**Moazam NIAZ**	*Wichita State University, United States of America*	**GREEN LOGISTICS PRACTICES: INTEGRATING RENEWABLE ENERGY AND SUSTAINABLE TRANSPORTATION ACROSS SUPPLY CHAINS**
16^{20}-16^{30}	**Mokhtari NARJISSE**	*University Abdelmalek Essaadi, Morocco*	**MINIMIZING AFLATOXIN CONTAMINATION IN PEANUT PROCESSING CHAIN THROUGH GOOD AGRICULTURAL, HYGIENIC, AND MANUFACTURING PRACTICES**

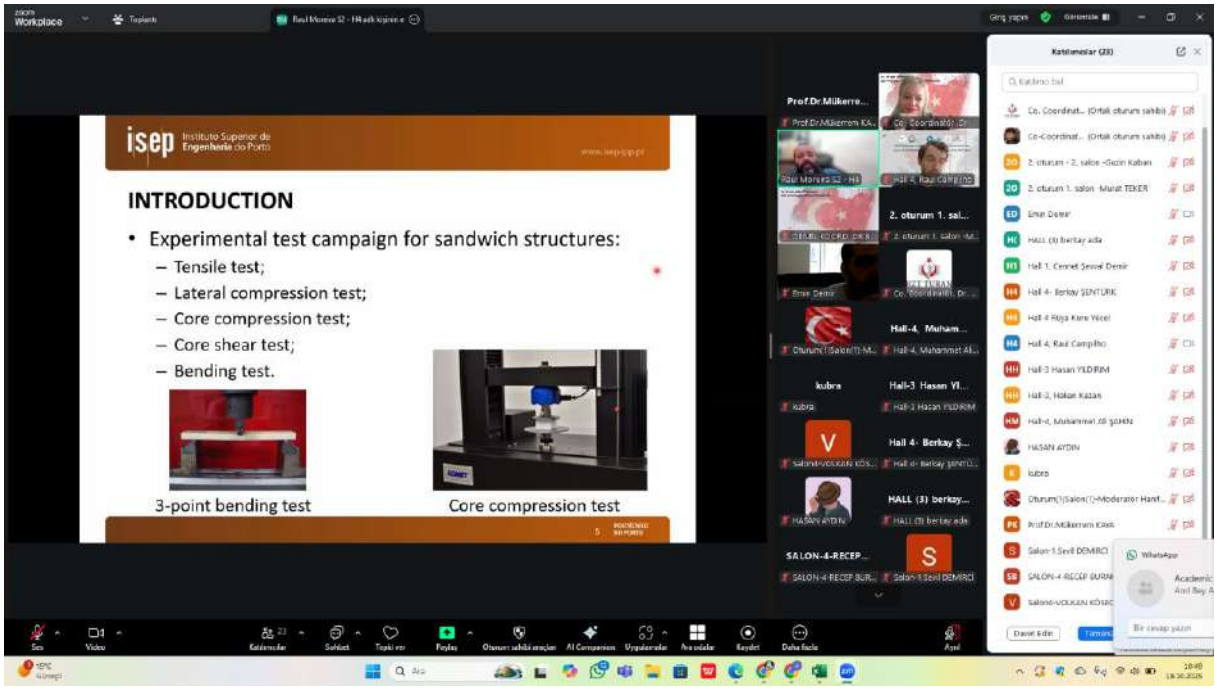

10.30-10.45 (TR) | 10.30-10.45 (EG)
Prof. Dr. Mükerrem KAYA
Atatürk University, TÜRKİYE
Speech Title:
"NATURAL CURING AGENTS IN MEAT PRODUCTS"

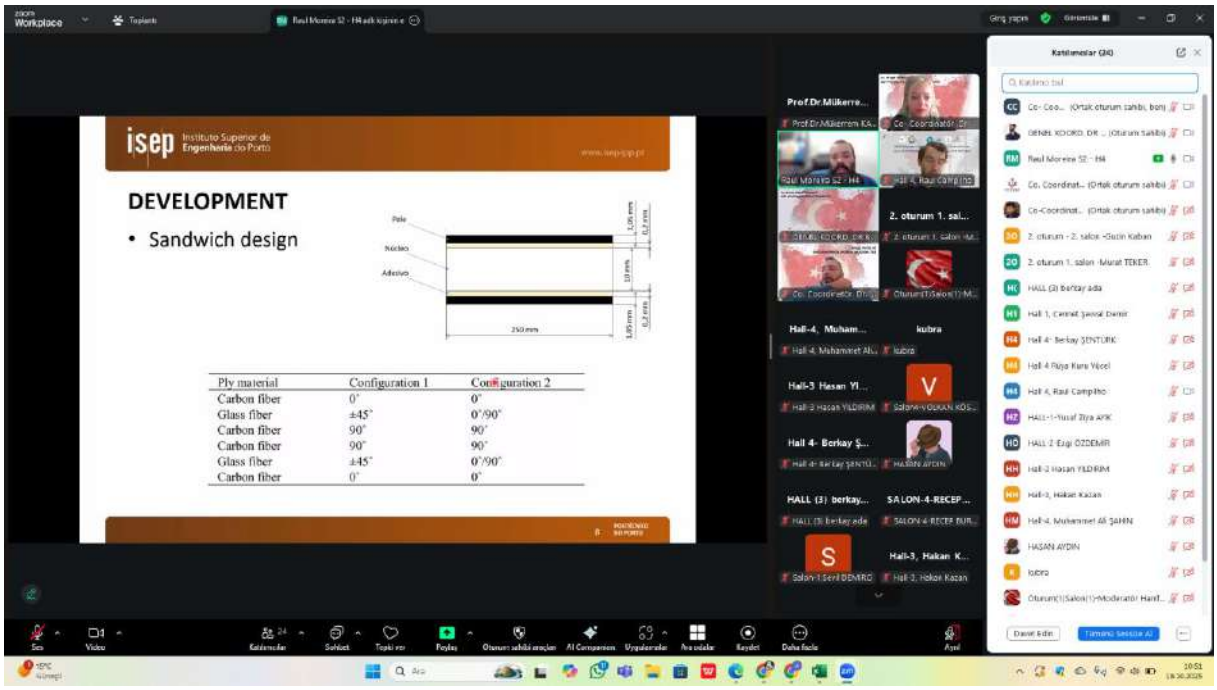

10.45-11.00 (TR) | 10.45-11.00 (EG)
Prof. Dr. Raul D.F. MOREIRA
Porto University, PORTUGAL
Speech Title:
"ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POİNT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS"

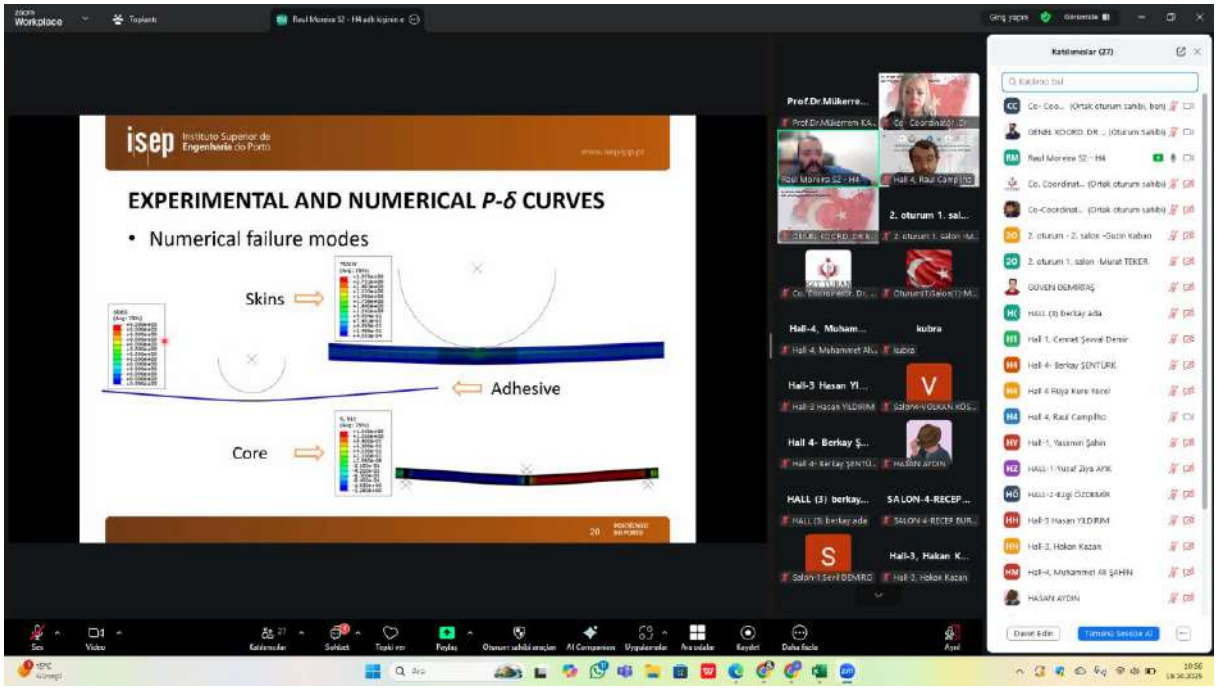

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS
JULY 20-22, 2025
ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POINT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS
H.G.E. da Silva, R.D.S.G. Campilho, R.D.F. Moreira
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
inegi
U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

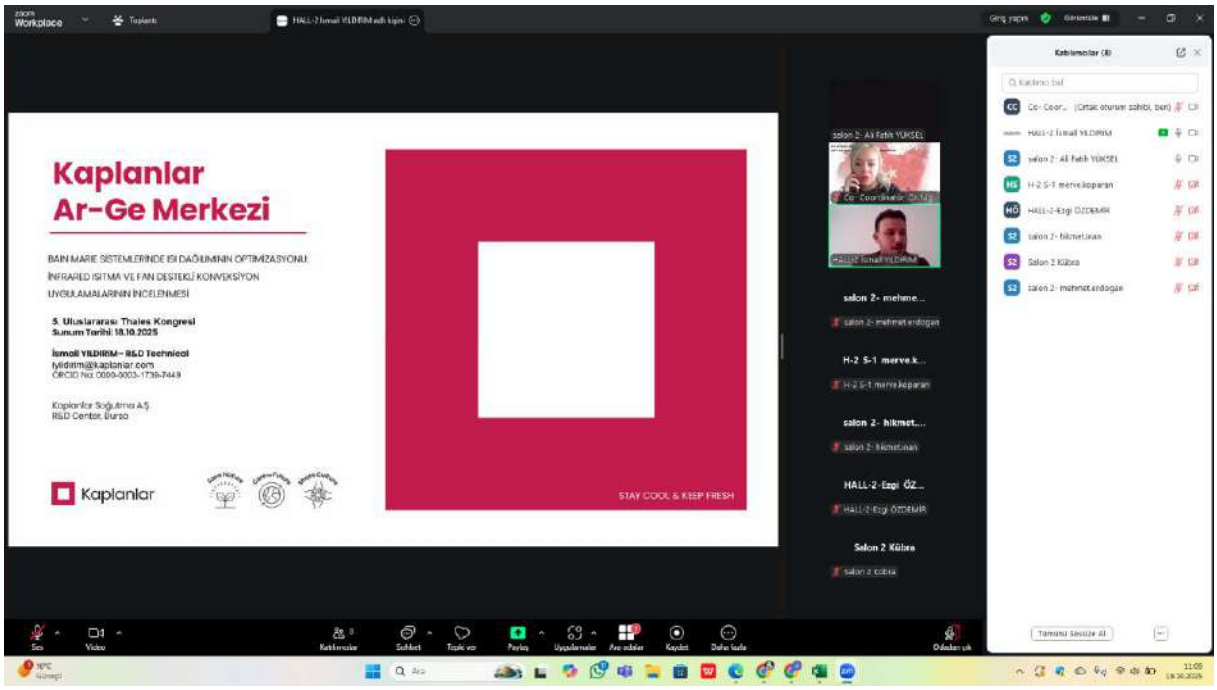

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
OBJECTIVES
• To experimentally and numerically analyze composite sandwich structures with hybrid skins and different stacking orientations.
– Run experimental tests to obtain properties that will serve to validate the numerical technique
– Use ABAQUS® software for numerically replicate the experimental tests of sandwich structures;
– Select the most suitable damage model to simulate the adhesive, foam, and skins behavior
– Validate the numerical model by comparing experimental and numerical data

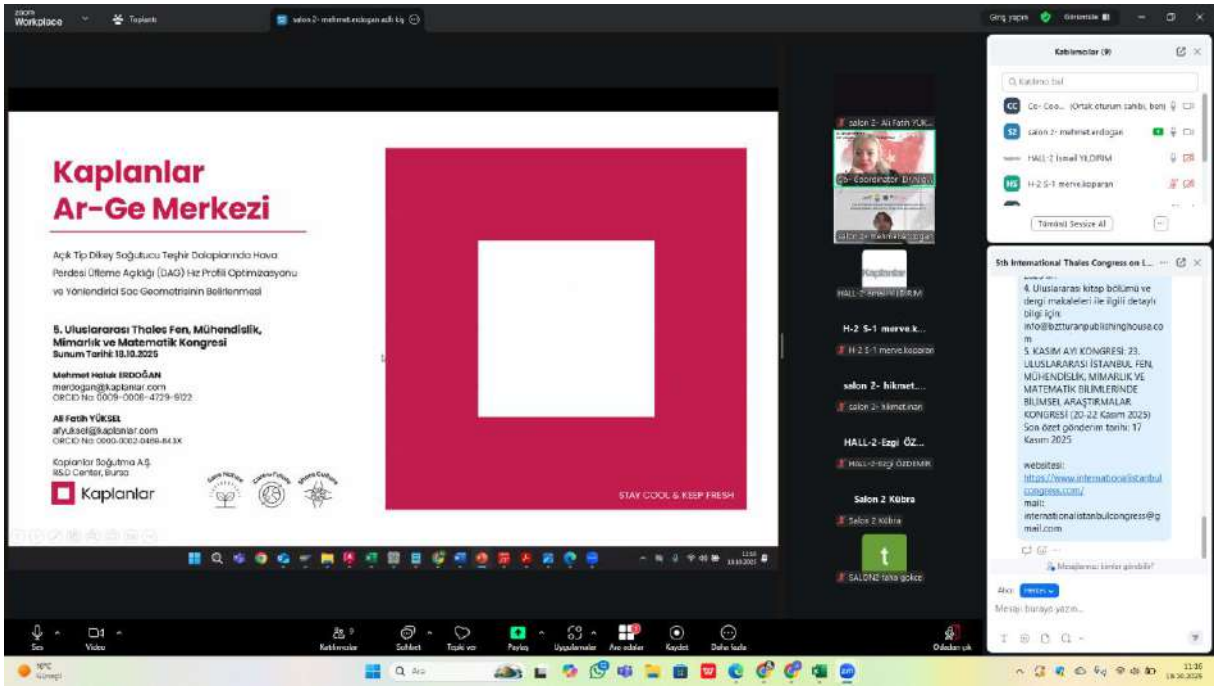

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
INTRODUCTION
• Sandwich structures:
– Multilayer structure composed of skins and core;
– Materials.

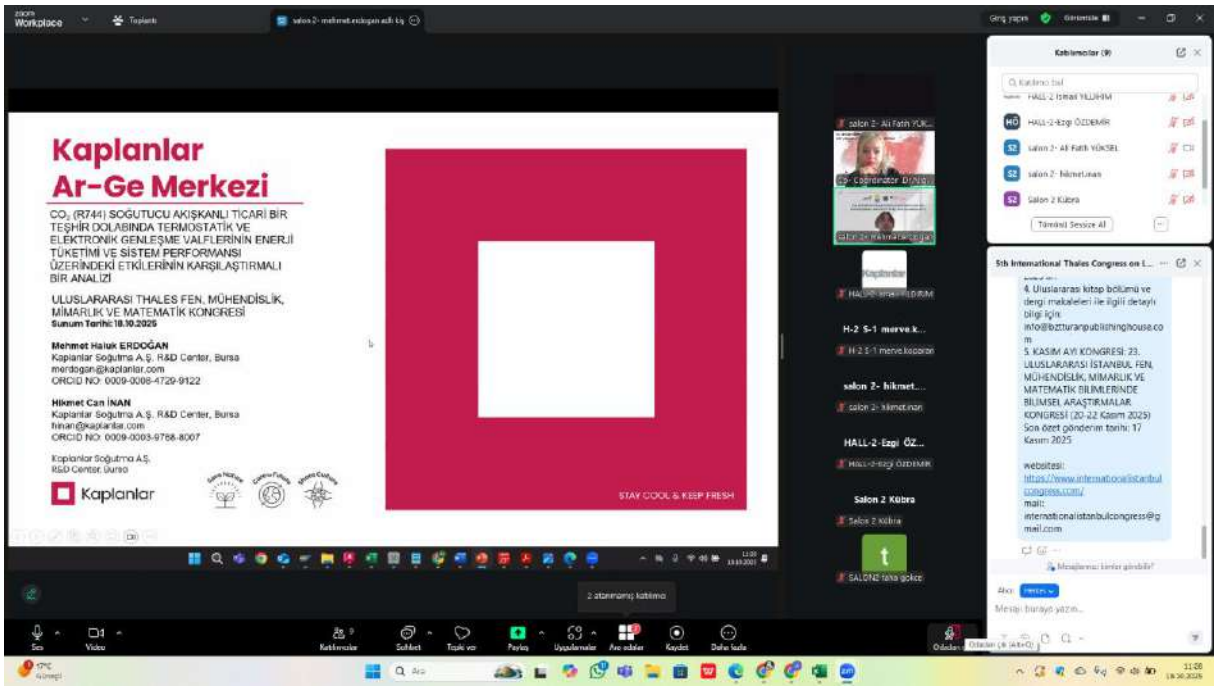

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
INTRODUCTION
• Experimental test campaign for sandwich structures:
– Tensile test;
– Lateral compression test;
– Core compression test;
– Core shear test;
– Bending test.
3-point bending test
Core compression test

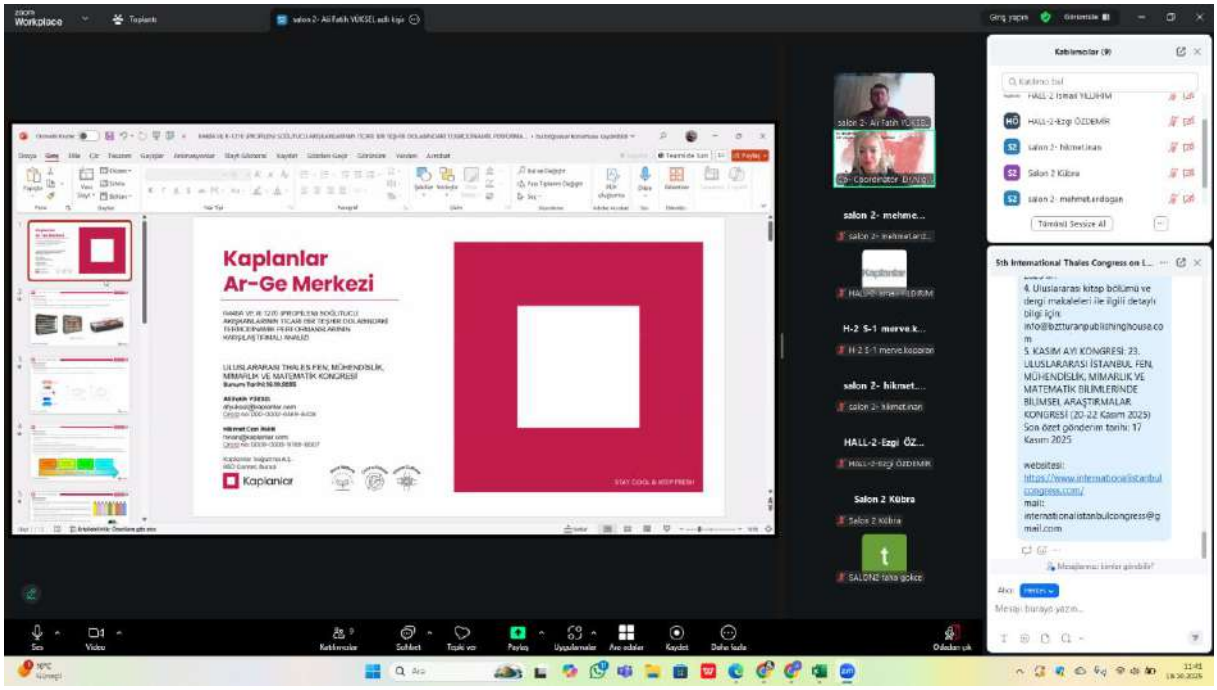

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
DEVELOPMENT
• Sandwich design
Pele
Núcleo
Adesivo
250 mm
Ply material | Configuration 1 | Configuration 2
Carbon fiber | 0° | 0°
Glass fiber | ±45° | 0°/90°
Carbon fiber | 90° | 90°
Carbon fiber | 90° | 90°
Glass fiber | ±45° | 0°/90°
Carbon fiber | 0° | 0°

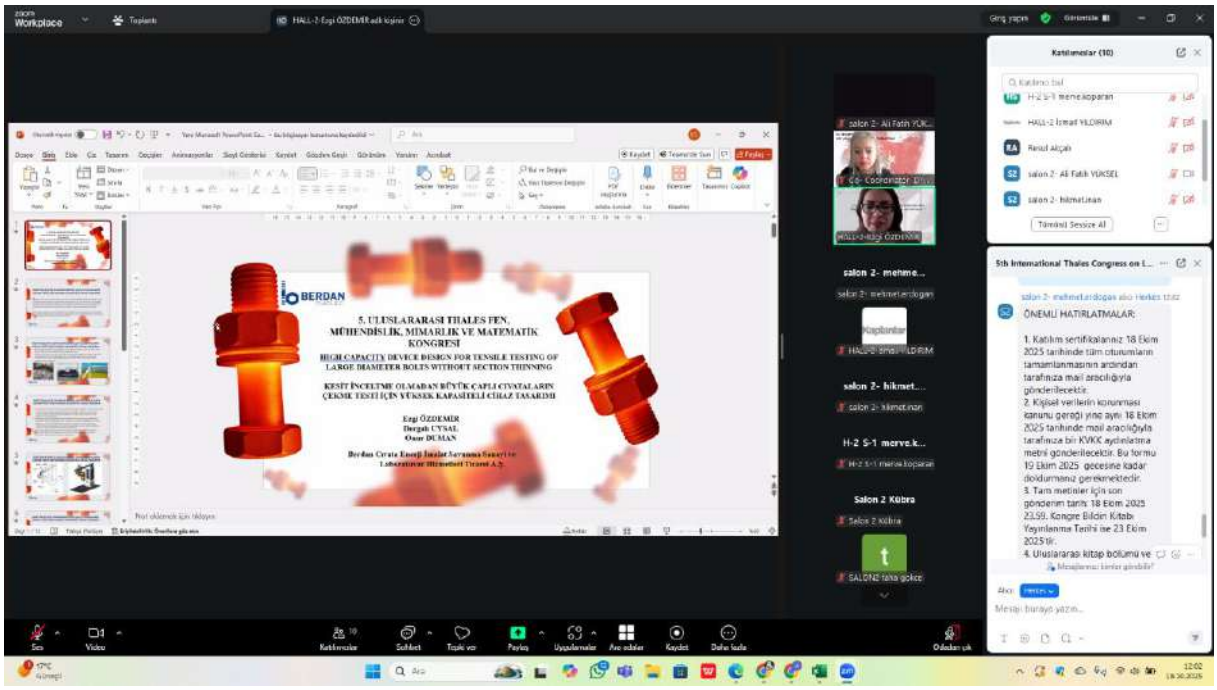

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
EXPERIMENTAL AND NUMERICAL P-δ CURVES
• Numerical failure modes
Skins
Adhesive
Core

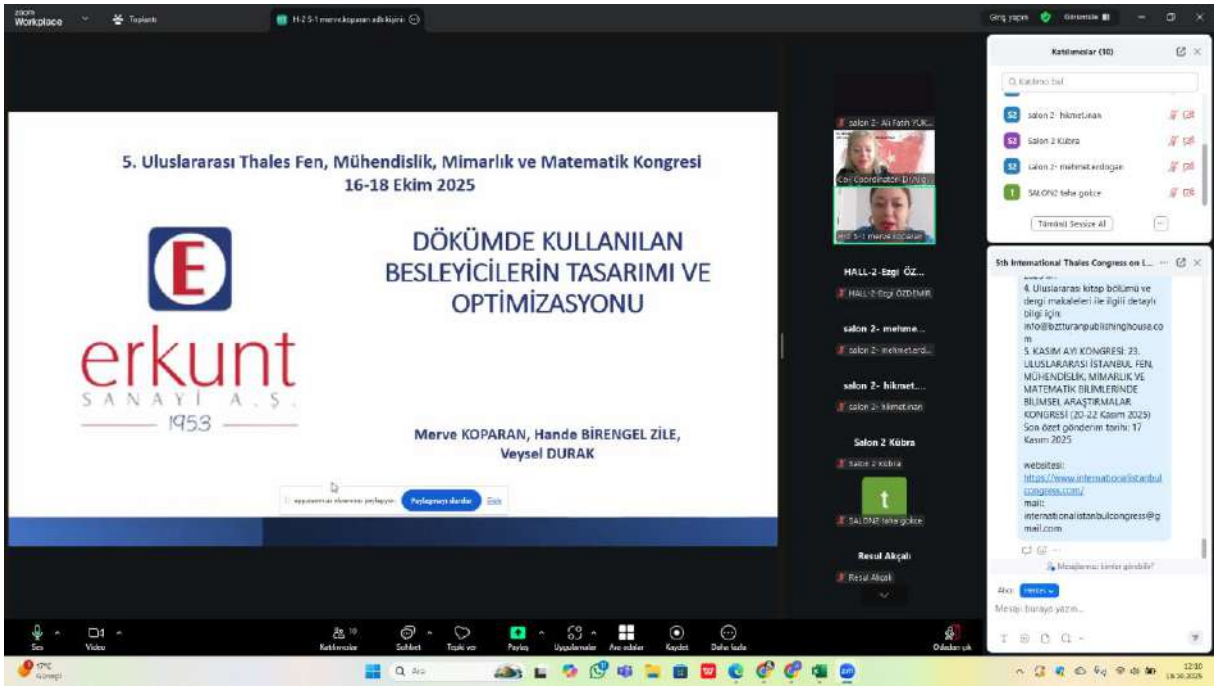

Kaplanlar
Ar-Ge Merkezi
BAIN MARIE SİSTEMLERİNDE ISI DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU:
İNFRARED ISITMA VE FAN DESTEKLİ KONVEKSİYON
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ
5. Uluslararası Thales Kongresi
Sunum Tarihi: 18.10.2025
İsmail YILDIRIM – R&D Technical
yildirim@kaplanlar.com
ORCID No: 0009-0003-1736-7449
Kaplanlar Soğutma A.Ş.
R&D Center, Bursa
Kaplanlar
STAY COOL & KEEP FRESH

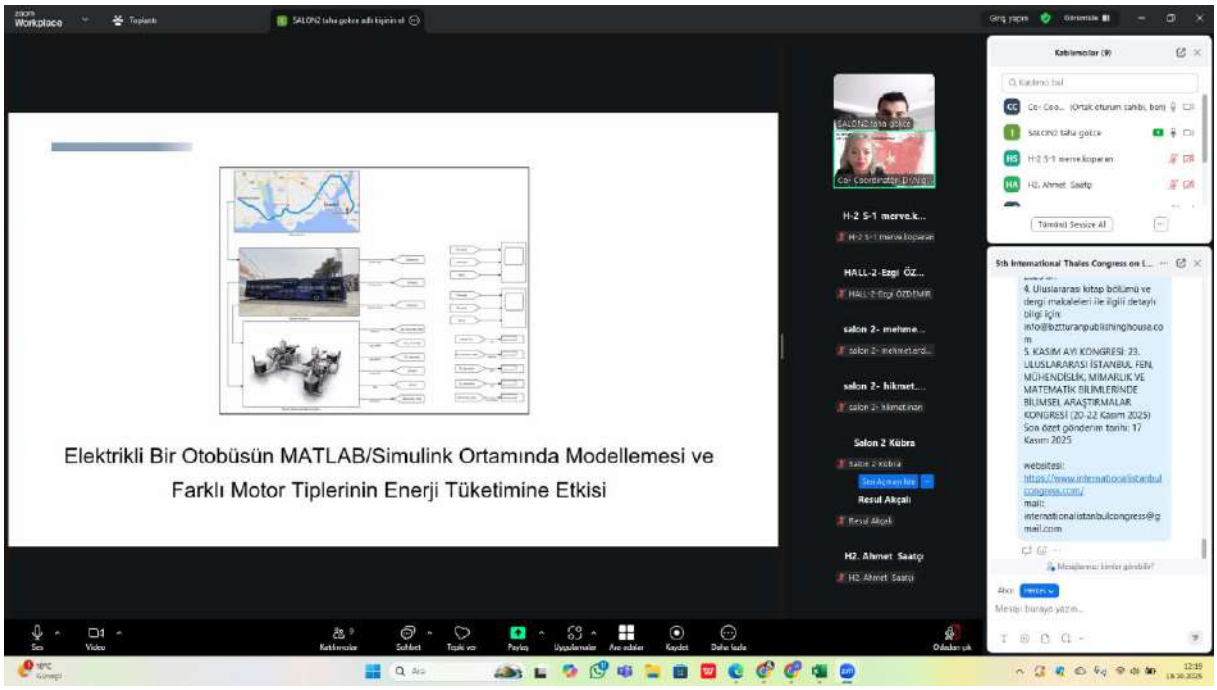

Kaplanlar
Ar-Ge Merkezi
Açık Tip Dikey Soğutucu Teşhir Dolaplarında Hava
Perdesi Üfleme Açıklığı (DAG) Hız Profili Optimizasyonu
ve Yönlendirici Saç Geometrisinin Belirlenmesi
5. Uluslararası Thales Fen, Mühendislik,
Mimarlık ve Matematik Kongresi
Sunum Tarihi: 18.10.2025
Mehmet Haluk ERDOĞAN
merdogan@kaplanlar.com
ORCID No: 0009-0008-4729-6122
Ali Fatih YÜKSEL
afyuksel@kaplanlar.com
ORCID No: 0000-0002-0486-843X
Kaplanlar Soğutma A.Ş.
R&D Center, Bursa
Kaplanlar
STAY COOL & KEEP FRESH

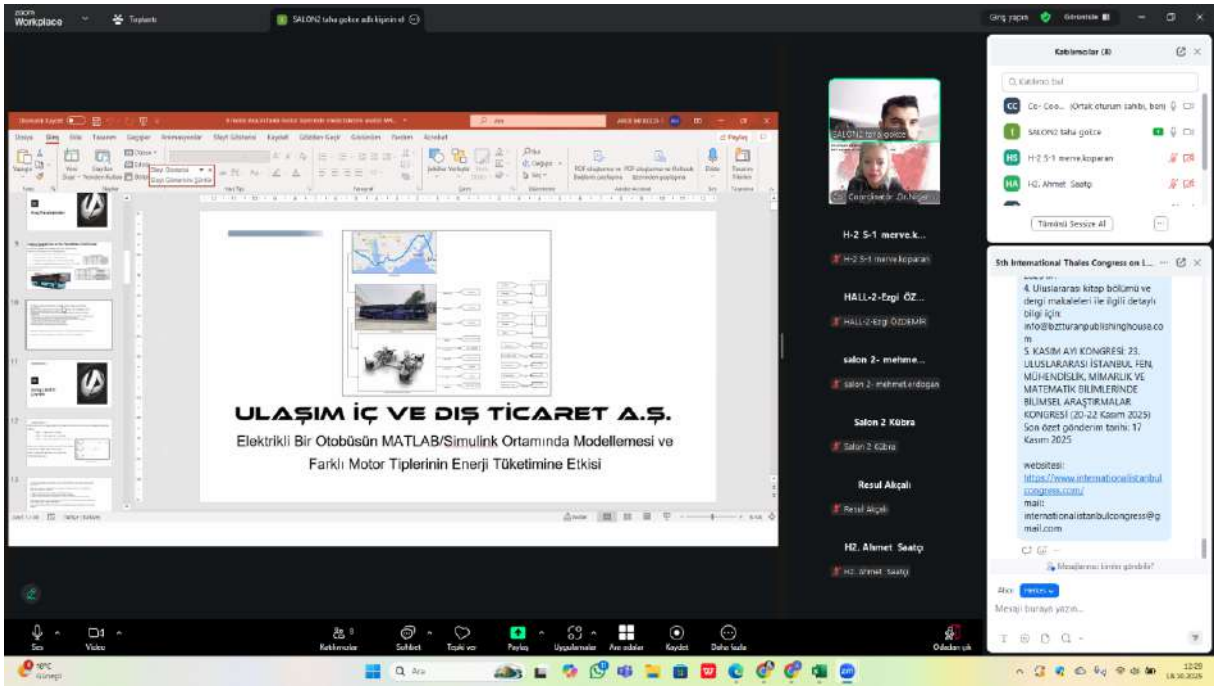

Kaplanlar
Ar-Ge Merkezi
CO2 (R744) SOĞUTUCU AKIŞKANLI TİCARİ BİR TEŞHİR DOLABINDA TERMOSTATİK VE ELEKTRONİK GENLEŞME VALFLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE SİSTEM PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZİ
ULUSLARARASI THALES FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ
Sunum Tarihi: 18.10.2025
Mehmet Haluk ERDOĞAN
Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
merdogan@kaplanlar.com
ORCID NO: 0009-0008-4729-9122
Hikmet Can İNAN
Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
hinan@kaplanlar.com
ORCID NO: 0009-0003-9788-8007
Kaplanlar Soğutma A.Ş.
R&D Center, Bursa
Kaplanlar
STAY COOL & KEEP FRESH
Kabilenler (9)
5th International Thales Congress on t...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için:
info@iksturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail:
internationalistanbulcongress@gmail.com
Mesaj burayı yazın...

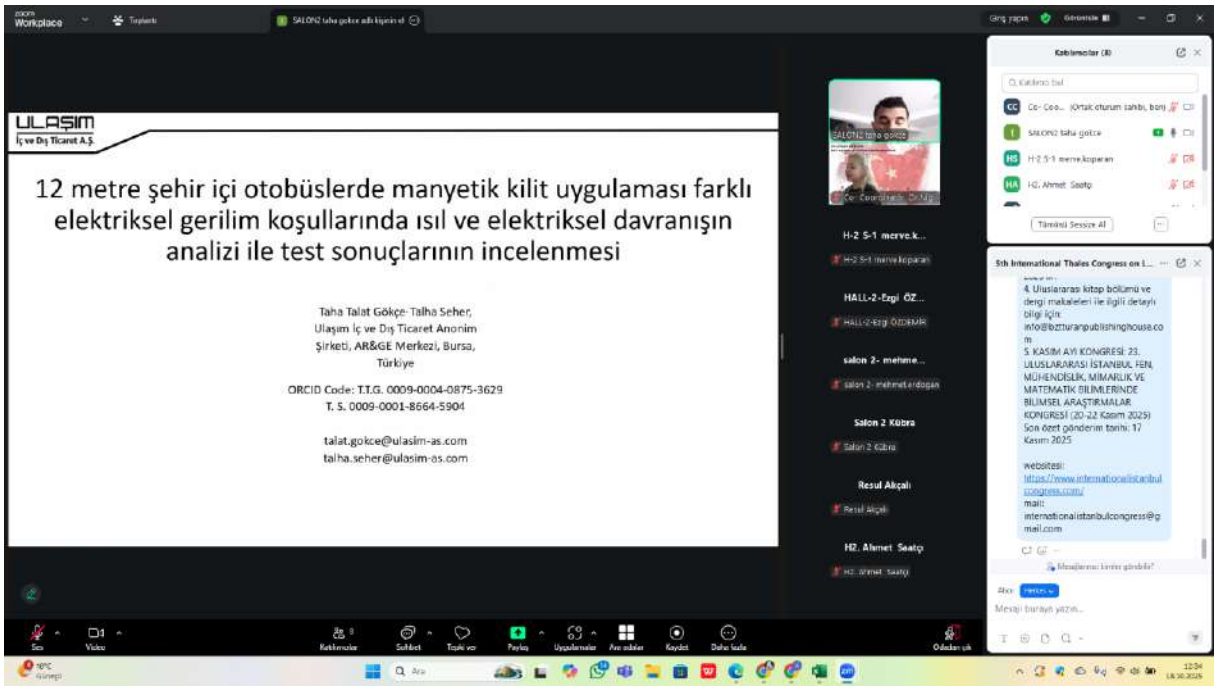

Kaplanlar
Ar-Ge Merkezi
STAY COOL & KEEP FRESH
Kabilenler (9)
5th International Thales Congress on t...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için:
info@iksturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail:
internationalistanbulcongress@gmail.com
Mesaj burayı yazın...

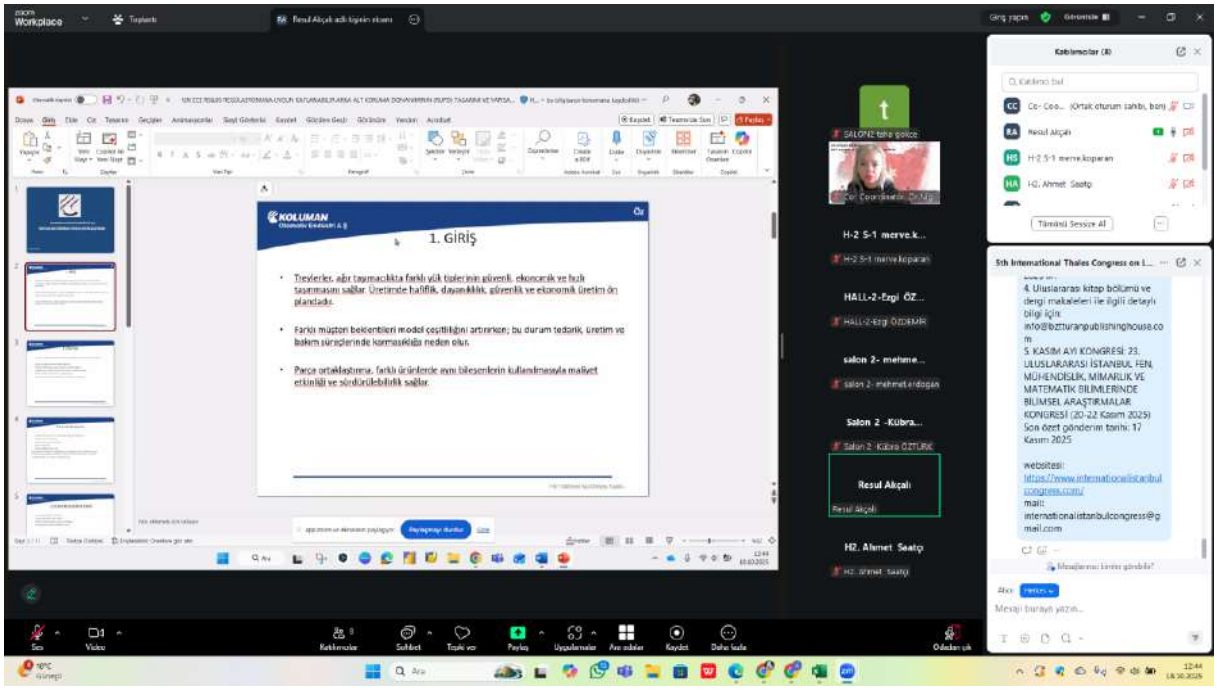

5. ULUSLARARASI THALES FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ
HIGH CAPACITY DEVICE DESIGN FOR TENSILE TESTING OF LARGE DIAMETER BOLTS WITHOUT SECTION THINNING
KESİT İNCELTME OLMADAN BÜYÜK ÇAPLI CIVATALARIN ÇEKME TESTİ İÇİN YÜKSEK KAPASİTELİ CİHAZ TASARIMI
Ezgi ÖZDEMİR
Dergah UYSAL
Onur DUMAN
Katılımcılar (10)
ÖNEMLİ HATIRLATMALAR:
1. Katılım sertifikalarınız 18 Ekim 2025 tarihinde tüm oturumların tamamlanmasının ardından tarafınıza mail aracılığıyla gönderilecektir.
2. Kişisel verilerin korunması kanunu gereği yine aynı 18 Ekim 2025 tarihinde mail aracılığıyla tarafınıza bir KVKK aydınlatma metni gönderilecektir. Bu formu 19 Ekim 2025 gecesine kadar doldurmanız gerekmektedir.
3. Tam metinler için son gönderim tarihi 18 Ekim 2025 23.59. Kongre Bildiri Kitabı Yayınlanma Tarihi ise 23 Ekim 2025'tir.
4. Uluslararası kitap bölümü ve

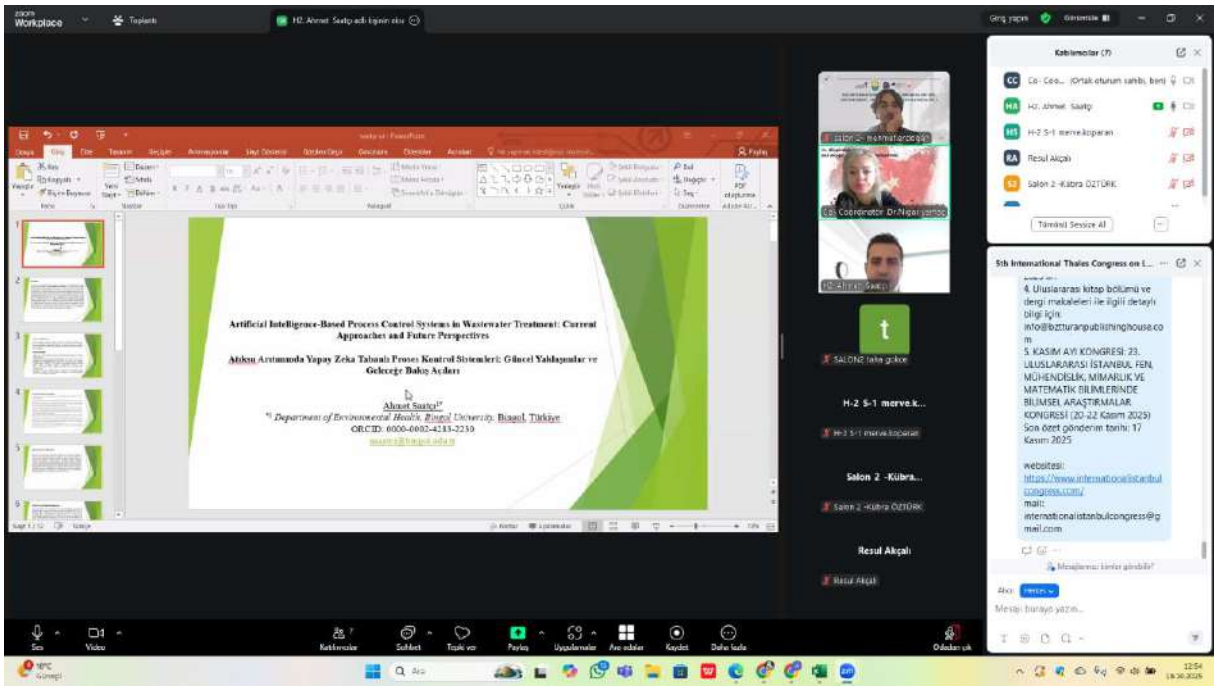

5. Uluslararası Thales Fen, Mühendislik, Mimarlık ve Matematik Kongresi
16-18 Ekim 2025
DÖKÜMDE KULLANILAN BESLEYİCİLERİN TASARIMI VE OPTİMİZASYONU
erkunt
SANAYİ A.Ş.
1953
Merve KOPARAN, Hande BİRENGEL ZİLE,
Veysel DURAK
Katılımcılar (10)
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail:
internationalistanbulcongress@gmail.com

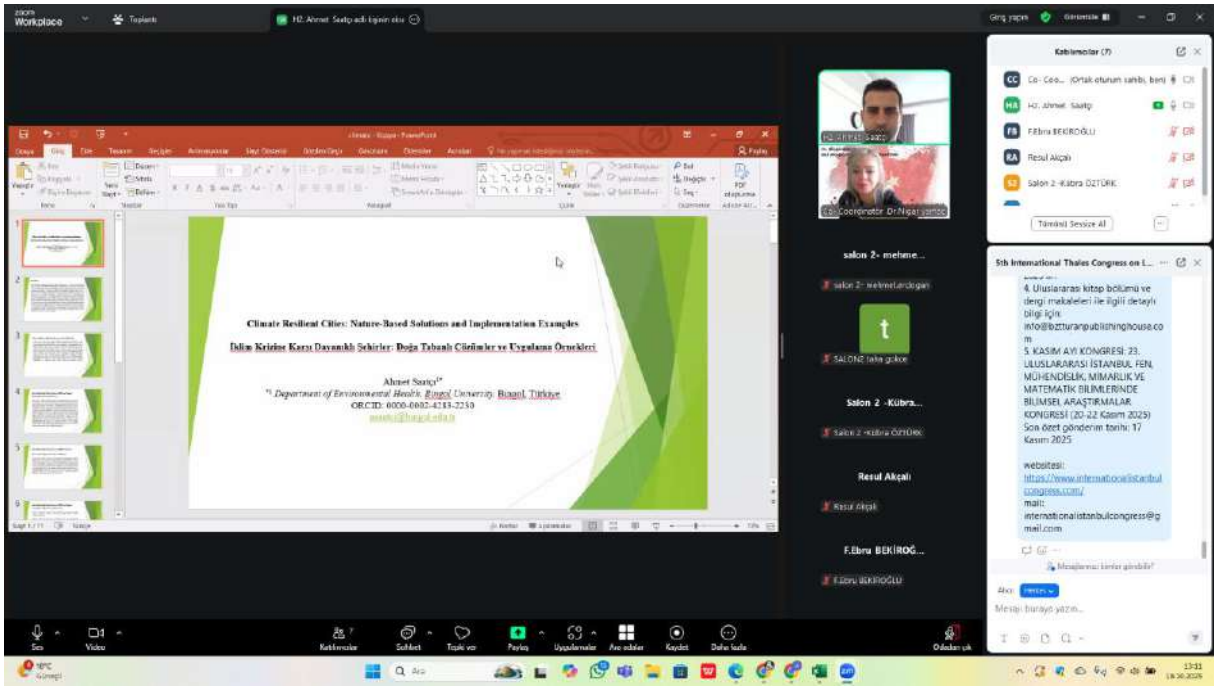

Elektrikli Bir Otobüsün MATLAB/Simulink Ortamında Modellemesi ve
Farklı Motor Tiplerinin Enerji Tüketimine Etkisi


ULAŞIM İÇ VE DIŞ TİCARET A.Ş.
Elektrikli Bir Otobüsün MATLAB/Simulink Ortamında Modellemesi ve
Farklı Motor Tiplerinin Enerji Tüketimine Etkisi


ULAŞIM
İç ve Dış Ticaret A.Ş.
12 metre şehir içi otobüslerde manyetik kilit uygulaması farklı elektriksel gerilim koşullarında ısıl ve elektriksel davranışın analizi ile test sonuçlarının incelenmesi
Taha Talat Gökçe- Talha Seher,
Ulaşım İç ve Dış Ticaret Anonim Şirketi, AR&GE Merkezi, Bursa, Türkiye
ORCID Code: T.T.G. 0009-0004-0875-3629
T. S. 0009-0001-8664-5904
talat.gokce@ulasim-as.com
talha.seher@ulasim-as.com
H-2 S-1 merve.k...
HALL-2-Ezgi ÖZ...
salon 2- mehme...
Salon 2 Kübra
Resul Alçalı
H2. Ahmet Seatçı
5th International Thales Congress on I...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi: https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com

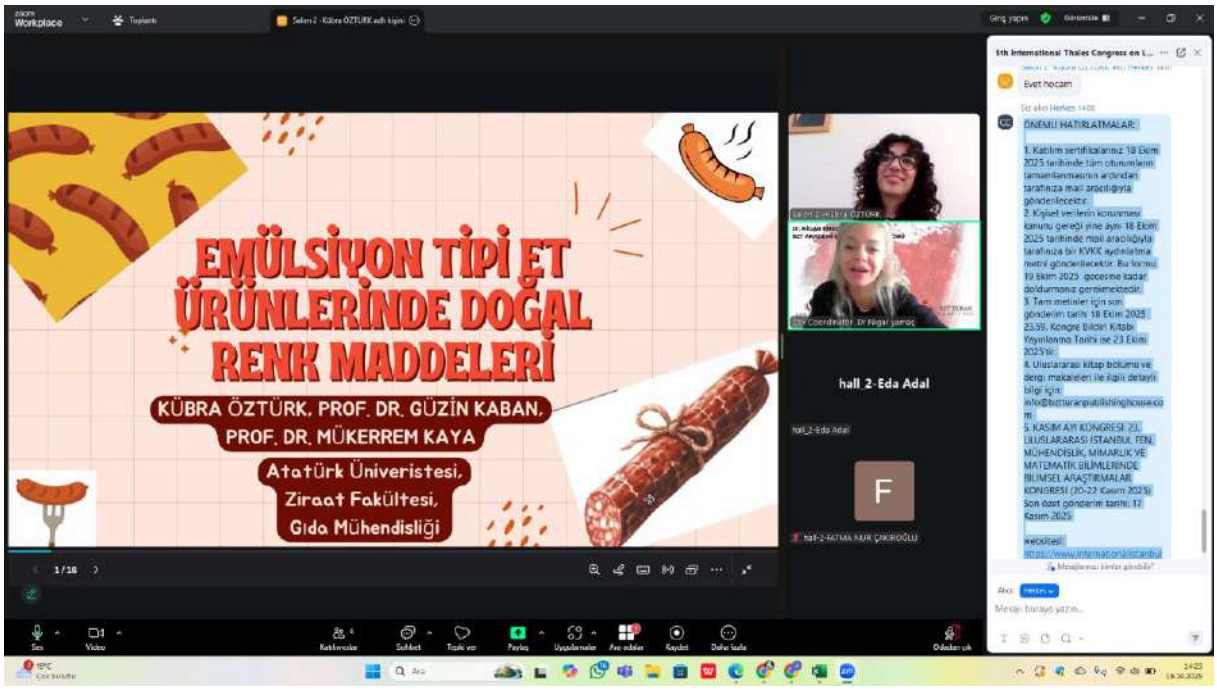

KOLUMAN
1. GİRİŞ
Treylerler, ağır taşımacılıkta farklı yük tiplerinin güvenli, ekonomik ve hızlı taşınmasını sağlar. Üretiminde hafiflik, dayanıklılık, güvenlik ve ekonomik üretim ön planlıdır.
Farklı müşteri beklentileri model çeşitliliğini artırırken; bu durum tedarik, üretim ve bakım süreçlerinde karmaşıklığa neden olur.
Parça ortaklaştırma, farklı ürünlerde aynı bileşenlerin kullanılmasıyla maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik sağlar.
H-2 S-1 merve.k...
HALL-2-Ezgi ÖZ...
salon 2- mehme...
Salon 2 -Kübra...
Resul Alçalı
H2. Ahmet Seatçı
5th International Thales Congress on I...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi: https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com

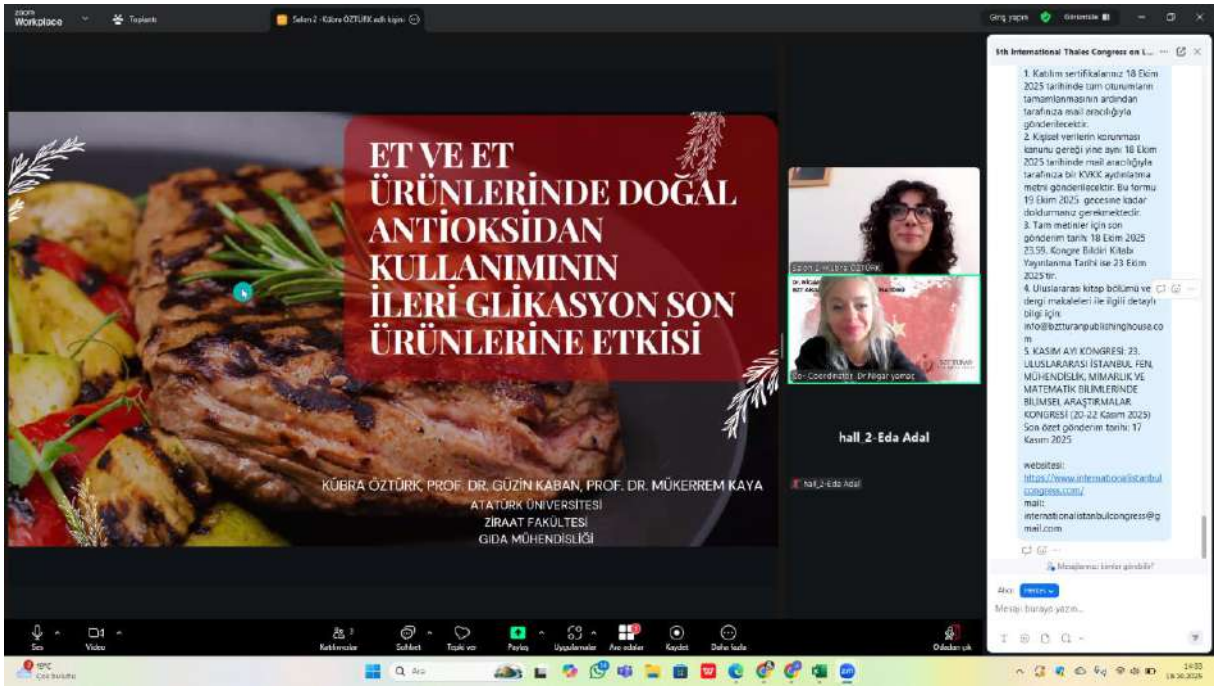

Artificial Intelligence-Based Process Control Systems in Wastewater Treatment: Current Approaches and Future Perspectives
Atıksu Arıtımında Yapay Zeka Tabanlı Proses Kontrol Sistemleri: Güncel Yaklaşımlar ve Geleceğe Bakış Açıları
Ahmet Saatçi*
*1 Department of Environmental Health, Bingol University, Bingol, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4233-2230
asaatci@bingol.edu.tr
Salon 2 -Kübra...
Resul Akçalı
H-2 S-1 merve.k...
SALON2 talha gokce
Co-Coordinator Dr.Nigar yanbo
5th International Thales Congress on I...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi: https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com


Climate Resilient Cities: Nature-Based Solutions and Implementation Examples
İklim Krizine Karşı Dayanıklı Şehirler: Doğa Tabanlı Çözümler ve Uygulama Örnekleri
Ahmet Saatçi*
*1 Department of Environmental Health, Bingol University, Bingol, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4233-2230
asaatci@bingol.edu.tr
salon 2- meheme...
Salon 2 -Kübra...
Resul Akçalı
F.Ebru BEKİROĞ...
SALON2 talha gokce
Co-Coordinator Dr.Nigar yanbo
5th International Thales Congress on I...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi: https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com


18 OKTYABR
Müstəqilliyin Bərpası Günü


THE EFFECT OF ULTRASONICATION ON
PHASE SEPARATION AND COLOR PROPERTIES
OF TAHINI
Melek Tuna
Fatma Nur Çakıroğlu
Fahriye Açar
Tuğba Aktar
Eda Adal
2025

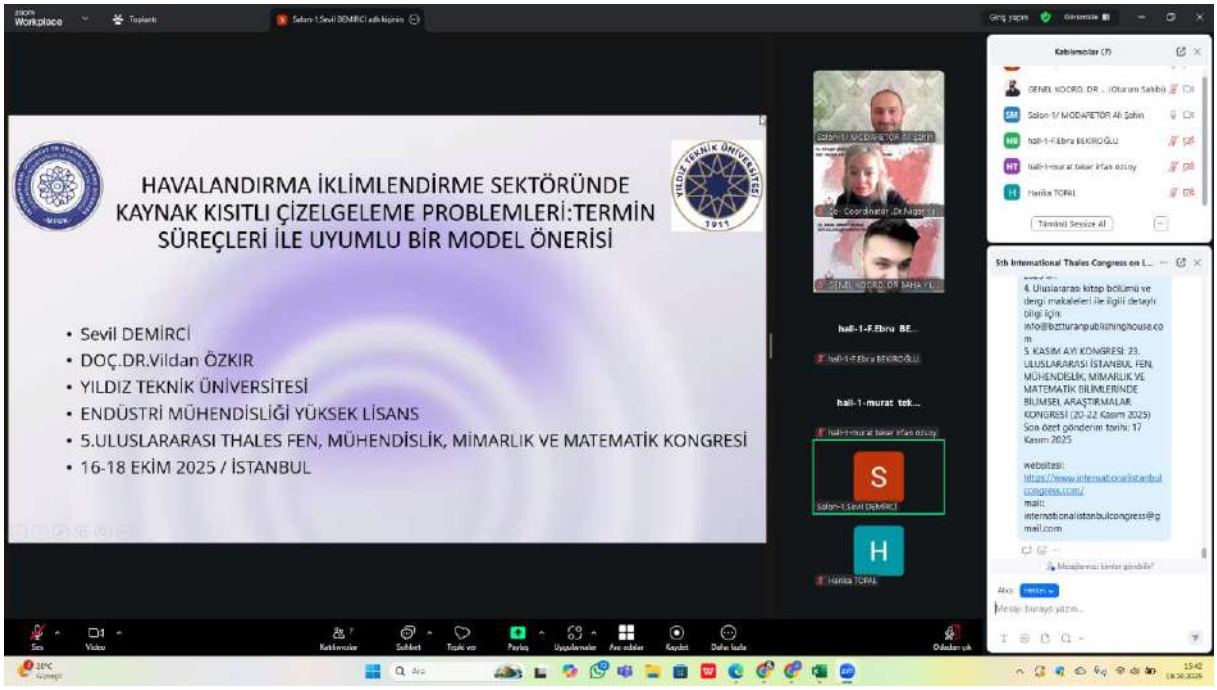

EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL RENK MADDELERİ
KÜBRA ÖZTÜRK, PROF. DR. GÜZİN KABAN, PROF. DR. MÜKERREM KAYA
Atatürk Üniveristesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
hall_2-Eda Adal
Evet hocam
ÖNEMLİ HATIRLATMALAR:
1. Katılım sertifikalarınız 18 Ekim 2025 tarihinde tüm oturumların tamamlanmasının ardından tarafınıza mail aracılığıyla gönderilecektir.
2. Kişisel verilerin korunması kanunu gereği yine aynı 18 Ekim 2025 tarihinde mail aracılığıyla tarafınıza bir KVKK aydınlatma metni gönderilecektir. Bu formu 19 Ekim 2025 gecesine kadar doldurmanız gerekmektedir.
3. Tam metinler için son gönderim tarihi 18 Ekim 2025 23.59. Kongre Bildiri Kitabı Yayınlanma Tarihi ise 23 Ekim 2025'tir.
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bztturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025) Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbul

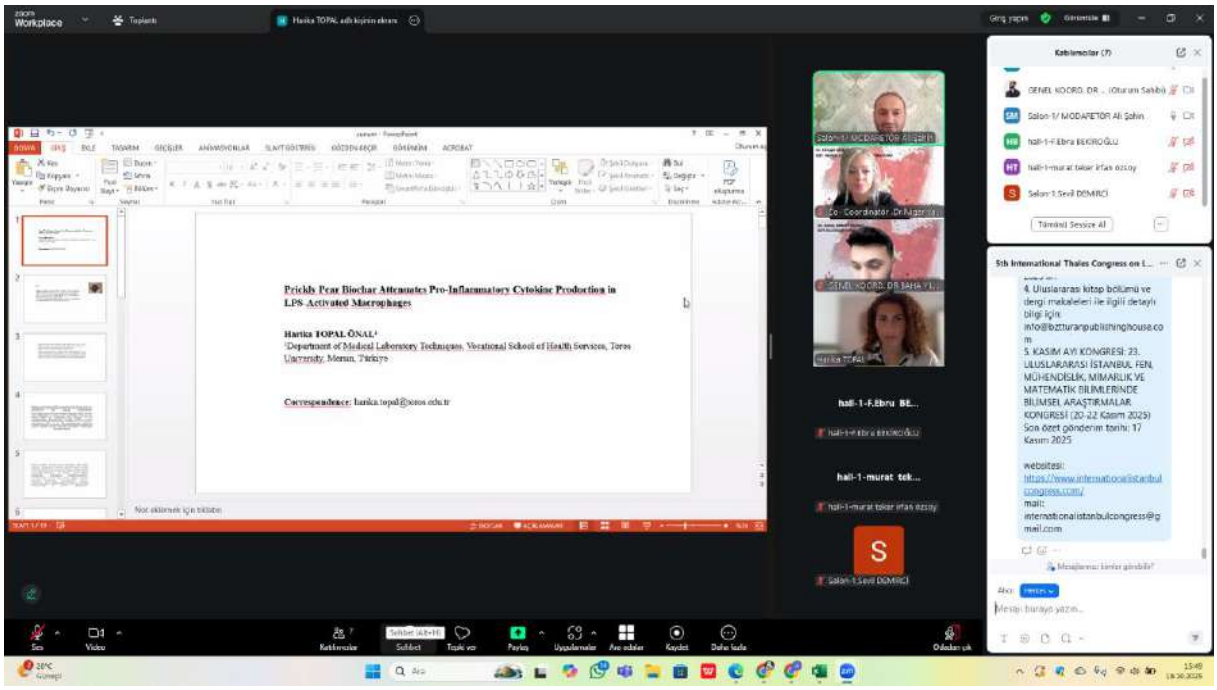

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL ANTİOKSİDAN KULLANIMININ İLERİ GLİKASYON SON ÜRÜNLERİNE ETKİSİ
KÜBRA ÖZTÜRK, PROF. DR. GÜZİN KABAN, PROF. DR. MÜKERREM KAYA
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ
hall_2-Eda Adal
1. Katılım sertifikalarınız 18 Ekim 2025 tarihinde tüm oturumların tamamlanmasının ardından tarafınıza mail aracılığıyla gönderilecektir.
2. Kişisel verilerin korunması kanunu gereği yine aynı 18 Ekim 2025 tarihinde mail aracılığıyla tarafınıza bir KVKK aydınlatma metni gönderilecektir. Bu formu 19 Ekim 2025 gecesine kadar doldurmanız gerekmektedir.
3. Tam metinler için son gönderim tarihi 18 Ekim 2025 23.59. Kongre Bildiri Kitabı Yayınlanma Tarihi ise 23 Ekim 2025'tir.
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bztturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025) Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail:
internationalistanbulcongress@gmail.com

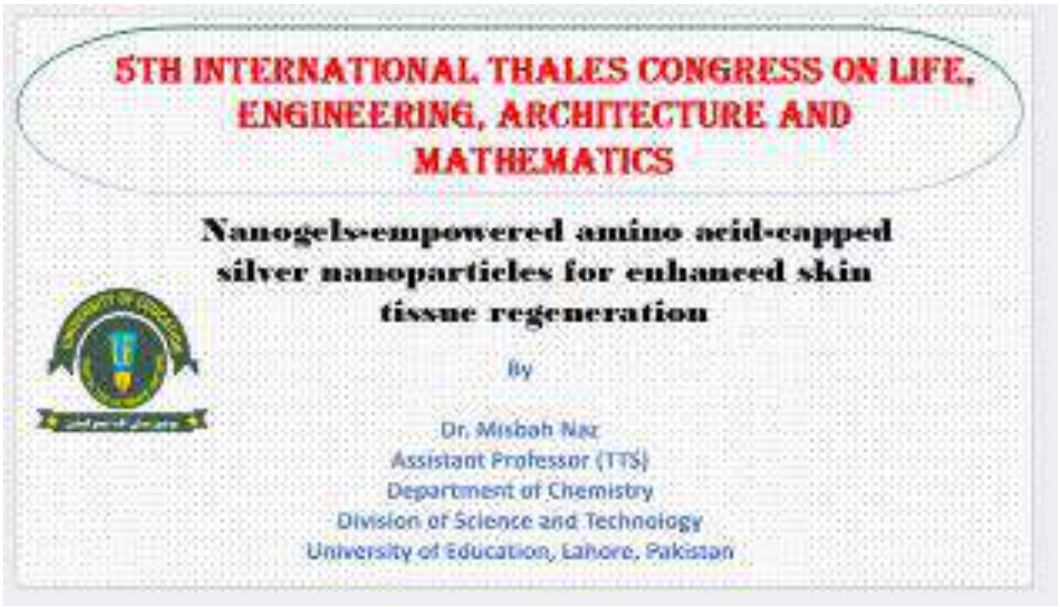

Nutrition Quality, Digestibility, and Health Implications of Alternative Protein Sources
Salon 2 -Kübra...
5th International Thales Congress on L...

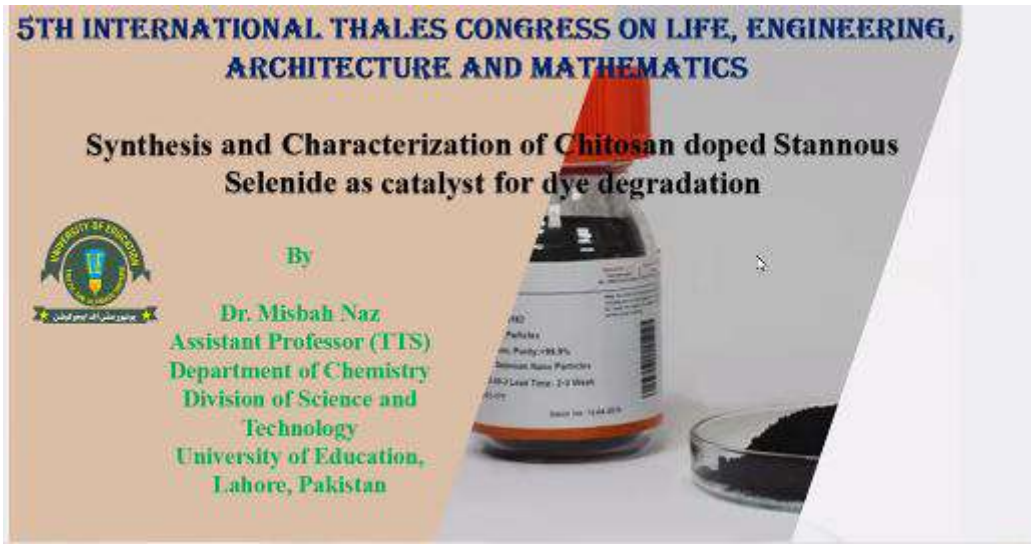

PROBLEM DURUMU
Öğretim sürecinde öğrenenler tarafından en önemli değişkenlerden biri bireysel farklılıklardır. Bireysel farklılıklar ifade edildiğinde ilk önce bireylerin dış görünüşleri akla gelse de bunun yanında psikolojik ve zihinsel farklılıklarını da içermektedir. Öğretimlerde bireylerin yetenek ve zihinsel kabiliyetlerine yönelik gelişimler sağlanacak şekilde öğrenmeler gerçekleştirilmelidir (Bakan ve Karaaslan, 2017). Bazı öğrencilerin aynı sınıftaki diğer öğrencilerle yaklaşık olarak aynı yaş ve yeteneklere sahip oldukları halde akademik bilgi ve gelişim açısından bireysel farklılıklar gösterebilmektedirler (Muenks ve Miele, 2017). Bu yüzden öğretimi gerçekleştirenlerin sınıf ortamını bireysel farklılıkları dikkate alan bir anlayışla olabildiğince çeşitlendirmesi gerektiği söylenebilir.
5th International Thales Congress on L...

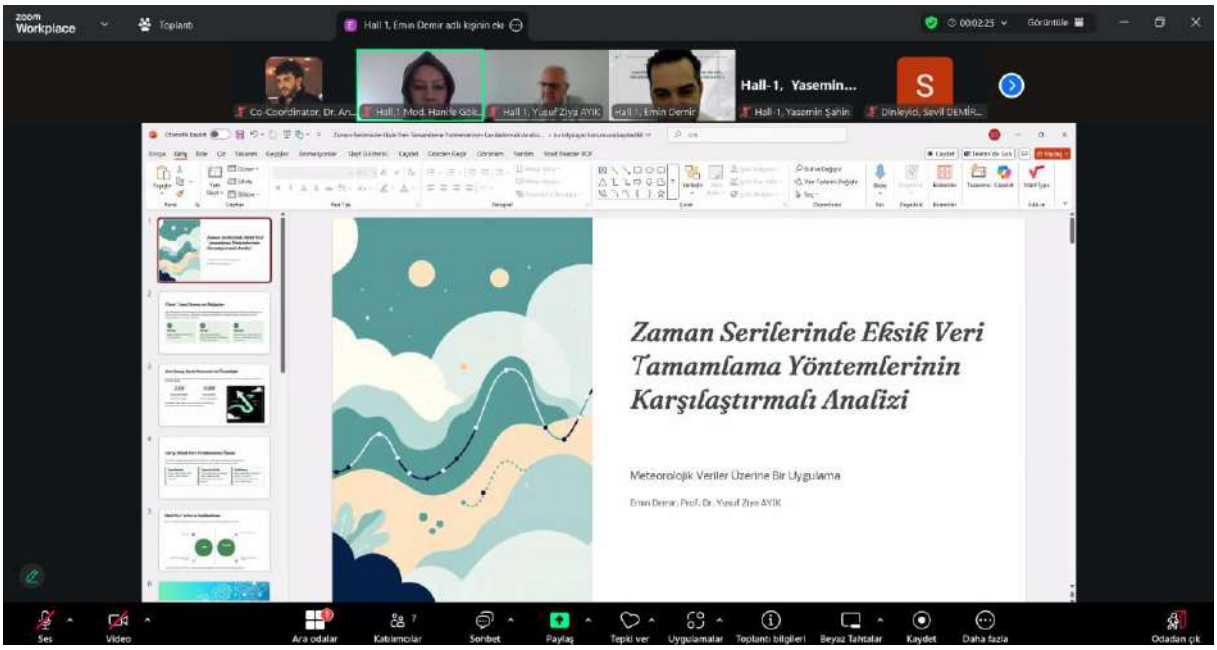

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİNE UYGUN HAZIRLANAN BEŞİNCİ SINIF MATEMATİK DERS KİTABININ YENİLENMİŞ BLOOM TAKSONOMİSİNE GÖRE ANALİZ SONUCUNUN BELİRLENMESİ
Hazırlayan: ALİ ŞAHİN

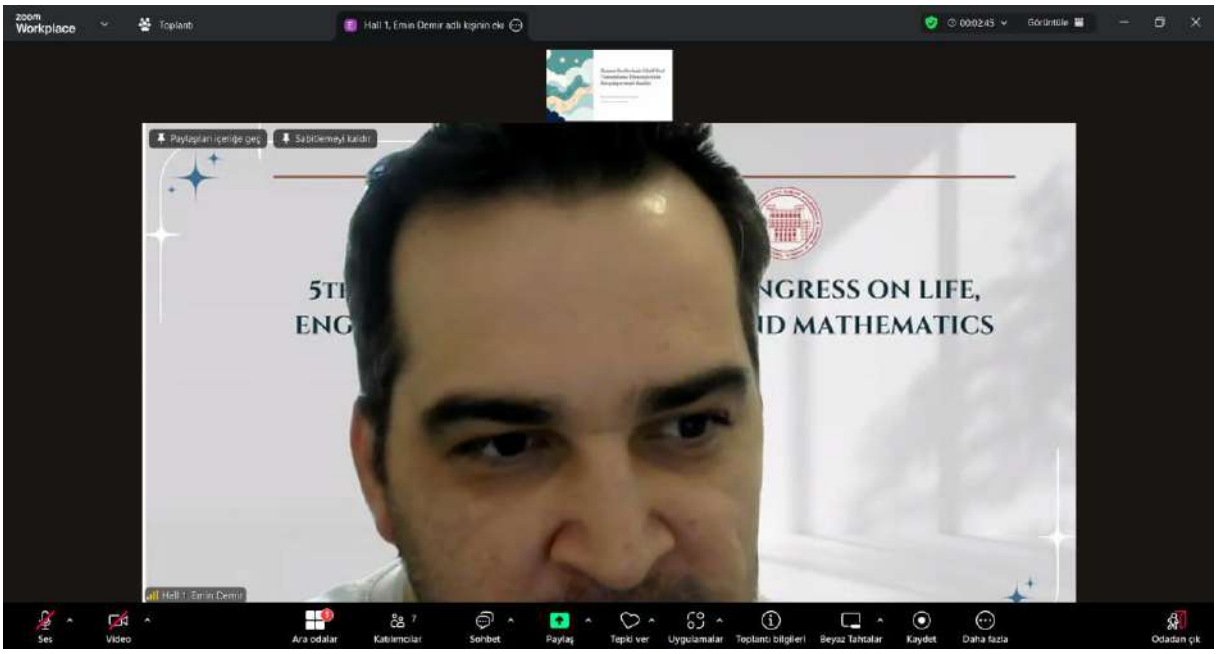

HAVALANDIRMA İKLİMLENDİRME SEKTÖRÜNDE KAYNAK KISITLI ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ:TERMİN SÜREÇLERİ İLE UYUMLU BİR MODEL ÖNERİSİ
• Sevil DEMİRCİ
• DOÇ.DR.Vildan ÖZKIR
• YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
• ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS
• 5.ULUSLARARASI THALES FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK KONGRESİ
• 16-18 EKİM 2025 / İSTANBUL

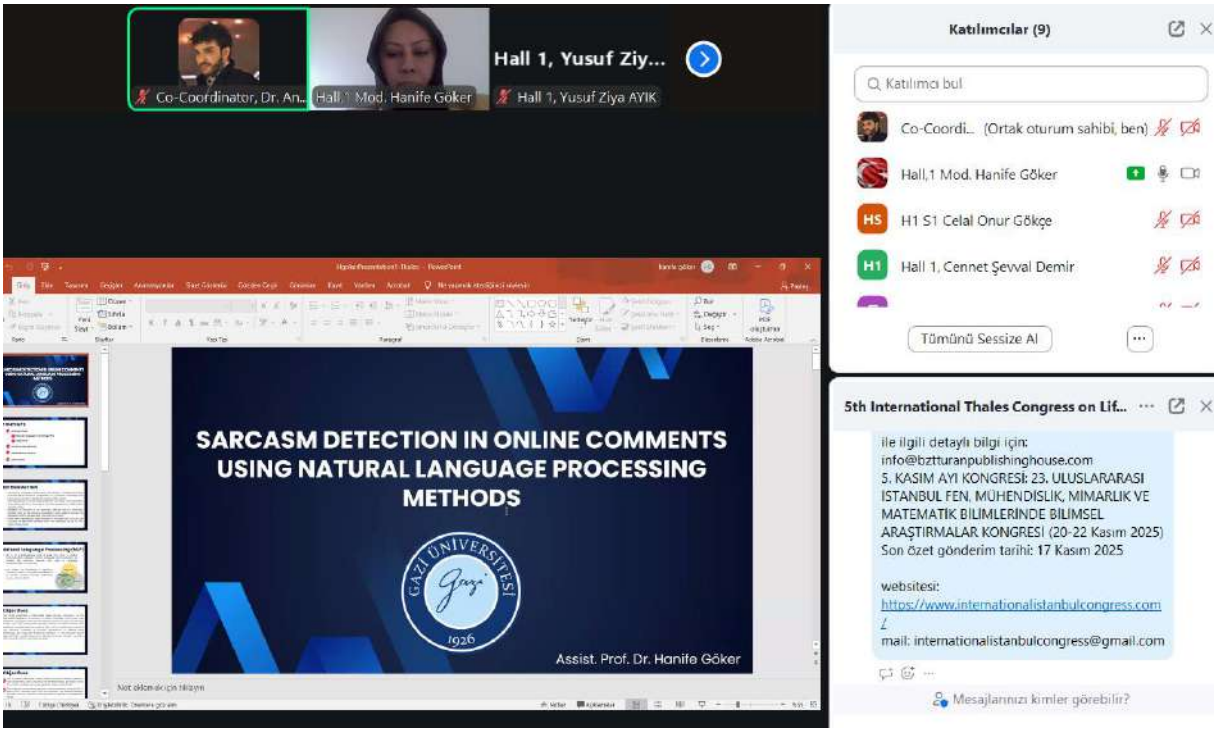

Workplace
Toplantı
Hanka TOPAL adlı kişinin ekranı
Giriş yapın
Görüntüle
Kablamolar (7)
GENEL KOORD. DR ... (Oturum Sahibi)
Salon-1/ MODAFETOR Ali Şahin
hali-1-Fikbra BEKİROĞLU
hali-1-murat tekar irfan ozsoy
Salon-1 Sevil DEMİRCİ
Tümünü Sessize Al
5th International Thales Congress on L...
4. Uluslararası kitap bölümü ve dergi makaleleri ile ilgili detaylı bilgi için: info@bzturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi: https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com
Mesajlarınız kimler görebilir?
Alıcı: Herkes
Mesajı buraya yazın...
Prickly Pear Biochar Attenuates Pro-Inflammatory Cytokine Production in LPS-Activated Macrophages
Hanka TOPAL ÖNAL¹
¹Department of Medical Laboratory Techniques, Vocational School of Health Services, Toros University, Mersin, Türkiye
Correspondence: hanka.topal@toros.edu.tr
hali-1-F.Ebru BE...
hali-1-murat tek...
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Tepki ver
Paylaş
Uygulamalar
Ana odalar
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

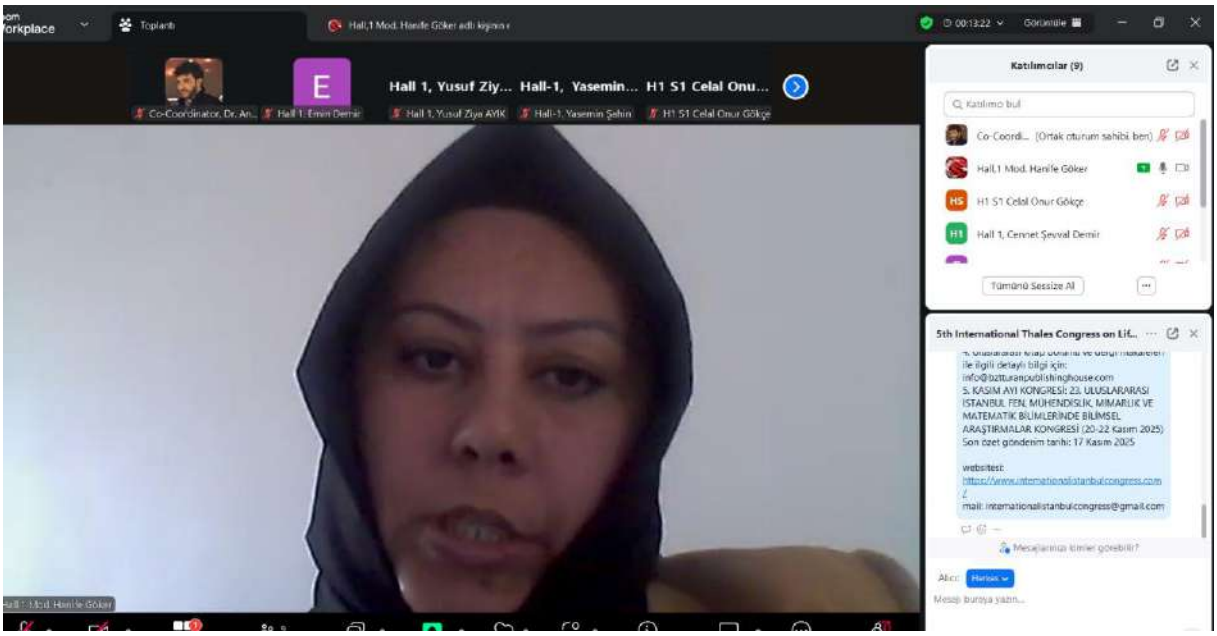

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS
Nanogels-empowered amino acid-capped silver nanoparticles for enhanced skin tissue regeneration
By
Dr. Misbah Naz
Assistant Professor (TTS)
Department of Chemistry
Division of Science and Technology
University of Education, Lahore, Pakistan

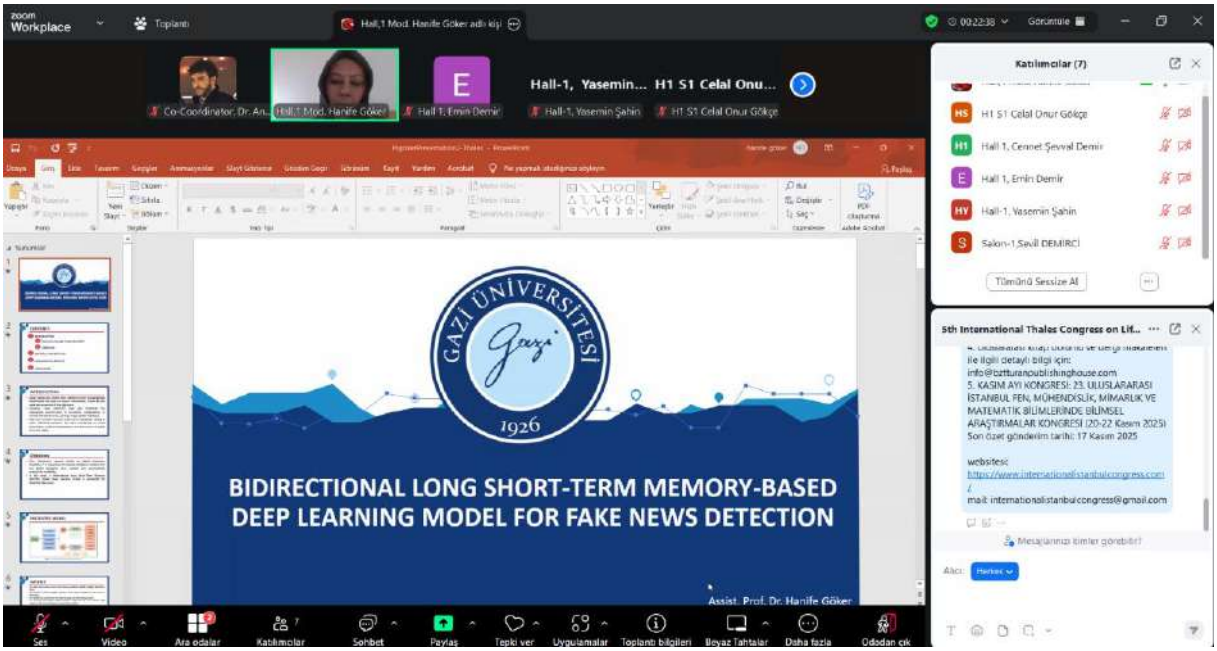

5TH INTERNATIONAL THALES CONGRESS ON LIFE, ENGINEERING, ARCHITECTURE AND MATHEMATICS
Synthesis and Characterization of Chitosan doped Stannous Selenide as catalyst for dye degradation
By
Dr. Misbah Naz
Assistant Professor (TTS)
Department of Chemistry
Division of Science and Technology
University of Education,
Lahore, Pakistan

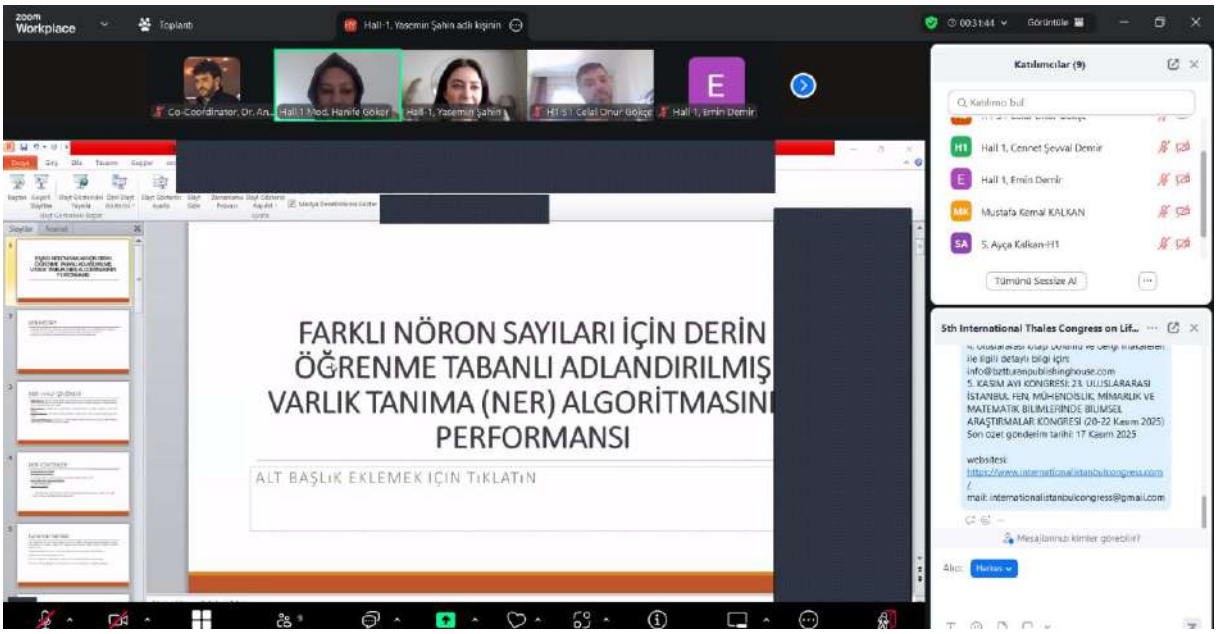

Zaman Serilerinde Eksik Veri Tamamlama Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi
Meteorolojik Veriler Üzerine Bir Uygulama

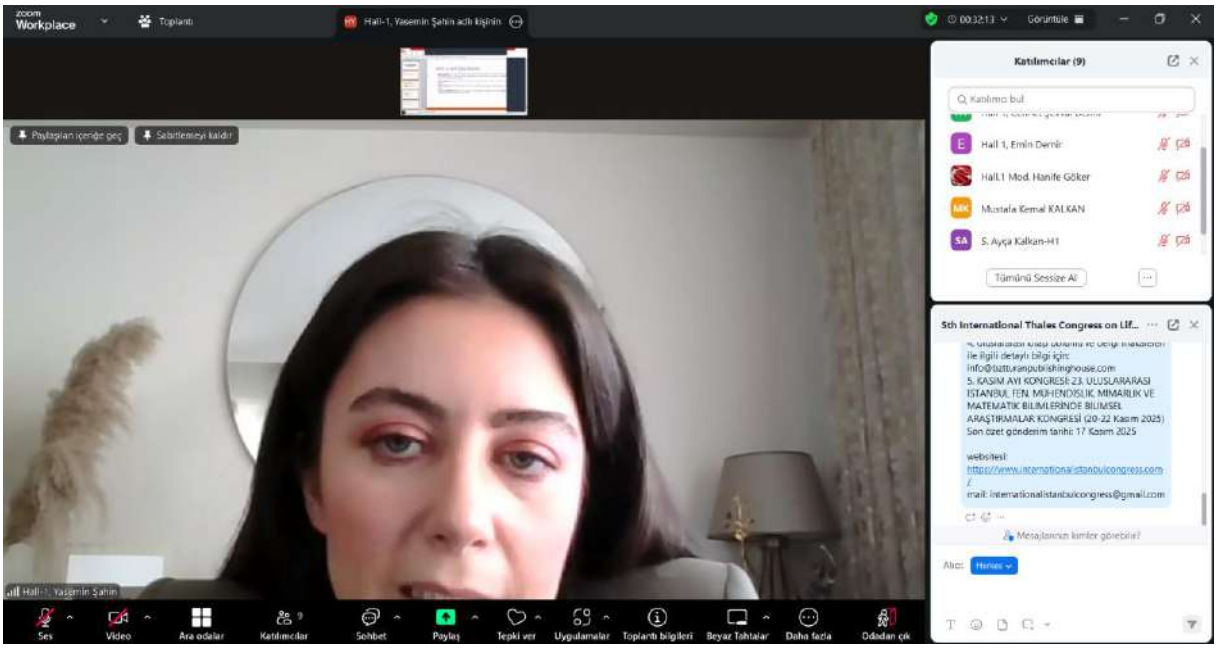

Workplace
Toplantı
Hall 1, Emin Demir adlı kişinin ek
Görüntüle
Paylaşanı içeriğe geç
Sabitlemeyi kaldır
NGRESS ON LIFE,
ID MATHEMATICS
Hall 1 : Emin Demir
Ses
Video
Ara odalar
Katılımcılar
Sohbet
Paylaş
Tepki ver
Uygulamalar
Toplantı bilgileri
Beyaz Tahtalar
Kaydet
Daha fazla
Odadan çık

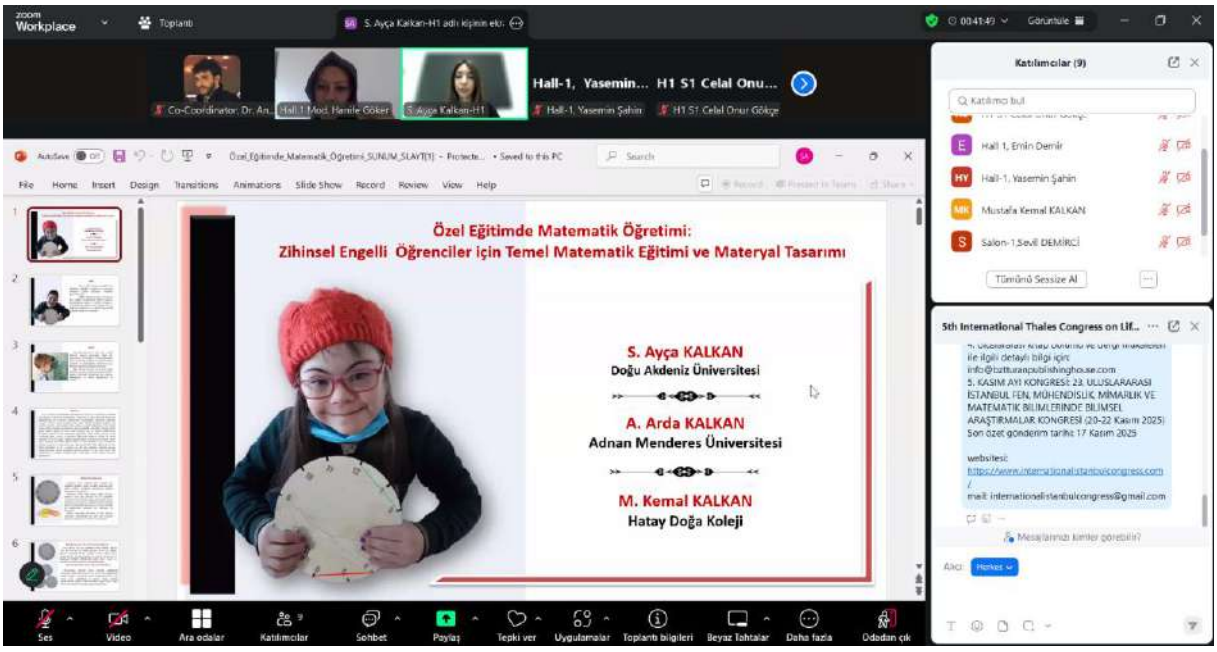

Co-Coordinator, Dr. An...
Hall 1 Mod. Hanife Göker
Hall 1, Yusuf Ziy...
Hall 1, Yusuf Ziya AYIK
SARCASM DETECTION IN ONLINE COMMENTS USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
1926
Assist. Prof. Dr. Hanife Göker
Katılımcılar (9)
Katılımcı bul
Co-Coordi... (Ortak oturum sahibi, ben)
Hall,1 Mod. Hanife Göker
H1 S1 Celal Onur Gökçe
Hall 1, Cennet Şevval Demir
Tümünü Sessize Al
5th International Thales Congress on Lif...
ile ilgili detaylı bilgi için:
info@bztturanpublishinghouse.com
5. KASIM AYI KONGRESİ: 23. ULUSLARARASI İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderim tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com/
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com
Mesajlarınızı kimler görebilir?

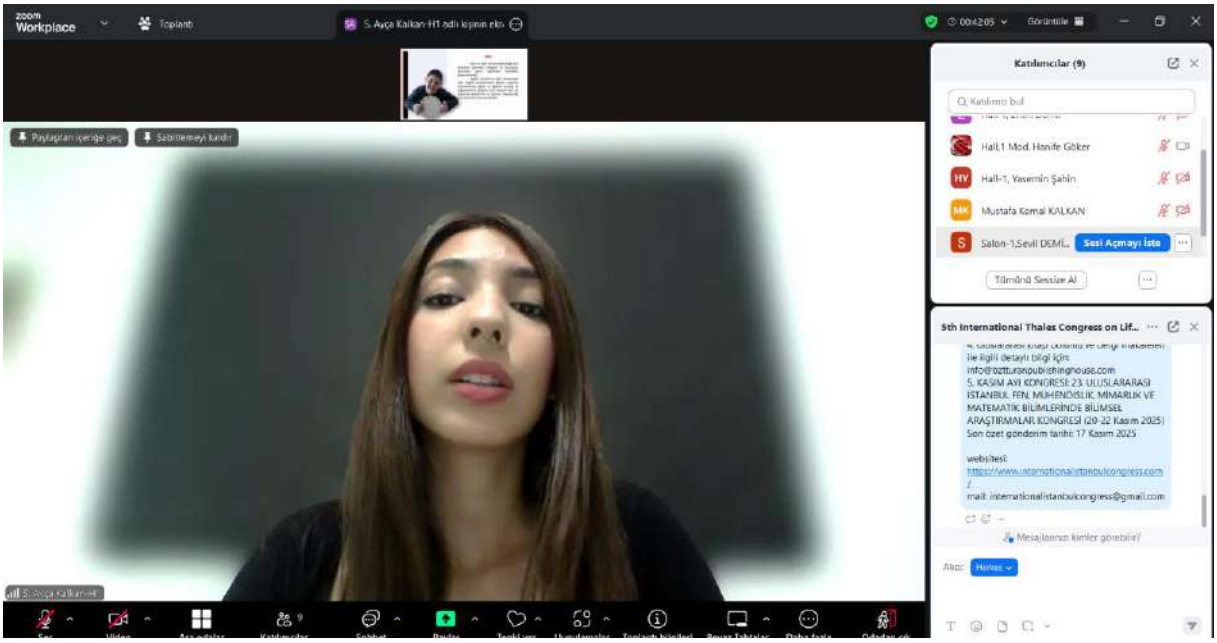

Toplantı
Hall 1, Yusuf Ziy... Hall-1, Yasemin... H1 S1 Celal Onu...
Katılımcılar (9)
Tümünü Sessize Al
5th International Thales Congress on Lif...

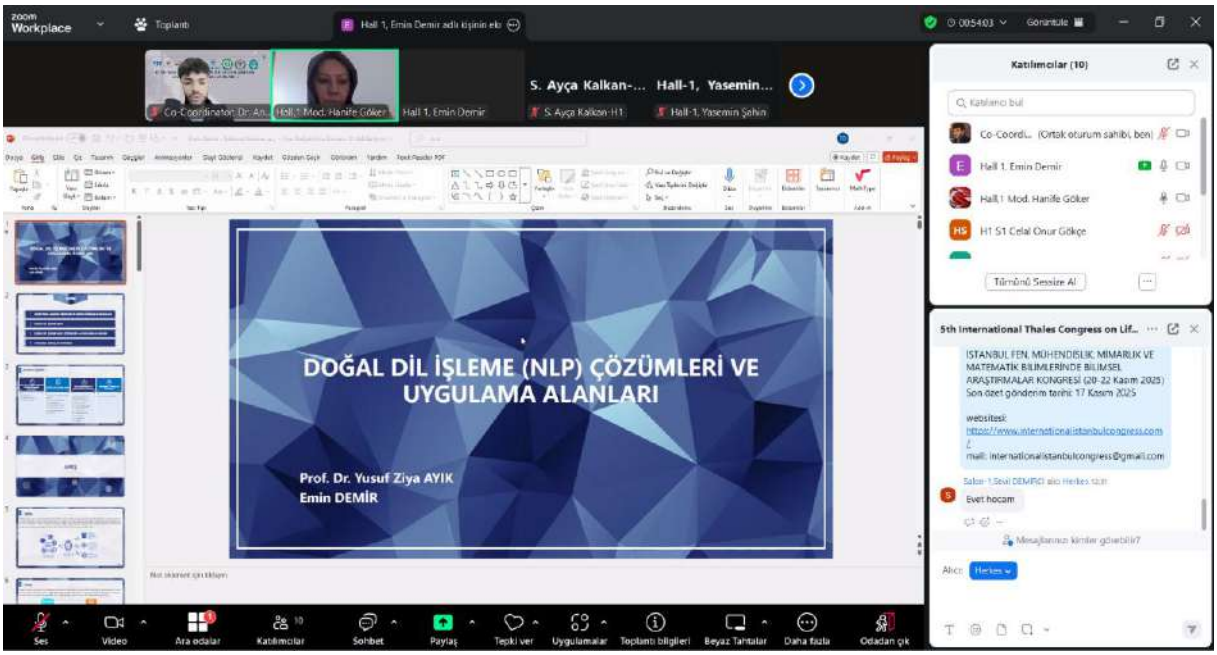

zoom Workplace
Toplantı
Hall-1, Yasemin... H1 S1 Celal Onu...
Katılımcılar (7)
Tümünü Sessize Al
5th International Thales Congress on Lif...
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
1926
BIDIRECTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY-BASED DEEP LEARNING MODEL FOR FAKE NEWS DETECTION
Assist. Prof. Dr. Hanife Göker
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Paylaş
Tepki ver
Uygulamalar
Toplantı bilgileri
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık

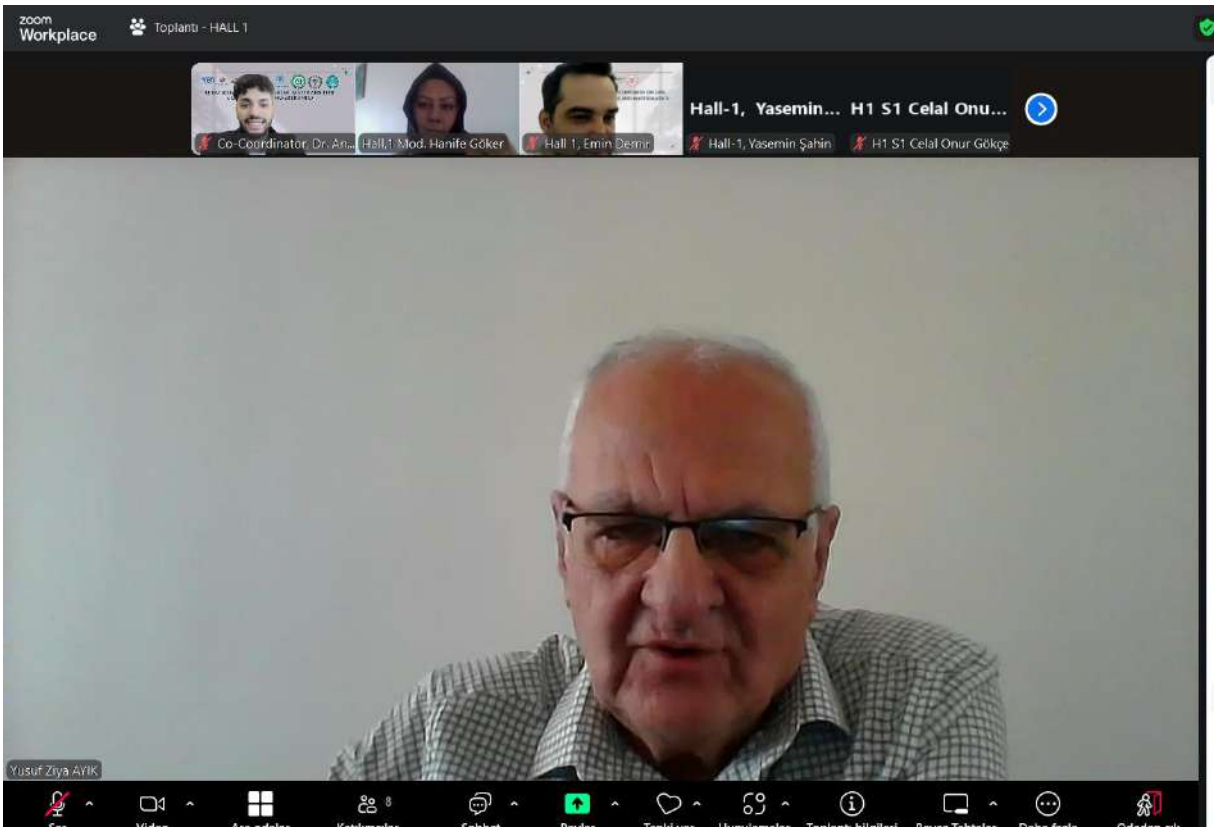

Workplace
Toplantı
Görüntüle
Katılımcılar (9)
Hall 1, Emin Demir
Mustafa Kemal KALKAN
S. Ayça Kalkan-H1
Tümünü Sessize Al
FARKLI NÖRON SAYILARI İÇİN DERİN
ÖĞRENME TABANLI ADLANDIRILMIŞ
VARLIK TANIMA (NER) ALGORİTMASINI
PERFORMANSI
ALT BAŞLIK EKLEMEK İÇİN TIKLATIN


Workplace
Toplantı
Görüntüle
Katılımcılar (9)
Hall 1, Emin Demir
Hall1 Mod. Hanife Göker
Mustafa Kemal KALKAN
S. Ayça Kalkan-H1
Tümünü Sessize Al
Ses
Video
Ara odalar
Katılımcılar
Sohbet
Paylaş
Tepki ver
Uygulamalar
Toplantı bilgileri
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık


Özel Eğitimde Matematik Öğretimi:
Zihinsel Engelli Öğrenciler için Temel Matematik Eğitimi ve Materyal Tasarımı
S. Ayça KALKAN
Doğu Akdeniz Üniversitesi
A. Arda KALKAN
Adnan Menderes Üniversitesi
M. Kemal KALKAN
Hatay Doğa Koleji
Katılımcılar (9)
5th International Thales Congress on Lif...


Katılımcılar (9)
Sesi Açmayı İste
5th International Thales Congress on Lif...


zoom Workplace
Toplantı
Hall 1, Emin Demir adlı kişinin ekr
S. Ayça Kalkan-... Hall-1, Yasemin...
Katılımcılar (10)
Hall 1, Emin Demir
Hall 1 Mod. Hanife Göker
H1 S1 Celal Onur Gökçe
DOĞAL DİL İŞLEME (NLP) ÇÖZÜMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI
Prof. Dr. Yusuf Ziya AYIK
Emin DEMİR
5th International Thales Congress on Lif...
İSTANBUL FEN, MÜHENDİSLİK, MİMARLIK VE MATEMATİK BİLİMLERİNDE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ (20-22 Kasım 2025)
Son özet gönderme tarihi: 17 Kasım 2025
websitesi:
https://www.internationalistanbulcongress.com
mail: internationalistanbulcongress@gmail.com
Evet hocam
Alıcı: Herkes
Ses
Video
Katılımcılar
Sohbet
Paylaş
Tepki ver
Uygulamalar
Toplantı bilgileri
Beyaz Tahtalar
Daha fazla
Odadan çık


zoom Workplace
Toplantı - HALL 1
Co-Coordinator, Dr. An...
Hall,1 Mod. Hanife Göker
Hall 1, Emin Demir
Hall-1, Yasemin... H1 S1 Celal Onu...
Hall-1, Yasemin Şahin
H1 S1 Celal Onur Gökçe
Yusuf Ziya AYIK

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CONTENTS

TEACHING MATHEMATICS IN SPECIAL EDUCATION: MATERIAL DESIGN FOR BASIC MATHEMATICS EDUCATION FOR STUDENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Sabahat Ayça KALKAN[1*], Ahmet Arda KALKAN[2], Mustafa Kemal KALKAN[3]

ELECTRICAL PROPERTIES OF ZINC OXIDE DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTS BASED NANOCOMPOSİTE

Zeynep BERKTAŞ[1*], Göknur İYİ[2], Elif ORHAN[3]

APPLICATION OF MAGNETIC LOCKS IN 12-METER URBAN BUSES: ANALYSIS OF THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR UNDER DIFFERENT VOLTAGE CONDITIONS AND EVALUATION OF TEST RESULTS

*Taha Talat Gökçe[1,] Talha Seher[1],

THE EFFECT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF A356 ALLOY WHEELS

Ezgi Zengin[1*], Parvina Irgasheva[2]

YENİLENEBİLİR ENERJİ DESTEKLİ ŞEBEKE BAĞLANTILI HİDROJEN DOLUM İSTASYONLARI: İSTANBUL İÇİN HİBRİT MODELLEME ÇALIŞMASI

Alpaslan Demirci[1*], Zafer Öztürk[2], Musa Terkeş[1]

DEGRADATION-CONSCIOUS ENERGY MANAGEMENT FOR RENEWABLE MICROGRIDS: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF BATTERY AGING FUNCTIONS

Asmaa Elbarbary[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

DESIGN AND TECHNICAL VALIDATION OF INDUSTRIAL TRANSFORMER SUBSTATIONS WITH INTEGRATED ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE

Kaan Mehmet Toprak[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

POWER QUALITY AND GRID IMPACT ASSESSMENT OF OFFSHORE HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS USING ETAP

Muhammad Rızqi Asy Syarif[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

FARKLI CO_2 ORANLARININ S355 ÇELİĞİNDE MAG (135) KAYNAK PERFORMANSINA ETKİSİ

Berkay ADA[1]

Cenker ÇAVUŞOĞLU[2]

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (MACHINE LEARNING) IN DIGITAL STEM EDUCATION: OPPORTUNITIES, APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES

Hasan GÜLERYÜZ

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DETERMINATION OF THE ANALYSIS RESULTS OF THE FIFTH GRADE MATHEMATICS TEXTBOOK PREPARED IN ACCORDANCE WITH THE TURKISH CENTURY EDUCATION MODEL ACCORDING TO THE REVISED BLOOM TAXONOMY

Dr. Ali ŞAHİN[1*]

A TEACHING DESIGN PROPOSAL BASED ON THE 4MAT TEACHING MODEL FOR TEACHING MATHEMATICS COURSE TO SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Dr. Ali ŞAHİN[1*]

EBS PNÖMATİK FREN SİSTEMLERİNE SAHİP 12 METRE ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE RAKOR AÇISININ HAVA AKIŞ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ FREN HORTUM TASARIMI VE FREN TESTLERİ

Ömer GİLAN[1]

GERİ KAZANILMIŞ CAM ELYAF KATKILI POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Muhammet DAĞLI[1*], Elif GÜDEN[2], Ahmet DEMİRER[3]

FORENSIC MICROSCOPY EDUCATION: STUDENT APPLICATIONS IN THE EXAMINATION OF BODY FLUIDS AND THEIR FORENSIC SIGNIFICANCE

Fatma Ebru Bekiroglu[1], Lecturer

DİNAMİK VOLTAJ REGÜLATÖRLERİNİN GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİ: ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Prof. Dr. Okan BİNGÖL[1], Fatih YOLDAŞ[2*]

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL ANTİOKSİDAN KULLANIMININ İLERİ GLİKASYON SON ÜRÜNLERİNE ETKİSİ

Kübra Öztürk[1*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL RENK MADDELERİ

Kübra Öztürk[1,*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL ANTİOKSİDAN KULLANIMININ İLERİ GLİKASYON SON ÜRÜNLERİNE ETKİSİ

Kübra Öztürk[1*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED SMART SIMULATION OF BIOMASS CONVERSION WITH NANOSENSORS

Mustafa KALAY[1*]

MODELING OF AN ELECTRIC BUS IN MATLAB/SIMULINK AND THE IMPACT OF DIFFERENT MOTOR TYPES ON ENERGY CONSUMPTION

*Taha Talat Gökçe[1,] Kemal ERMİŞ[2],

NANOTEKNOLOJİ KULLANIMININ YOL KAPLAMALARININ PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: Kapsamlı Bir İnceleme

Alev AKILLI EL

UV IŞINI İLE KÜRLENMİŞ BİTKİ BAZLI REÇİNE KOMPOZİTLERİNDE ÇAY ATIĞI TAKVİYESİNİN SU EMME DAVRANIŞINA ETKİSİ

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Mustafa Sami ATA[1*] , Hakan KAZAN[2]

FİLAMENT ATIKLARINDAN TAKVİYELENDİRİLMİŞ YÜZER GES PLATFORMU ELDE EDİLMESİNİN İNCELENMESİ

Mustafa AKYOL[1] , Hakan KAZAN[2*]

DOĞAL DİL İŞLEME (NLP) ÇÖZÜMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Emin Demir[*], Yusuf Ziya AYIK[2]

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE USE OF PCM IN A TEG DEVELOPED FOR ENERGY RECOVERY FROM THE EXHAUST WASTE HEAT OF A SI-ENGINE

Habib GÜRBÜZ[1,*], Recep Burak TURAL[2], Hüsameddin AKÇAY[3]

SUSTAINABLE TRANSFORMATION IN BIODIESEL: PLASMA TECHNOLOGY

Güven DEMİRTAŞ[1], Hüseyin SÖYLER[2]

EFFECT OF USING MWCNT-ENHANCED VEGETABLE-BASED NANOFLUID ON SURFACE CHARACTERIZATION IN TURNING OF INCONEL 718 ALLOY

Ayşegül Çakır Şencan[1*]

THREE-POINT BENDING ANALYSIS OF LATTICE STRUCTURES WITH HOMOGENIZATION METHOD

Hasan Yıldırım

ZAMAN SERILERINDE EKSIK VERI TAMAMLAMA YÖNTEMLERININ KARŞILAŞTIRMALI ANALIZI: METEOROLOJIK VERILER ÜZERINE BIR UYGULAMA

Emin Demir[*], Yusuf Ziya AYIK[2]

BIDIRECTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY-BASED DEEP LEARNING MODEL FOR FAKE NEWS DETECTION

Hanife Göker[1*]

TREYLER SEKTÖRÜNDE PARÇA ORTAKLAŞTIRMA

Resul Akçalı[1*], Mustafa Yılmaz[2]

EXPERIMENTAL EVALUATION OF CARBON FIBER RIM GEOMETRIES UNDER VERTICAL IMPACT LOADING

Cihat ENSARİOĞLU[1*], M.Kıvanç TURAN[1], Mert Ali ÖZEL[1,2]

A NOVEL MECHANICAL ACTUATION AND FORCE TRANSMISSION ARCHITECTURE TAILORED FOR DRUM BRAKE-BASED ELECTRIC PARKING BRAKE

Berkay Şentürk

NUMERICAL EVALUATION OF CRATERS FORMED BY RDX ON DIFFERENT GROUND DURING DETONATION

Murat TEKER[1], *İrfan Özsoy[2]

RDX 'IN DETONASYONUNDA FARKLI ZEMİNLER ÜZERİNDE OLUŞTURACAĞI KRATERLERİN SAYISAL DEĞERLENDİRİLMESİ

Murat TEKER[1], İrfan Özsoy[2]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF LIPIDS PRODUCED IN WASTE GLYCEROL BY *PICHIA CACTOPHILA*

Hatice Değişli[1], Derya Berikten[2*]

LIPID PRODUCTION IN CRUDE GLYCEROL BY *YARROWIA LIPOLYTICA* AND INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF PRODUCED LIPIDS

Cennet Şevval Demir[1], Derya Berikten[2*]

ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY USE IN AGRICULTURE WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Özlem YILDIZ[1*], Yarkın AKYÜZ[2]

HAVALANDIRMA İKLİMLENDİRME SEKTÖRÜNDE KAYNAK KISITLI ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ: TERMİN SÜREÇLERİ İLE UYUMLU BİR MODEL ÖNERİSİ

Sevil DEMİRCİ

HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF CHARD WASTE: CHARACTERIZATION AND CU(II) ION ADSORPTION STUDIES

Koray ALPER[1*]

HEATING CENTER ENERGY AND EXERGY ANALYSIS

Muhammet Ali Şahin1, Selçuk Sarıkoç2*

CALCULATION OF PRODUCT CARBON FOOTPRINT IN THE MANUFACTURING SECTOR: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT

Volkan Köseoğlu[1], Selçuk Sarıkoç[2*]

AN EVALUATION FROM A CONTEXTUAL PERSPECTIVE TOWARDS THE CONSERVATION OF REPUBLICAN PERIOD BUILDINGS: THE CASE OF SULTANAHMET COURTHOUSE

Rüya Kuru Yücel[1*]

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED PROCESS CONTROL SYSTEMS IN WASTEWATER TREATMENT: CURRENT APPROACHES AND FUTURE PERSPECTIVES

Ahmet Saatçı[1*]

HIGH CAPACITY DEVICE DESIGN FOR TENSILE TESTING OF LARGE DIAMETER BOLTS WITHOUT SECTION THINNING

Ezgi Özdemir[1*], Dergah Uysal[2*], Onur Duman[3]

AN EXAMINATION OF BOGIE SYSTEMS: DEFINITION, TYPOLOGY, AND SELECTION CRITERIA

Onur ASARKAYA [1*], Atakan AYDIN[2*]

DESIGN AND OPTIMISATION OF FEEDERS USED IN CASTING

Merve KOPARAN[1], Hande BİRENGEL ZİLE[2], Veysel DURAK[3]

EFFECTS OF ULTRASONICATION ON PHASE SEPARATION AND QUALITY PARAMETERS OF TAHINI

Melek Tuna[1], Fatma Nur Cakiroglu[1*], Fahriye Acar[1], Eda Adal[2], Tugba Aktar[1]

Nutrition Quality, Digestibility, and Health Implications of Alternative Protein Sources

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Eda ADAL[1*], Hasene KESKİN ÇAVDAR[2]

EKSTRÜZYONLA ELDE EDİLMİŞ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN FİLAMENTLERİN ORYANTASYONU SONRASI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Muhammet DAĞLI1*, Esra YUMAT[2]

MODELLING OF HYBRID ROCKET FLOW-FIELDS WITH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Hasan Mulcar[1*], Selami Sağıroğlu[2], Habib Gürbüz[3]

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED PREDICTION OF SOLAR RADIATION FOR KARS PROVINCE IN TURKEY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INPUT PARAMETERS

Galip Kaltakkıran[1*]

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF LAUREL ESSENTIAL OIL (*LAURUS NOBILIS* L.) AGAINST THE FISH PATHOGEN *AEROMONAS VERONII*

Serdar BEKTAŞ[1*], Murat ÖZDAL[2], İrem ÇELİK[2]

SYNERGISTIC EFFECT OF *LAURUS NOBILIS* L. ESSENTIAL OIL COMBINED WITH ANTIBIOTICS AGAINST *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

Serdar BEKTAŞ[1*], Murat ÖZDAL[2], Sumeyra GURKOK[2]

AÇIK TİP DİKEY SOĞUTUCU TEŞHİR DOLAPLARINDA HAVA PERDESİ ÜFLEME AÇIKLIĞI (DAG) HIZ PROFİLİ OPTİMİZASYONU VE YÖNLENDİRİCİ SAC GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Haluk ERDOĞAN

Ali Fatih YÜKSEL

R448A VE R-1270 (PROPİLEN) SOĞUTUCU AKIŞKANLARININ TİCARİ BİR TEŞHİR DOLABINDAKİ TERMODİNAMİK PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Hikmet Can İnan

Ali Fatih Yüksel

CO_2 (R744) SOĞUTUCU AKIŞKANLI TİCARİ BİR TEŞHİR DOLABINDA TERMOSTATİK VE ELEKTRONİK GENLEŞME VALFLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE SİSTEM PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZİ

Mehmet Haluk ERDOĞAN

Hikmet Can İNAN

BAİN MARİE SİSTEMLERİNDE ISI DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU: İNFRARED ISITMA VE FAN DESTEKLİ KONVEKSİYON UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

İsmail Yıldırım

FARKLI NÖRON SAYILARI İÇİN DERİN ÖĞRENME TABANLI ADLANDIRILMIŞ VARLIK TANIMA (NER) ALGORİTMASININ PERFORMANSI

Yasemin Şahin[1*], Celal Onur Gökçe[2]

CLIMATE RESILIENT CITIES: NATURE-BASED SOLUTIONS AND IMPLEMENTATION EXAMPLES

Ahmet Saatçı[1*]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

PRICKLY PEAR BIOCHAR ATTENUATES PRO-INFLAMMATORY CYTOKINE PRODUCTION IN LPS-ACTIVATED MACROPHAGES

Harika TOPAL ÖNAL[1]

GRAPHENE FIELD-EFFECT TRANSISTORS (GFETS): PROGRESS, CHALLENGES, AND EMERGING RESEARCH DIRECTIONS

N. M. Shehu[1*], S. S. Kwalli[1], M. Ibrahim[2]

STATISTICAL EVALUATION OF TORSION ROD-TUBE ADHESIVELY-BONDED JOINTS

Abílio J.A. Vieira[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2*]

NOVEL TUBULAR ADHESIVELY-BONDED JOINT PARAMETRIC DESIGN UNDER TENSILE LOADS

André L. Faria[1] and Raul D.S.G. Campilho[1,2]

NUMERICAL OPTIMIZATION OF ADHESIVELY-BONDED COMPOSITE REPAIRS

Carlos G.M. Pereira[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2*]

NANOGELS-EMPOWERED AMINO ACID-CAPPED SILVER NANOPARTICLES FOR ENHANCED SKIN TISSUE REGENERATION

Misbah Naz[1]*

DFT, MOLECULAR DOCKING, ANTIMICROBIAL ACTIVITY, DYE DEGRADATION, AND OXYGEN EVOLUTION REACTION OF FUNCTIONALIZE CHITOSAN INTEGRATED EUDRAGIT-STANNOUS SELENIDE NANOSTRUCTURES

Misbah Naz[1]*

FM/FM/1/N QUEUE WITH WORKING BREAKDOWNS AND VACATIONS

[a] Ramesh. R, [b] Seenivasan. M [*], [c] Rajasekar. S. P, [d] Hari Ganesh. A, [e] Pattabiraman. K

FM/FM/1/K LOSS AND DELAY INTERDEPENDENT QUEUEING MODEL WITH VACATION AND CONTROLLABLE ARRIVAL RATES

[a] Ramesh. R, [b] Seenivasan. M [*], [c] Kannan. M, [d]Jagatheesan. R, [e] Gunasekar. T [a]

ACHIEVEMENT ESTIMATIONS OF MARKOVIAN FUZZY BATCH ARRIVAL QUEUING SYSTEM

[a] Ramesh. R, [b] Nathiya. R, [c] Seenivasan. M, [d] Syamala. P, [e] Sakthivel. K

ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POINT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS

Hélder G.E. da Silva[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2], Raul D.F. Moreira[1,3]

COMPARATIVE ANALYSIS ON PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANTS IN BARK AND ROOT OF JATROPHA TANJORENSIS AND PAUSINYSTALIA YOHIMBE EXTRACT

Auwal Ibrahim, Gabi Baba, Urwata Abdulazeez

MULTIMEDIA EMPOWERMENT IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION: BRIDGING THE GAP FOR ENHANCED LEARNING

Aminu Aminu Muazu[1,2*], Umar Audi Isma'ila[2], Muhammad Muntasir Yakubu[2,3], Umar Danjuma Maiwada[1,2], Aminu Aliyu Abdulhadi[1], Muhammad Abubakar Ibrahim[4]

DETERMINATION OF WIDESPREAD VIRAL DISEASES IN CHERRY PLANTS

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Mustafayeva Semaye

MONITORING OF BACTERIAL DISEASES IN CHERRY PLANT

Huseynli Zehra; Ehmedova Melek

ADAPTATION OF TANGERINE (CITRUS RETICULATA) WITH BIO-REGIONAL CLIMATE INDICATORS: PLANT RESPONSES TO CLIMATE CHANGE

Rzayeva Chinara; Nagiyeva Samira

IDENTIFICATION OF FUNGAL AND BACTERIAL DISEASES IN THE HAZELNUT PLANT

Memmedova Zeyneb

ADAPTION OF LEMON (CITRUS LIMON) TO CLIMATE CHANGE:PLANT RESPONSES TO LOCAL CLIMATE CONDITION

Huseynzade Ramal; Mammadli Muhammedali

AUGMENTING THE NUTRITIONAL COMPOSITION OF *MEGATHYRUS MAXIMUM*S TO ADDRESS POVERTY AND INSECURITY

*AKINDE Sarah Temitope[1], BINUOMOTE Racheal Temitope[2], IDOWU Waheed[3] and ADEPOJU Temilola Morufat[1]

DETERMINATION OF FUNGAL DISEASES IN CHERRIES

Musayeva Aygun

INVESTIGATION OF VIRUS DISEASES IN HAZELNUT PLANT

Askerova Aytac

TEA CULTURE AND ECONOMIC OPPORTUNITIES: A SCIENTIFIC STUDY ON AZERBAIJANS TEA INDUSTRY

Agil Hasanov, Agil Ismailov, Elmaddin Nazarli

DIFFERENT IRRIGATION IN THE FIELDS OF COTTON CULTIVATION IN THE SHIRVAN PLAIN OF AZERBAIJAN THE INFLUENCE OF METHODS ON THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION EROSION

Kocherli S.A., Valieva Z.M., Akhmadzade E.M., Alieva F.N.

DANGEROUS PESTS OF APPLE ORCHARDS İN THE GUBA-KHACHMAZ REGİON

Nardan Sadıqova

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITIES AND NUTRITIONAL WORTH OF *LEEA MACROPHYLLA* ROXB. EX HORNEM. OF RANCHI DISTRICT

Riya and Dr. Arun Kumar

AI-POWERED LEARNING REVOLUTION: UNLEASHING EDUCATIONAL TRANSFORMATION

Zohaib Hassan Sain[1*]

NAVIGATING EDUCATIONAL CHALLENGES IN PAKISTAN: UNRAVELING ISSUES AND PROPOSING REMEDIES

Zohaib Hassan Sain

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTEGRATING HYBRID LEARNING APPROACHES FOR ENHANCED PEDAGOGY IN PAKISTANI HIGHER EDUCATION SETTINGS

Zohaib Hassan Sain

TYPOLOGY OF PAINTINGS OF ACADEMIC TRAINED ARTISTS IN NIGERIA

Olugbenga Oladeji ABOKEDE[1*], Razaq Olatunde Rom KALILU[1]

VISUAL APPRAISAL OF CERAMIC STRUCTURAL CLADDING IN THE UNIVERSITY OF LAGOS

Toyin Emmanuel AKINDE[1, 2*], Akinkunmi Olatunbosun ODENIYI[1], Temitope Toluwalase BALOGUN[2], Oluwafunmilayo Dorcas LUWOYE[1] and Tirenioluwa Pita ELEBUTE[2]

INTEGRATION IN MATHEMATICS LESSONS

Assoc. Prof. Dr. Malahat ABDULLAYEVA

MATEMATİK DERSLERİNDE ENTEGRASYON

Doç. Dr. Melahet ABDULLAYEVA

THE INFLUENCE OF SOCIAL NETWORKING USAGE ON THE 21ST CENTURY SKILLS OF STUDENTS IN LORENZO S. SARMIENTO SR. NATIONAL HIGH SCHOOL

Loui Jee B. Magtulis[1], Angel Grace L. Delos Santos[2], John Rey P. Camillo[3], Claudet L. Gallonega[4], Elmer S. Abarca[5], Noli P. Julosan[6]

COMPARATIVE ANALYSIS OF AGROPHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN

Samandar Kocherli* , Fatma Aliyeva.

AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN

Ali Jafarov*, Fatma Aliyeva, Musazade Casur.

THE EFFECT OF CLIMATE ON THE CHERRY PLANT

Khayala Yunusova

ASSESSMENT OF ZONED SZEM-4, GE-143, SZEM-4XGE-143, GE-143XSZEM-4 BREEDS AND HYBRIDS IN COMPARISON WITH CONTROL UZBEK-1KHOZBEK-2 HYBRID

Mustafayev Agil Gulmammad[1]

Garayev Elvin Mahir[2]

Bashirov Khazar Hasan[3]

İsmayılova Aygun Chingiz[4]

İDARƏETMƏ QƏRARLARININ QƏBUL EDİLMƏSİNDƏ RİYAZİ METODUN ROLU

Zeynəb Həcəmova

EMPOWERING FOOD SECURITY THROUGH AI-ENABLED PRECISION AGRICULTURE

*AKINDE Sarah Temitope[1], ABDUL-HAMEED Taofeek Adekunle[1],

THE DIRECTIONS IN WHICH UNUSED LANDS ARE USED IN ABSHERON REGION

b.e.d., Professor, Sara. Mammadova

MICROBIOLOGY OF BIOCATALYSTS

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Sabina Jafarzadeh

NUMERICAL INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF THE BIODIESELS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES ON THE PERFORMANCE OF AN ICE

Abdelkader Bendriss[1,2,*] , Mustafa Moussaoui[1,2], Antar Tahiri[1,2]

STUDY AND ANALYSIS OF COMMON VULNERABILITIES AND EXPOSURES (CVE) IN COMPUTER SYSTEMS AND AFFECTED PRODUCTS

Aldo Cani[1*], Aurora Simoni[2]

APPLICATION OF TALENS COMBINED WITH NANOTECHNOLOGY FOR GENE EDITING IN CANCER CELLS

Hasanova Susan Elvin

COBCLAY BRICKS PRODUCTION

[1, 2]Akinde Toyin Emmanuel*, [1]Raji Ilyas Olaniyi and [3]Adedapo Sunday Eyinade

AN AUTHOR-CENTRIC FRAMEWORK FOR ERROR MINIMIZATION IN SCHOLARLY RECOMMENDER SYSTEM

A.H. Zaharaddeen[1], Nura Mukhtar[2]

EVALUATION OF SUSTAINABLE COMPOSITES OF SUGARCANE BAGASSE WITH MIXED ALGAE-SOY PROTEIN BINDERS

Oni Olatunji

GREEN LOGISTICS PRACTICES: INTEGRATING RENEWABLE ENERGY AND SUSTAINABLE TRANSPORTATION ACROSS SUPPLY CHAINS

Moazam Niaz

BEST PRACTICES FOR REDUCING AFLATOXIN CONTAMINATION IN PEANUT PROCESSING

MISS. MOKHTARI NARJISSE

CHITIN AND CHITOSAN PRODUCTION FROM LOCAL SQUID PEN

Yousra Mdarhri[1*], Mohamed Chabbi[1], Fakhita Touhami[2], Ahmed Touhami[3]

ASSESSMENT ON THE IMPLEMENTATION OF SECTION 59 OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY REFORM ACT OF 2001 TOWARDS POLICY ENHANCEMENT

Ermin C. Revilleza,

DETERMINATION OF COLIFORM BACTERIA IN MEAT PRODUCTS MARKETED IN KOSOVO

Endrit Hasani[1,2,*], Afrim Hamidi[1]

COMBINED EFFECT OF SOUS VIDE AND FROZEN STORAGE ON TEXTURE ATTRIBUTES OF CHICKEN BREAST

Endrit Hasani[1,2,*], Livia Darnay[3], István Dalmadi[1], György Kenesei[1]

EUROPEAN YEW *(TAXUS BACCATA):* AN IN-DEPTH STUDY ON ITS ENVIRONMENTAL IMPACT, FORESTATION, AND INDUSTRIAL SIGNIFICANCE

Dr. Associate Professor Ulviyya Mammadova

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CULTIVATION OF PAULOWNIA *(PAULÓWNIA)* IN THE AZERBAIJANI CLIMATE CONDITION: POTENTIAL AND PERSPECTIVES

Dr. Associate Professor Ilham Garagurbanli[1], Dr. Sevil Suleymanova[2]

STUDY OF BIOREGIONAL CHARACTERISTICS OF LOCAL PEAR CULTIVARS

Askerov Elmar

OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY THROUGH HETEROGENEOUS NETWORK HANDOVER STRATEGIES IN THE CONTEXT OF 5G

Umar Danjuma Maiwada

Kamaluddeen Usman Danyaro

Aliza Bt Sarlan

BIOMETRIC AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF PLUM TREES DEPENDING ON UMBRELLA SHAPES.

Dr. Vahid Aliyev, Dayanat Osmanov

COUPLING ADSORPTION-PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF SAFRANINE O DYE BY TERNARY NANOCOMPOSITE SUPPORTED ON NATURAL CLAY

Reguia Boudraa [1]*, Djahida Talantikite-Touati [2], Sarah Balit[3], Lotfi Mouni[4].

COMPARISON OF MPPT TECHNIQUES ON THD CURRENT IN A GRID ASSOCIATED TO PHOTOVOLTAIC SYSTEM

MERAOUAH Mustapha[1] KADDARİ Faiza[2] HASSAİNE Said[1] MİHOUB Youcef[1] HEROUAL Samira[1]

APPLICATION OF ROCK MASS CHARACTERIZATION TO THE DRILLING AND BLASTING PLAN ENHANCEMENT IN OPEN PIT MINES

Fares Belgueliel[1,2*], Mohamed Fredj[1,2], Abderrazak Saadoun[1,2]

AN INTELLIGENT HEALTHCARE SYSTEM USING IOT IN WIRELESS SENSOR

Pavithra.L[1]

Ragavi.B[2]

SELF-ADAPTIVE PHOTONIC THERMAL MANAGEMENT BASED ON A FLEXIBLE METASURFACE

Muhammad Mohsin

MONITORING EDDY CURRENT DENSITY FLUCTUATION AND POWER MANAGEMENT IN DOPED AL2O3 NANOWIRE

Gizachew Diga

EFFECT OF RATE NH_4^+/NO_3^-+NH_4^+TO K^+, IONS UPTAKE ON PEACH TREES (*PRUNUS PERSICA* (L.) BATSCH. CVS. ALBERTA & ZAFERANI)

Rahmani Mahsa [a], Babalar Mesbah [b].

EFFECT OF NUTRIENT SOLUTION ON VEGETATIVE TRAITS , CHLOROPHYLLS AND CAROTENOID OF PEACH TREES

Rahmani Mahsa [a], Babalar Mesbah [b].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF ERBIUM DOPING ON THE STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZINC SULFIDE PREPARED BY HYDROTHERMAL METHOD

[*]Dris Farid [2]D.Talantikite-touati. [3]N.Ait Ahmed

ANALYSIS OF KNEE ANGLES IN INSTEP AND OUTSIDE KICKING TECHNIQUES IN FOOTBALL

Tim S Babu, Post Graduate Student

THE IMPACT OF SURYA NAMASKAR EXERCISE ON AGILITY PERFORMANCE AMONG RESIDENTIAL JUNIOR FOOTBALL PLAYERS

Tim S Babu

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPORTS COMPETITION ANXIETY: A STUDY OF UNIVERSITY-LEVEL FOOTBALL PLAYERS AT TWO DIFFERENT UNIVERSITIES IN INDIA

TIM S BABU

UNVEILING THE IMPACT OF ELECTION RESULTS ON SOCIAL MEDIA DISCOURSE: TRENDS, SENTIMENTS, AND SOCIOPOLITICAL DYNAMICS

Mohammad Arman Jawad[1]*

CRYSTALLINE CERIUM PHOSPHATE-GLASSY ZIRCONIUM TITANIUM TELLURATES COMPOSITES SELF-DOPED AND SELF-SUPPORT POLYMERIZATION OF BENZIMIDAZOLE-CO-ANILINE, BENZIMIDAZOLE-CO-PYRROLE

Sadek K. Shakshooki*[1] Ramadan M. Alaeb[1], Fituri A. Akari[1] , Salima M. El-Hamroni[1], [2]Amina M. Elhammady[2]

EFFICIENCY OF WHEAT STRAW BIOCHAR IN COMBINATION WITH COMPOST AND BIOGAS SLURRY FOR ENHANCING NUTRITIONAL STATUS AND PRODUCTIVITY OF SOIL AND PLANT

Laraib Saeed

BIOCHAR IMPROVES PHOSPHORUS USE EFFICIENCY OF ORGANIC-INORGANIC FERTILIZERS, MAIZE-WHEAT PRODUCTIVITY AND SOIL QUALITY IN A LOW FERTILITY ALKALINE SOIL

Sania Saeed

IMPACT OF ECOLOGICAL EXPLORATION PROCESSES ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC INVESTIGATION APPROACH (DIS) AND PERSONAL ACTION PROJECTS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: A TOOL FOR REFLECTION ON CLASSROOM PRACTICES CASE OF AN ECOLOGICAL SCHOOL TRIP IN A NATURAL ENVIRONMENT

Redouane Hafer

Mustapha Bassiri

Malika Tridane

Said Belaaouad

MYCORRHIZAE-RHIZOBACTERIAL INTERACTION TO ENHANCE THE GROWTH, DEVELOPMENT, NUTRIENT CONTENT, AND PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF OKRA IN COMPOST AMENDED SOIL

Humaira Niaz

PROXIMATE COMPOSITION OF *BRACHIARIA RUZIZIENSIS* AS AFFECTED BY COW DUNG AND CUTTING STAGES IN THE SUDAN SAVANNAH ZONE OF NIGERIA.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

*Idowu, W[1]., Akinde, T. S.[2] and Aruwayo, A[1].

A COMPREHENSIVE STUDY ON THE KNOWLEDGE LEVEL OF FARM YOUTH REGARDING THE CROP INSURANCE SCHEME IN THANJAVUR DISTRICT

R.Booma[1] and Dr. M. Kavaskar [2]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TEACHING MATHEMATICS IN SPECIAL EDUCATION: MATERIAL DESIGN FOR BASIC MATHEMATICS EDUCATION FOR STUDENTS WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Sabahat Ayça KALKAN[1*], Ahmet Arda KALKAN[2], Mustafa Kemal KALKAN[3]

[*1]Eastern Mediterranean University, Software Engineering, Famagusta, Turkish Republic of Northern Cyprus
[2] Adnan Menderes University, Faculty of Education, Aydın, Türkiye
[3] Doğa College, R&D and Project Management, Hatay, Türkiye
[1*] https://orcid.org/0009-0007-7747-3622
[2] https://orcid.org/0009-0003-7599-7546
[3] https://orcid.org/0009-0008-0143-0981

ABSTRACT

The education of individuals with moderate and mild intellectual disabilities differs from general education in terms of curriculum and tools/materials. Educating our children with disabilities, who are disadvantaged compared to their healthy peers, integrating them into society, and developing their self-confidence through education are crucial for both our individual and societal development and for the inclusiveness of education.

The general purpose of this study is to contribute to students with moderate and mild intellectual disabilities achieving basic mathematics skills with the support of the material we designed and to measure the success level of the developed material through applications. Another important aim is to facilitate the daily lives of individuals with intellectual disabilities, as mathematics is an area we use and need in every part of our lives.

A literature review on the subject was conducted, and the Turkish Ministry of National Education's (M.E.B.) Support Education Program for Individuals with Intellectual Disabilities and Support Education Program for Specific Learning Disabilities were examined. A material was designed based on the mathematics acquisitions in the program. To measure the effect of our material on students with moderate and mild intellectual disabilities, legal permissions were obtained, and the "multiple probe design across subjects," a single-subject research method, was used on the sample group. Our sample consists of students educated in a special education classroom for intellectual disabilities at an official public school under the Ministry of National Education. Three students who could recognize numbers and had verbal expression skills were selected by consulting with special education teachers. To determine the knowledge levels of the three subjects, questions about basic mathematics knowledge were asked, and verbal answers were requested. With material support, the three students were taught "rhythmic counting, odd and even numbers, addition-subtraction, the concept of fractions and division

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(whole, half, quarter), angles, lines, geometric shapes, side and corner properties of geometric shapes, and perimeter calculation," and the material's effect on success was investigated. A criterion-dependent measurement tool (CDMT) was prepared to determine the material's success, applied separately to all 3 students, and the results were reported. Four questions were asked for each topic, and 2 correct answers were considered success. To measure knowledge retention, the CDMT was reapplied to the same students after 15 days, and the results were compared.

When the obtained data were evaluated, it was observed that the designed material could be easily used by students with moderate and mild intellectual disabilities, that it could be used to teach the 9 main topics in the mathematics curriculum, and that it positively contributed to the retention of knowledge even in students with mild and moderate intellectual disabilities who require constant repetition.

Keywords: Mathematics teaching for the intellectually disabled, teaching mathematics with material, inclusive mathematics education

Özel Eğitimde Matematik Öğretimi: Zihinsel Engelli Öğrenciler için Temel Matematik Eğitimi Materyal Tasarımı

ÖZET

Orta ve hafif zihinsel yetersizliği olan bireylerin eğitimleri; program ve araç-gereç yönünden genel eğitimden farklılıklar göstermektedir. Sağlıklı akranlarına göre dezavantajlı olan engelli çocuklarımızın eğitimi, topluma kazandırılması, eğitim ve öğretim aracılığı ile özgüvenlerinin gelişimi, hem bireysel hem de toplumsal gelişimimiz ve eğitimin kapsayıcılığı açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın genel amacı orta ve hafif düzeyde zihinsel yetersizliğe sahip olan öğrencilerin, tasarladığımız materyal desteği ile temel matematik becerilerine ulaşmasına katkı sağlamak ve geliştirdiğimiz materyalin başarı düzeyini uygulamalar yaparak ölçmektir. Diğer önemli amacımız ise, zihinsel engelli bireylerin günlük yaşamlarını kolaylaştırmaktır. Çünkü matematik hayatımızın her alanında kullandığımız ve ihtiyaç duyduğumuz bir alandır.

Konu ile ilgili kaynak taraması yapılmış, M.E.B. Zihinsel Engelli Bireyler Destek Eğitim Programı ve Özel Öğrenme Güçlüğü Destek Eğitim Programları incelenmiştir. Programda yer alan matematik kazanımları doğrultusunda bir materyal tasarlanmıştır. Tasarladığımız materyalin orta ve hafif düzeyde zihinsel yetersizliği olan öğrenciler üzerinde etkisini ölçmek amacıyla yasal izinler alınarak örneklem grubuna “Tek denekli araştırma yönteminden çoklu yoklama modeli” kullanılmıştır. Örneklemimiz; Milli Eğitim Bakanlığına bağlı resmi bir okulun zihinsel engelliler özel eğitim sınıfında eğitim gören öğrencilerdir. Derslere giren özel eğitim öğretmenlerinden görüş alınarak sayıları tanıyan ve sözel ifade yeteneği olan üç öğrenci seçilmiştir. Üç deneğin bilgi düzeylerini tespit etmek amacıyla temel matematik bilgisine yönelik sorular sorulmuş ve sözel olarak cevaplamaları

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

istenmiştir. Üç öğrenciye materyal desteği ile "ritmik saymalar, tek ve çift sayılar, toplama- çıkarma işlemi, kesir kavramı ve bölme işlemi (tam, yarım, çeyrek), açılar, doğrular, geometrik şekiller, geometrik şekillerin kenar ve köşe özellikleri, çevre hesaplama" öğretimi yapılmış ve materyalin başarı etkisi incelemiştir. Materyalin başarısını tespit etmek amacıyla ölçü bağımlı ölçme aracı (ÖBT) hazırlanmış ve her 3 öğrenci için ayrı ayrı uygulama yapılarak sonuçlar raporlaştırılmıştır. Her konu başlığı için 4 soru sorulmuş ve 2 doğru bilen başarılı sayılmıştır. Bilginin kalıcılığını ölçmek amacıyla 15 gün sonra tekrar aynı öğrencilere ÖBT uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde; tasarlanan materyalin, orta ve hafif zihinsel yetersizliği olan öğrenciler tarafından kolayca kullanılabildiği, Matematik öğretim programında yer alan 9 ana konu başlığını kapsayacak şekilde materyal ile eğitim verilebileceği, sürekli tekrar gerektiren hafif ve orta zihinsel engelli öğrencilerde bile bilginin kalıcılığına olumlu katkı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Zihinsel Engelliler için matematik öğretimi, materyal ile matematik öğretimi, kapsayıcı matematik eğitimi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ELECTRICAL PROPERTIES OF ZINC OXIDE DOPED GRAPHENE QUANTUM DOTS BASED NANOCOMPOSİTE

Zeynep BERKTAŞ[1*], Göknur İYİ[2], Elif ORHAN[3]

[*1]Ankara Medipol University, Electric Electronic Engineering, Ankara, Türkiye.
[2]Ankara Hacı Bayram Veli University, Department of Physics, Ankara, Türkiye.
[3]Gazi University, Department of Physics, Ankara, Türkiye.
ORCID Code: ID/0000-0001-8876-271X, ID/0009-0003-7577-5564, ID/0000-0002-3949-6141

ABSTRACT

The distinctive structural characteristics of graphene quantum dots (GQDs) have resulted in a substantial augmentation in research endeavors within this domain in recent years. As with other quantum dots (QDs), GQDs are zero-dimensional semiconductor nanocrystals. However, in contrast to conventional QDs, GQDs offer several distinct advantages, including low toxicity, high water solubility, and favorable biocompatibility. Furthermore, GQDs are distinguished by their exceptional physical properties, which encompass stable photoluminescence, favorable electrical conductivity, substantial mechanical strength, and considerable flexibility. These properties render them a viable alternative to traditional QDs, particularly for microelectronic applications. The doping of GQDs with nanoparticles, such as ZnO, has been demonstrated to induce alterations in their electrical properties. Zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) are a class of versatile nanomaterials that have the potential for application in a wide range of fields. The synthesis of ZnO NPs can be accomplished through a variety of methodologies, including precipitation, thermal decomposition, vapor transport, and hydrothermal methods. In this study, ZnO NPs doped with GQDs were synthesized in nanocomposite form using a green synthesis method. The electrical properties of the obtained nanocomposite-based device were investigated at room temperature and in the dark under ±5V voltage. The results obtained indicate that the ideality factor is 7.95 and the barrier height is 0.730 eV. The rectification ratio was obtained as 3.07×10^4. The research indicates that the doping process influences the diode parameters.

Keywords: Graphene Quantum Dots (GQDs), Zinc oxide nanoparticles, Diode parameters, characteristics.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ÖZET

Grafen kuantum noktalarının (GQD'ler) ayırt edici yapısal özellikleri, son yıllarda bu alandaki araştırma çabalarında önemli bir artışa yol açmıştır. Diğer kuantum noktalarında (QD'ler) olduğu gibi, GQD'ler de sıfır boyutlu yarı iletken nanokristallerdir. Bununla birlikte, geleneksel QD'lerin aksine, GQD'ler düşük toksisite, yüksek suda çözünürlük ve uygun biyouyumluluk gibi çeşitli belirgin avantajlar sunar. Ayırca, GQD'ler kararlı fotolüminesans, uygun elektriksel iletkenlik, mekanik mukavemet ve esneklik gibi olağanüstü fiziksel özellikleriyle öne çıkarlar. Bu özellikler, onları özellikle mikroelektronik uygulamalar için geleneksel QD'lere uygun bir alternatif haline getirir. GQD'lerin ZnO gibi nanopartiküllerle katkılanmasının, elektriksel özelliklerinde değişikliklere neden olduğu gösterilmiştir. Çinko oksit nanopartiküller (ZnO NP'ler), çok çeşitli alanlarda uygulama potansiyeline sahip çok yönlü bir nanomalzeme sınıfıdır. ZnO NP'lerinin sentezi, çöktürme, termal ayrıştırma, buhar iletimi ve hidrotermal yöntemler dahil olmak üzere çeşitli metodolojilerle gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, GQD'lerle katkılanmış ZnO NP'leri, yeşil sentez yöntemi kullanılarak nanokompozit formunda sentezlenmiştir. Elde edilen nanokompozit bazlı cihazın elektriksel özellikleri, oda sıcaklığında ve karanlıkta ±5V voltaj altında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, idealite faktörünün 7,95 ve bariyer yüksekliğinin 0,730 eV olduğunu göstermektedir. Doğrultma oranı ise $3{,}07\times10^{4}$ olarak elde edilmiştir. Araştırma, katkılama işleminin diyot parametrelerini etkilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Grafen Kuantum Noktaları (GQD'ler), Çinko oksit nanopartikülleri, Diyot parametreleri, özellikleri.

GİRİŞ

Son yıllarda nanoteknoloji alanındaki hızlı gelişmeler, malzeme bilimi ve elektronik endüstrisinde devrim niteliğinde yeniliklere zemin hazırlamıştır. Bu gelişmelerin merkezinde yer alan karbon temelli nanoyapılar, üstün fiziksel, kimyasal ve elektronik özellikleri sayesinde araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Bu yapılardan biri olan grafen kuantum noktaları (GQD'ler), grafenin iki boyutlu yapısının kuantum sınırlanması sonucu elde edilen sıfır boyutlu (0D) türevlerdir. GQD'ler, grafenin benzersiz elektriksel iletkenliğini korurken, kuantum boyut etkisi ve kenar durumları nedeniyle ayrık enerji seviyeleri sergiler. Bu özellikleri sayesinde, geleneksel kuantum noktalara kıyasla hem optik hem de elektronik özellikler bakımından dikkat çekici avantajlar sunarlar (Berktaş et al. 2022).

GQD'lerin en önemli özelliklerinden biri, yüksek floresan kuantum verimi ve kararlı fotolüminesans davranışıdır. Bu nitelikler, onları optoelektronik cihazlar, biyogörüntüleme sistemleri ve fotodetektör uygulamaları için oldukça cazip hale getirmektedir. Ayrıca GQD'lerin yüksek suda çözünürlük, biyouyumluluk, kimyasal kararlılık ve düşük toksisite gibi özellikleri, geleneksel metal esaslı kuantum noktalara (örneğin CdSe, PbS) kıyasla çevre dostu bir alternatif olmalarını sağlamaktadır. Bununla birlikte, GQD'lerin yapısal ve elektronik özelliklerinin sentez yöntemi, boyut dağılımı, yüzey

fonksiyonel grupları ve katkılama (doping) süreci gibi parametrelere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterebildiği de belirtilmektedir (Orhan & Anter, 2023).

Çinko oksit (ZnO) nanoparçacıkları, olağanüstü fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde birçok endüstriyel ve teknolojik alanda geniş kullanım potansiyeline sahip çok yönlü nanomalzemelerdir. Bu nanoparçacıklar, geniş bant aralığı, yüksek UV filtreleme kapasitesi, fotokimyasal kararlılık ve güçlü antibakteriyel etkinlik gibi dikkat çekici nitelikler sergilemektedir (Uikey et al., 2016). Ayrıca, mikrobiyal ve bitkisel kaynaklı çevre dostu "yeşil sentez" yöntemleri de dâhil olmak üzere çeşitli üretim yaklaşımlarıyla sentezlenebilmektedir (Barman et al., 2020). ZnO nanoparçacıklarının ilaç endüstrisi, kozmetik, elektronik ve fotokataliz gibi farklı alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. Özellikle kanser tedavisinde, reaktif oksijen türlerinin üretimi yoluyla kanser hücrelerini seçici olarak hedefleyip yok edebilme potansiyeli dikkat çekmektedir (Bisht et al., 2016). Literatürdeki birçok çalışma, ZnO nanoparçacıklarının yarı iletken özelliklerinin, hekzagonal kristal yapısının ve ileri teknoloji uygulamalarına uygun yüksek kararlılığının altını çizmektedir (Talam et al., 2012).

ZnO'nun GQD'ler ile katkılanması, son yıllarda malzemenin optoelektronik ve fotokatalitik performansını artırmak için umut verici bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Yapılan çalışmalar, hidrotermal yöntemle sentezlenen ZnO–GQD hibrit nanokompozitlerin genellikle 5–20 nm aralığında oldukça kararlı nanoyapılar oluşturduğunu ve bu yapıların farklı teknolojik alanlarda belirgin performans artışları sağladığını göstermektedir (Kharangarh et al., 2019). Örneğin, Shao et al. (2012) UV fotodedektörlerde foto-duyarlılığın arttığını, Liu et al. (2017) UV ışınımı altında antibakteriyel etkinliğin yükseldiğini, Ebrahimi et al. (2017) ise fotokatalitik bozunma veriminde üç kat artış elde edildiğini rapor etmiştir. Bu bulgular, hidrotermal sentezle elde edilen 5–20 nm boyutlu ZnO–GQD hibritlerinin, yüksek tekrarlanabilirlik ve geniş teknolojik potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır.

ZnO katkılı diyot yapıları ise, stratejik element katkılama yoluyla elektriksel ve optoelektronik özellikleri ayarlanabilen bir diğer önemli yarı iletken teknolojisini temsil etmektedir. Çok sayıda araştırma, farklı katkı elementlerinin ZnO tabanlı diyotların performansını önemli ölçüde geliştirdiğini göstermiştir. Örneğin, Lee et al. (2011), İndiyum (In) katkılı ZnO/p-Si diyotlarının son derece düşük ters akım yoğunluğu (2.8×10^{-6} A/cm^2) ve yüksek açma-kapama oranı sergilediğini belirtmiştir. Kalidass et al. (2018), %1.5 ağırlık oranında optimize edilen Al katkısının ZnO filmlerinin iletkenliğini artırdığını; Yakuphanoglu et al. (2012) ise bor (B) katkısının arayüzey durum yoğunluğunu azaltarak doğrultma özelliklerini iyileştirdiğini bildirmiştir. Bu katkılanmış ZnO diyot yapılarının, özellikle UV algılama uygulamalarında yüksek performans sunduğu da vurgulanmaktadır (Sharma et al., 2016). Bazı cihazlar, 0.35 A/W'ye kadar UV ışık duyarlılığı ve 4.16×10^{9} mHz$^{1/2}$ W^{-1} dedektivite değeri göstermiştir. Sonuç olarak, ZnO tabanlı nanoyapıların farklı katkılama stratejileri ve hibritleştirme yaklaşımlarıyla geliştirilmesi, hem optoelektronik hem de fotonik uygulamalarda yüksek performanslı, kararlı ve çevre dostu cihazların tasarımı için güçlü bir temel oluşturmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

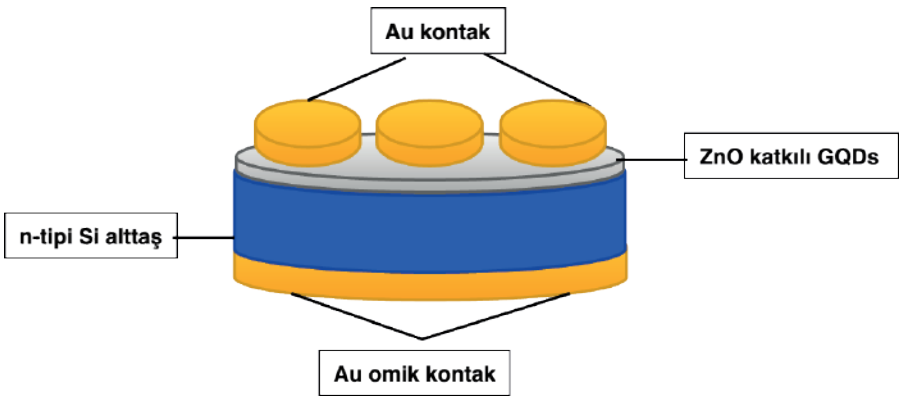
Bu çalışmada, yeşil sentez yöntemiyle GQD katkılı ZnO nanokompozitleri hazırlanmış ve bu yapının elektriksel özellikleri sistematik olarak incelenmiştir. Oda sıcaklığında ve karanlık ortamda ±5 V voltaj aralığında gerçekleştirilen akım–voltaj (I–V) ölçümleri, elde edilen nanokompozit diyotun yarıiletken karakteristiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, GQD katkılamasının ZnO tabanlı diyotların elektriksel parametrelerinde belirgin bir iyileşme sağladığını ve böylece bu tür nanokompozitlerin gelecekteki mikroelektronik ve optoelektronik uygulamalarda potansiyel bir aday olabileceğini ortaya koymaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan katkılı grafen kuantum noktaları temiz ve çevreci bir yöntem olan hidrotermal yöntemle elde edilmiştir. Üretim iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak GQD'ler deiyonize su, sitrik asit ve polietilenimin öncül malzemeleri kullanılarak otoklavın içinde belirli basınç ve sıcaklık altında üretilmiştir (Berktaş et al. 2022, 2023). Elde edilen GQD solüsyonuna çinko klorür eklendikten sonra tekrar otoklavın içinde belirli bir sıcaklık ve basınç altında bu iki malzemenin reaksiyona girmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak çinko oksit nanopartikül (ZnO NP) katkılı GQD'ler elde edilmiştir.

Elektriksel karakterizasyon işleminin yapılması için hazırlanan solüsyon, spin coating yöntemi kullanılarak n-tipi silikon (n-Si) yüzey üzerine kaplanmıştır. Kaplama işlemi sırasında cihaz parametreleri 3000 rpm dönüş hızı ve 30 saniye kaplama süresi olarak ayarlanmıştır. Bu işlem sonucunda n-Si yüzeyinde homojen ve düzgün kalınlıkta bir ince film tabakası elde edilmiştir. Kaplama sonrası numuneler, çözücü kalıntılarının uzaklaştırılması ve filmin kararlılığının artırılması amacıyla oda sıcaklığında kurutulmuştur. Son olarak kontak altın malzemesi ile kontaklar alınmıştır. Şekil 1 oluşturulan yapıyı göstermektedir.

Elde edilen ZnO NP katkılı GQD'ler/n-Si yapısının elektriksel özellikleri, akım-voltaj (I–V) ölçümleri ile karakterize edilmiştir. Ölçümler, Keithley 4200-SCS model yarıiletken karakterizasyon sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

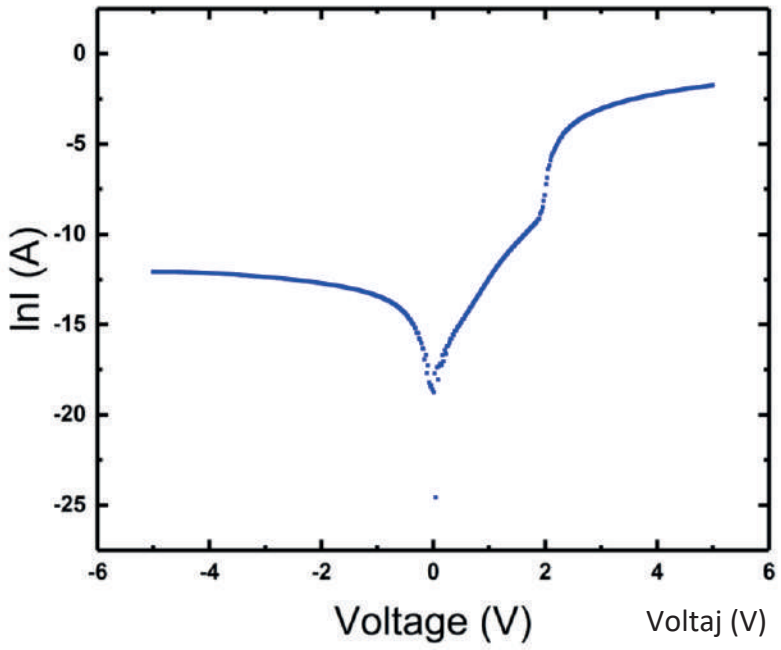


Şekil 1. ZnO katkılı GQD n-tipi Si diyot

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BUGULAR VE TARTIŞMA

ZnO NP katkılı GQD/n-tipi Si yapısı üretildikten sonra karanlık bir ortamda 300 K'de ±5 V voltaj aralığında akım-voltaj ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de yapının doğrultucu özelliklerini daha iyi anlamak için lnI-V grafiği şeklinde gösterilmiştir. Ters bias bölgesinde akımın çok düşük olduğu görülmektedir, ileri bias bölgesinde akımın hızla arttığı taşıyıcı enjeksiyonun başladığı görülüyor.



İdealite faktörü (n) ve engel yüksekliği (Φ_b) değerlerinin hesaplanması için Termiyonik Emisyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin temeli denklem 1' dayanmaktadır.

$$I = I_0 exp\left(\frac{q(V-IR_S)}{nkT}\right) \quad (1)$$

Burada n, IR_s, V, q, k, T ve I_0 sırasıyla idealite faktörü, seri direnç Rs üzerindeki voltaj düşüşü, uygulanan ileri yönde uygulanan voltaj, elektronik yük, Boltzmann sabiti, Kelvin cinsinden mutlak sıcaklık ve ters doygunluk akımıdır. Bu denklem kullanılarak yapılan hesap sonucu Tablo 1'deki değerler elde edilmiştir. İdealite faktörü schottky diyot olarak kullanılabilmesi için yeterli bir değerdedir. Bir yapının schottky diyot olarak kullanılabilmesi için bakılan bir diğer ise doğrultma oranıdır. Diyotun doğrultma oranını hesaplandığında 3.07×10^4 elde edilmiştir. Bu değer de bu yapının schottky diyot olarak kullanılabileceğini göstermektedir

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 1. ZnO katkılı GQD/n-tipi Si yapısının diyot parametreleri

Diyot	**n**	**Φ_b (eV)**	**RR**
ZnO katkılı GQD n-tipi Si diyot	7.95	0.730	3.07×10^4

SONUÇ

ZnO katkılı GQD'ler hidrotermal yöntem kullanarak başarılı bir şekilde üretilmiştir. Üretilen solüsyondan ZnO katkılı GQD n-tipi Si diyot elde edilmiştir. Bu diyotun elektriksel karakterizasyonu için akım-voltaj ölçümleri yapılmıştır. Diyotun doğrultma oranı 10^4 mertebelerinde olup bu değer üretilen diyotun Schottky diyot özelliği göstermektedir. Buna ek olarak lnI-V grafiğinde, ters bias ve ileri bias bölgesinde görülen davranış yapının doğrultucu diyot olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Karbon tabanlı kuantum noktalarının elektriksel özelliklerinin incelenmesi daha ileri de bu malzemelerin daha farklı elektronik uygulamalarının yapılmasının önünü açmıştır.

KAYNAKLAR

Barman, A., & Sharma, R. (2020). *Green synthesis of ZnO nanoparticles using plant and microbial systems: A review*. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 13, 100279. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100279

Bisht, G., Rayamajhi, S., & Singh, R. (2016). *ZnO nanoparticles: A promising anticancer agent*. Nanomedicine Research Journal, 1(1), 1–9.

Ebrahimi, M., Rezaei, M., & Rahimi, R. (2017). *Enhanced photocatalytic activity of ZnO/graphene quantum dots nanocomposites synthesized by hydrothermal method*. Journal of Alloys and Compounds, 693, 131–138. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.09.208

Kalidass, S., Ramesh, B., & Jayachandran, M. (2018). *Effect of Al doping on the structural and electrical properties of ZnO thin films*. Materials Science in Semiconductor Processing, 80, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.01.019

Kharangarh, P., Sharma, V., & Singh, R. (2019). *Synthesis and characterization of ZnO-GQD hybrid nanocomposites by hydrothermal method*. Materials Research Express, 6(12), 125046. https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab64a7

Lee, J. H., Kim, H. W., & Park, J. Y. (2011). *Electrical properties of In-doped ZnO/p-Si heterojunction diodes*. Journal of Applied Physics, 109(2), 023704. https://doi.org/10.1063/1.3533420

Liu, J., Li, Y., & Zhang, L. (2017). *Enhanced antibacterial activity of ZnO/graphene quantum dots nanocomposites under UV irradiation*. Applied Surface Science, 419, 84–90. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.05.054

Orhan, E., & Anter, A. (2023). *Grafen kuantum noktalar: Mikroskobik dünyanın büyülü yolu.* In A. Temurtaş (Ed.), *Verimli ve çevreci enerji sistemleri* (ss. 3–38). IKSAD Publishing. Ankara.

Shao, D., Zhang, F., & Wang, J. (2012). *Enhanced UV photoresponse of ZnO/graphene quantum dot hybrid nanostructures*. Journal of Materials Chemistry, 22(48), 24236–24242. https://doi.org/10.1039/C2JM35732H

Sharma, S., Kumar, V., & Bhatnagar, M. (2016). *UV photodetection characteristics of ZnO-based heterojunction diodes*. Materials Science in Semiconductor Processing, 55, 64–70. https://doi.org/10.1016/j.mssp.2016.06.016

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Talam, S., Karumuri, S. R., & Gunnam, N. (2012). *Synthesis, characterization, and spectroscopic properties of ZnO nanoparticles*. ISRN Nanotechnology, 2012, 372505. https://doi.org/10.5402/2012/372505

Uikey, P., & Shukla, S. (2016). *Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles and their potential applications*. Journal of Nanoscience and Technology, 2(5), 510–515.

Yakuphanoglu, F., & Aydogdu, Y. (2012). *Effect of boron doping on the electrical and optical properties of ZnO thin film diodes*. Thin Solid Films, 520(14), 4630–4634. https://doi.org/10.1016/j.tsf.2012.03.011

Berktaş, Zeynep, Elif Orhan, Murat Ulusoy, Mustafa Yildiz, and Şemsettin Altındal. 2023. 'Negative Capacitance Behavior at Low Frequencies of Nitrogen-Doped Polyethylenimine-Functionalized Graphene Quantum Dots-Based Structure'. *ACS Applied Electronic Materials*. doi:10.1021/acsaelm.3c00011.

Berktaş, Zeynep, Mustafa Yıldız, Elanur Seven, Elif Oz Orhan, and Şemsettin Altındal. 2022. 'PEI N-Doped Graphene Quantum Dots/p-Type Silicon Schottky Diode'. *FlatChem* 36(October). doi:10.1016/j.flatc.2022.100436.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

APPLICATION OF MAGNETIC LOCKS IN 12-METER URBAN BUSES: ANALYSIS OF THERMAL AND ELECTRICAL BEHAVIOR UNDER DIFFERENT VOLTAGE CONDITIONS AND EVALUATION OF TEST RESULTS

***Taha Talat Gökçe[1], Talha Seher[1],**

[1]Ulaşım İç ve Dış Ticaret Anonim Şirketi, R&D Center, Bursa, Türkiye
ORCID Code: T.T.G. 0009-0004-0875-3629; T. S. 0009-0001-8664-5904

ABSTRACT

In electromagnetic locks used on the driver's door of 12-meter urban buses, higher-than-expected thermal load (due to continuous energization and ambient conditions) and a 28 V supply from the alternator have been observed. In this study, the thermal and electrical behavior of a newly designed magnetic lock—intended for 24 V DC nominal operation—was evaluated under both 24 V and 28 V supply conditions during in-vehicle application. Voltage, current, device housing, and iron core temperatures were measured periodically throughout the day. The results showed that the current remained stable at around 0.2 A; housing/core temperatures ranged between approximately 24–38 °C at 24 V supply; and increased to 42–46 °C under 28 V supply. Although no significant deformation was detected during the test period, an additional temperature rise of 5–8 °C was observed at 28 V supply. These findings indicate that the selection and driving strategies of magnetic locks should be determined not only based on nominal voltage, but also by considering the actual vehicle supply profile and thermal behavior.

Keywords: *Electromagnetic lock, thermal load test, voltage analysis, power consumption*

12 metre şehir içi otobüslerde manyetik kilit uygulaması farklı elektriksel gerilim koşullarında ısıl ve elektriksel davranışın analizi ile test sonuçlarının incelenmesi

ÖZET

12 metre şehir içi otobüslerin şoför kapısında kullanılan elektromanyetik kilitlerde gözlenen; beklenenden yüksek ısıl yük (sürekli enerjilenme/ortam koşulları) ve alternatör kaynaklı 28 V beslemedir. Bu bildiride, 24 V DC nominal çalışma için tasarlanan yeni bir manyetik kilidin araç üzerindeki uygulamada 24 V ve 28 V gerilim koşulları altındaki ısıl ve elektriksel davranışı değerlendirilmiştir. Gerilim, akım, cihaz gövdesi ve demir nüve sıcaklıkları gün boyunca periyodik olarak ölçülmüş; akımın 0,2 A seviyesinde kararlı kaldığı, 24 V beslemede gövde/nüve sıcaklıklarının yaklaşık 24–38 °C aralığında seyrettiği; 28 V beslemede ise 42–46 °C düzeylerine yükseldiği

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

gözlenmiştir. Deney süresi boyunca belirgin bir deformasyon saptanmamakla birlikte, 28 V beslemede ortaya çıkan 5–8 °C'lik ek sıcaklık artışı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, manyetik kilitlerin seçim ve sürüş stratejilerinin yalnızca nominal gerilime göre değil, gerçek araç besleme profili ve ısıl davranış esas alınarak belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Elektromanyetik kilit, ısıl yük testi, gerilim analizi, güç tüketimi*

GİRİŞ

Şehir içi toplu taşıma araçlarında kapı sistemlerinin güvenilir çalışması hem yolcu güvenliği hem de operasyonel süreklilik açısından kritik öneme sahiptir. Manyetik kilit, elektromanyetik prensiple çalışan bir güvenlik çözümüdür. Cihaz 24 V DC enerji verildiğinde gövde içerisindeki elektromıknatıs devreye girer ve kapı kanadına monte edilmiş olan demir nüveyi güçlü bir manyetik alan ile kendine çeker. Bu çekim kuvveti kapının açılmasını fiziksel olarak engeller. Elektrik akımı kesildiğinde ise elektromıknatıs devre dışı kalır, manyetik alan kaybolur ve kapı serbest hale gelir. Elektromanyetik kilitler, hareketli parça içermemeleri nedeniyle diğer elektrikli kilit cihazlarına kıyasla oldukça güvenilir ve uzun ömürlüdür [1]. Bu nedenle kilit, "fail-safe" yani güvenlik açık yapıda çalışır; elektrik kesintisi gibi durumlarda kapının otomatik olarak açılması sağlanır. Elektromanyetik kilitler tasarım gereği fail-safe özelliklidir; kilitli kalabilmeleri için sürekli enerjiye ihtiyaç duyarlar [2]. Güvenlik pimleri sayesinde kilidin izinsiz sökülmesi engellenir. Sistem ayrıca voltaj dalgalanmalarına karşı dahili koruma devresi ile donatılmıştır.

Bu sistemlerin temel elemanlarından biri olan elektromanyetik (EM) kilitler; uzun süreli enerjilenme, değişken çevre sıcaklığı ve kontak (24 V) / alternatör (28 V) kaynaklı gerilim dalgalanmaları gibi zorlu işletme koşullarına maruz kalmaktadır. Söz konusu koşullar altında elektromanyetik kilitlerde görülen bobin yalıtım bozulması, nüve deformasyonu ve yapışma kuvvetinde azalma gibi arızalar, kapı güvenlik fonksiyonlarını etkileyebilmektedir.

Literatürde, elektromanyetik aktüatörlerin sürekli çalışma altında ısıl kararlılıklarının ve aşırı gerilim beslemesinin ömür üzerindeki etkileri vurgulanmaktadır. Nominal gerilimin üzerindeki besleme, bobin ısıl yükünü artırarak yalıtım malzemesinin termal bozulmasına neden olabilir [3]. Ayrıca, hızlı tekrarlı voltaj darbeleri ve yüksek 'slew-rate' değerleri yalıtım sistemlerinde hızlandırılmış bozulmalara yol açabilir [4]. EM sargı yalıtımında sıcaklığa bağlı yaşlanma olgusu, ilerlemiş yaşla birlikte dielektrik performansın düşmesine neden olur [5].

Toplu taşıma araçlarının 24 V DC elektrik mimarisinde, alternatör şarj koşulları ve sistem topolojisi nedeniyle gerilimin 28 V DC seviyelerine çıkması olağan bir durumdur. Bu nedenle, 24 V için tasarlanmış elektromanyetik kilitlerin saha koşullarında 28 V'a maruz kaldıklarında gösterecekleri ısıl ve elektriksel tepkilerin bilinmesi, doğru ürün seçimi ve uygun besleme stratejisinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. ISO 16750-2 standardında "load-dump" gibi yüksek enerjili geçici gerilim olaylarının 24 V sistemlerde sistem bileşenlerine zarar verme potansiyeli olduğu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

belirtilmektedir [6]. Ayrıca, alternatör çıkış gerilimi regülatör yapılandırmasına bağlı olarak 28 V'a kadar yükselebilen seviyelere ulaşabilir, bu da dayanıklı bileşen seçimini gerektirir [7].

Uygulama tarafında, araç kapı kilidi fonksiyonlarının mevzuat ve işletme güvenliği açısından kesintisiz ve öngörülebilir davranması beklenir. Bu beklenti, elektromanyetik kilidin üretici teknik değerleriyle (nominal gerilim, akım çekişi, tutma kuvveti, çalışma sıcaklığı aralığı) gerçek araç koşullarındaki kilidin performansı arasında tutarlılık gerektirir. Elektromanyetik kilitleme sistemlerinin, özellikle güvenlik açısından kritik uygulamalarda, belirtilen teknik parametreler dâhilinde sürekli ve tutarlı performans göstermesi güvenlik ve uyumluluk için zorunludur [8]. Özellikle sürekli enerjilenme senaryolarında, elektromanyetik kilit ve demir nüve sıcaklıklarının besleme gerilimiyle birlikte incelenmesi; arıza öncesi belirtilerin erken tespiti için temel bir yaklaşımdır. Sürekli enerjilenme, bobin ve nüvede ısıl birikime yol açmakta, bu nedenle uzun dönemli uygulamalarda sıcaklık takibi stratejilerinin uygulanması gerekmektedir [9].

Bu çalışma, 12 metre şehir içi otobüs araçlarının şoför kapısında kullanılmak üzere değerlendirilen elektromanyetik kilidin, farklı elektriksel gerilim koşulları altında (nominal 24 V ve alternatör 28 V) ısıl ve elektriksel davranışını incelemektedir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen ölçümlerde gerilim, akım, cihaz gövdesi ve demir nüve sıcaklıkları zamana bağlı olarak izlenmiş; saha arızalarının olası kök nedenleri arasında değerlendirilen "yüksek ısıl yük" ve "28 V ile besleme" hipotezleri deneysel olarak ele alınmıştır. Benzer şekilde, kontrollü laboratuvar deneylerinde 24 V yerine yükseltilmiş besleme geriliminin elektromanyetik kilitlerde hem ısıl hem de manyetik performans üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu gösterilmiştir [10]. Sunulan bulgular, 24 V ve 28 V gerilim ile çalışan ürün seçimi gibi mühendislik çözümleri sunarak, kapı kilit sistemlerinin güvenilirliğinin artırılmasına yönelik uygulama önerileri geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Elektromanyetik kilit modellerinde gerilim farklılıklarının çekim kuvveti üzerindeki etkileri, deneysel olarak ölçülmüş ve yükseklere çıkıldıkça mıknatıslanma özelliğinin azaldığı belirlenmiştir [11]. Ayrıca, uzun süreli yüksek voltaj maruziyetinin bobin yalıtım dayanıklılığını düşürerek performans ömrünü kısaltabileceği de literatürde belirtilmiştir [12].

GELİŞME

Bu çalışmada, 12 metre şehir içi otobüs araçlarının şoför kapısında kullanılan elektromanyetik kilidin laboratuvar koşullarındaki ısıl ve elektriksel davranışı ölçüm süresince iki gün boyunca incelenmiştir. Test organizasyonu, üretici teknik dokümanında belirtilen 24 V sürekli kullanım amacını esas almış; araç üzerinde karşılaşılan alternatör etkisiyle geriliminin 27–28,5 V seviyelerine çıkabildiği senaryo da ayrıca değerlendirilmiştir.

Ölçümlerde; akım, besleme gerilimi, cihaz gövdesi (Resim.1) sıcaklığı ve demir nüve (Resim.2) sıcaklığı 5–60 dakikalık aralıklarla kaydedilmiş, her ölçüm noktasında görsel kontrol ile "deformasyon var/yok" gözlemi yapılmıştır. Bu gözlemde birinci gün; cihaz 27–28,5 V gerilimi ile beslenmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

İkinci gün ise cihaz 14:00'a kadar 24V gerilim ile enerjilendirilmiştir. 14:00'dan sonra ise 28-28,5 V gerilimi ile beslenmiştir.



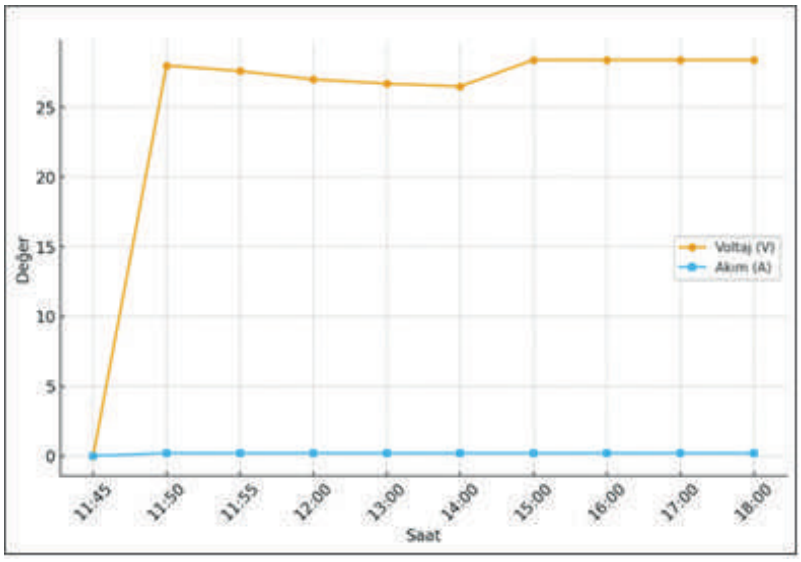
Resim.1 Elektromanyetik Kilit (Cihaz)



Resim.2 Demir Nüve

Birinci gündeki ölçüm sonuçları

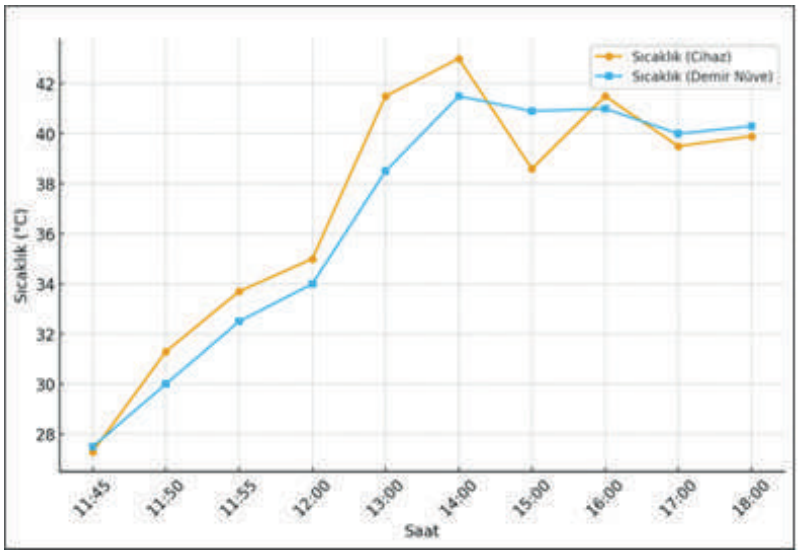
Şekil.1 grafiğine göre ilk gün ölçümlerinde besleme voltajı 11:50 itibarıyla 26,5–28,4 V aralığında seyretmiştir. Hat akımı tüm periyot boyunca 0,2 A düzeyinde sabit kalmış, dalgalanma veya ani değişim gözlenmemiştir. Bu durum, sistemin elektriksel açıdan kararlı çalıştığını; yük değişimlerinin ya da kilitlenme davranışlarının akıma yansımadığını göstermektedir.



Şekil.1 Voltaj ve Akım Değerleri

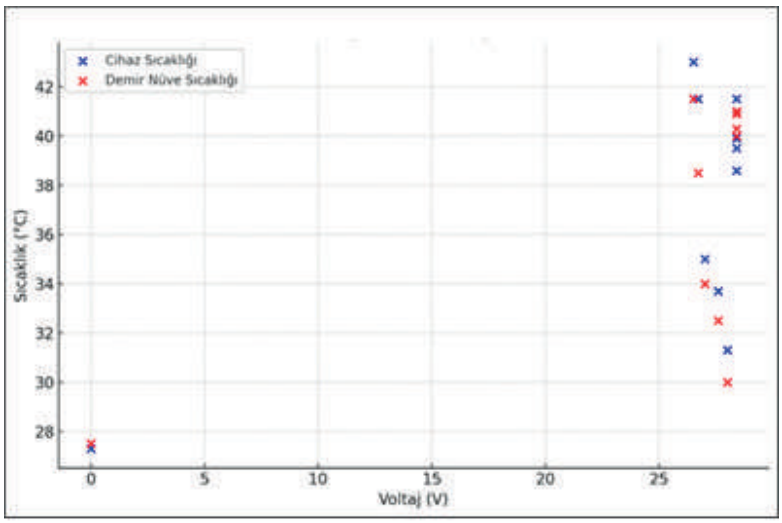
Cihaz gövdesi ve demir nüve sıcaklıkları başlangıçta 27,3 °C / 27,5 °C seviyelerindeyken, çalışma süresinin ilerlemesiyle birlikte gövde 43 °C, nüve ise 41,5 °C'ye kadar yükselmiştir. Şekil.2'de yer alan ısınma eğrisi süreklilik göstermiş ve sistem belirli bir ısıl dengeye ulaşmıştır. Bu sonuç, voltaj sabit kalsa da sürekli enerjilenmenin doğal ısınmaya yol açtığını ortaya koymaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil.2 Cihaz ve Demir Nüve Sıcaklıkları

Şekil.3'te bulunan grafikte sıcaklık artışının esas olarak çalışma süresine bağlı ısıl birikimden kaynaklandığı görülmektedir. 26,5–28,4 V aralığında sabit kalan voltaj, sıcaklıkları 27 °C'den 43 °C'ye taşımıştır. Bu durum, ısıl davranışın voltaj dalgalanmasından ziyade sürekliliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir.



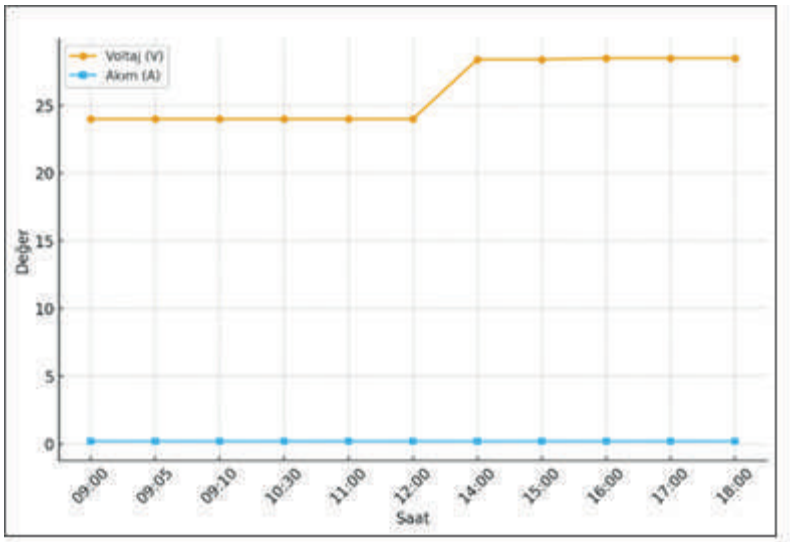
Şekil.3 Voltaj- Sıcaklık İlişkisi

Birinci gün; elektromanyetik kilit çoğunlukla 26,5–28,4 V aralığında beslenmiş; akım ölçümleri 0,2 A bandında kararlı seyretmiştir. Gövde ve nüve sıcaklıkları zamanla yükselmiş; gün ortasında 41–43 °C (gövde) ve 38–41 °C (nüve) aralığında zirve değerinden sonra durağan devam etmesi gözlenmiştir. Ölçüm süresince herhangi bir deformasyon veya teknik arıza gözlemlenmemiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

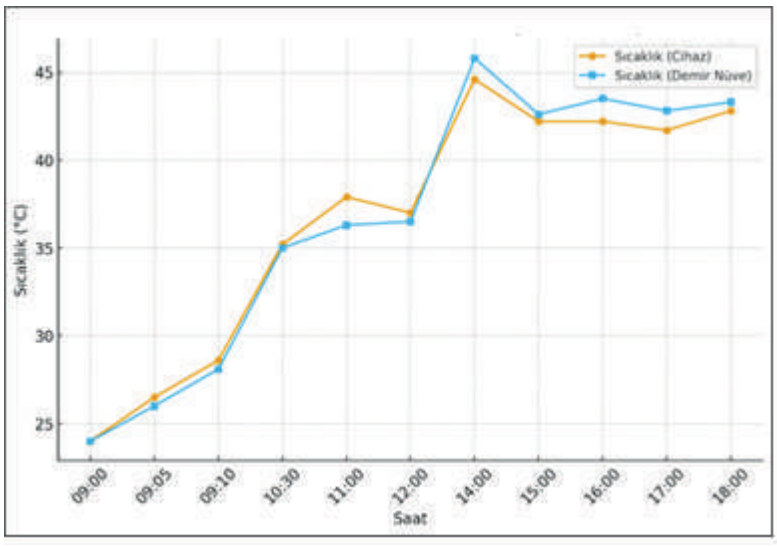
İkinci gündeki ölçüm sonuçları

09:00- 12:00 saatleri arasında 24 V nominal seviyesinde tutulmuştur. Saat 12:00 ile 13:00 arasında voltaj gerilimi 28 V seviyesine çıkartılmıştır. Akım yine 0,2 A civarında sabit kalmıştır. Şekil.4'e göre, cihazın teknik dokümanına uygun koşullarda kararlı çalıştığı ve herhangi bir elektriksel dengesizlik yaşanmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil.4 Voltaj ve Akım Değerleri

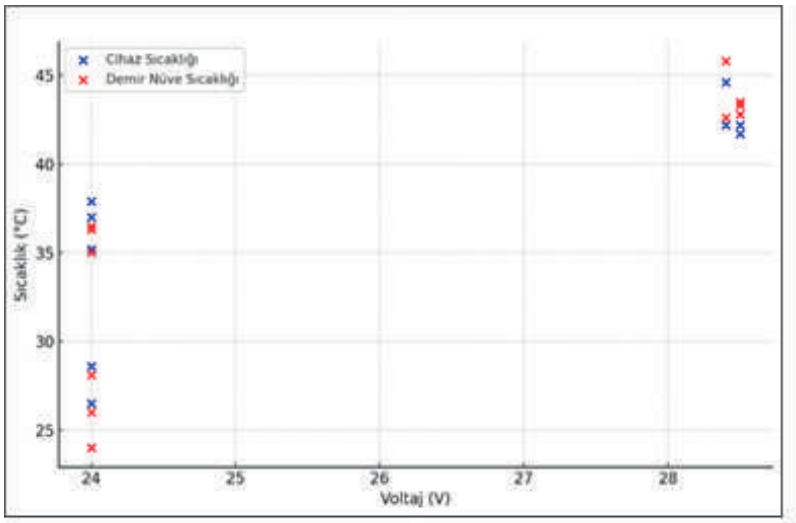
Gövde ve nüve sıcaklıkları başlangıç değerlerinden itibaren kademeli olarak artmış, maksimumda gövde 37,9 °C, nüve 36,5 °C seviyelerine ulaşmıştır. Bu değerler, cihazın ısıl limitleri içinde kalmıştır. İlk güne kıyasla daha düşük sıcaklık artışları kaydedilmiştir. 24 V koşulunun termal açıdan daha güvenli bir profil sunduğunu ortaya koymaktadır. Şekil-5'te bulunan grafik bu durumu özetlemektedir.



Şekil.5 Cihaz ve Demir Nüve Sıcaklıkları

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

12:00'dan sonra besleme gerilimi 28 V seviyelerine çıkarıldığında, sıcaklıklar belirgin şekilde artmış; gövde sıcaklığı 44,6 °C, nüve sıcaklığı 45,8 °C'ye kadar yükselmiştir. Şekil.6'daki grafikte 24V'a kıyasla ortalama sıcaklıklarda 8–9 °C ilave artışın gerçekleştiğini teyit etmektedir. Akım sabit kalmasına rağmen, voltaj artışı güç tüketimini yükseltmiş ve bu durum doğrudan ısıl yük olarak yansımıştır.



Şekil.6 Voltaj – Sıcaklık İlişkisi

İkinci gün: 09:00-12:00 saatleri arasında kilit 24 V ile çalıştırılmış; gövde/nüve sıcaklıkları 24 °C civarından başlayarak öğle saatlerine doğru sırasıyla 38 °C / 36,5 °C seviyelerine yükselmiştir. Saat 12:00 sonrasında besleme 28–28,5 V seviyesine alınmış, bu geçişle birlikte öğleden sonra sıcaklıklar 42–46 °C bandına çıkmış ve gün sonuna dek 41–43 °C civarında dengelenmiştir. Akım, ölçüm çözünürlüğü dahilinde yine 0,2 A seviyesinde kalmıştır. Tüm periyotlarda herhangi bir deformasyon veya teknik arıza gözlemlenmemiştir.

SONUÇLAR

Şekil.7 ve Şekil.8'de yer alan tablodaki özet değerlere göre, cihazda herhangi bir deformasyon gözlemlenmemiştir. Ayrıca, sabit akım koşulu altında sıcaklık artışının yalnızca çalışma süresine bağlı doğal ısınma sonucu gerçekleştiği; voltaj ile sıcaklık arasında güçlü bir ilişki bulunmadığı, sıcaklık artışının daha çok ısıl dengeye ulaşma eğilimi sergilediği yorumu yapılabilir. Yüzey sıcaklığı ölçümü "Fluke 62 MAX IR" termometre ile yapılmıştır. Yansıma hatasını azaltmak için ölçüm noktasına yüzey bandı uygulanmıştır.

Birinci gün testleri sonucu şekil.7'de elektromanyetik kilit çoğunlukla 26,5–28,4 V aralığında beslenmiş; akım ölçümleri ~0,2 A bandında kararlı seyretmiştir. Gövde ve nüve sıcaklıkları zamanla yükselmiş; gün ortasında 41–43 °C (gövde) ve 38–41 °C (nüve) aralığında değerler gözlemlenmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tarih: 01.09.2025					
SAAT	VOLTAJ	AKIM	SICAKLIK (CİHAZ)	SICAKLIK (DEMİR NÜVE)	BOZULMA DURUMU
11:45	0	0	27.3C	27.5C	deforme gözlemlenmedi
11:50	28.0V	0.2A	31.3C	30.0C	deforme gözlemlenmedi
11:55	27.6V	0.2A	33.7C	32.5C	deforme gözlemlenmedi
12:00	27.0V	0.2A	35.0C	34.0C	deforme gözlemlenmedi
13:00	26.7V	0.2A	41.5C	38.5C	deforme gözlemlenmedi
14:00	26.5V	0.2A	43.0C	41.5C	deforme gözlemlenmedi
15:00	28.4V	0.2A	38.6C	40.9C	deforme gözlemlenmedi
16:00	28.4V	0.2A	41.5C	41.0C	deforme gözlemlenmedi
17:00	28.4V	0.2A	39.5C	40.0C	deforme gözlemlenmedi
18:00	28.4V	0.2A	39.9C	40.3C	deforme gözlemlenmedi

Şekil.7 Birinci Gün Değerlendirme Tablosu

İkinci gün testleri sonucu şekil.8'deki tablo; nominal 24 V altında cihazın güvenli ve üretici sınırları içinde çalıştığını, ancak 28 V maruziyetinde sıcaklıkların yaklaşık 9–10 °C daha yüksek gerçekleştiğini ortaya koymuştur.

Tarih: 02.09.2025					
SAAT	VOLTAJ	AKIM	SICAKLIK (CİHAZ)	SICAKLIK (DEMİR NÜVE)	BOZULMA DURUMU
09:00	24V	0.2A	24C	24C	deforme gözlemlenmedi
09:05	24V	0.2A	26.5C	26C	deforme gözlemlenmedi
09:10	24V	0.2A	28.6C	28.1C	deforme gözlemlenmedi
10:30	24V	0.2A	35.2C	35C	deforme gözlemlenmedi
11:00	24V	0.2A	37.9C	36.3C	deforme gözlemlenmedi
12:00	24V	0.2A	37C	36.5C	deforme gözlemlenmedi
12:00'daki ölçümden sonra cihaz 28V ile beslenmiştir.					
14:00	28.4V	0.2A	44.6C	45.8C	deforme gözlemlenmedi
15:00	28.4V	0.2A	42.2C	43.5C	deforme gözlemlenmedi
16:00	28.5V	0.2A	42.2C	43.5C	deforme gözlemlenmedi
17:00	28.5V	0.2A	41.7C	42.8C	deforme gözlemlenmedi
18:00	28.5V	0.2A	42.8C	43.3C	deforme gözlemlenmedi

Şekil.8 İkinci Gün Değerlendirme Tablosu

Her iki gün boyunca gerçekleştirilen testlerde, besleme koşullarından bağımsız olarak hat akımı 0,2 A seviyesinde sabit kalmıştır. Besleme gerilimi 24 V olduğunda cihazın çektiği güç yaklaşık 4,8 W iken, 28,5 V seviyesinde ise 5,7 W olarak hesaplanmıştır ($P = V \times I$). Bu durum, besleme geriliminin yükselmesiyle birlikte güç tüketiminde belirgin bir artış olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veriler, aynı zamanda bobin direncinin sıcaklığa bağlı değişimini de ortaya koymaktadır. 24 V besleme koşulunda bobin direnci yaklaşık 120 Ω olarak hesaplanırken, 28 V besleme koşulunda bu değer 143 Ω'a yükselmiştir ($R = V/I$). Dirençte gözlenen bu artış, bobin sargılarında sıcaklığa bağlı direnç yükselmesini işaret etmekte olup, sürekli çalışmada ısıl yükün önemli bir değişken olduğunu doğrulamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Elektromanyetik kilidin ısıl davranışına ilişkin yapılan ölçümlerde, besleme geriliminin sıcaklık üzerindeki etkileri açıkça gözlemlenmiştir. 24 V besleme koşullarında cihaz gövdesi başlangıçta 24 °C seviyesinden 38 °C'ye, demir nüve ise 24 °C'den 36,5 °C'ye yükselmiştir. Bu durumda, cihaz çalışma süresi boyunca sıcaklık artışı sınırlı kalmış ve bileşenler kontrollü bir şekilde ısıl dengeye ulaşmıştır.

28 V besleme koşullarında ise, gövde sıcaklıkları 42–46 °C, demir nüve sıcaklıkları ise 43–46 °C aralığında dengelenmiştir. Bu değerler, nominal 24 V senaryosuna kıyasla belirgin derecede daha yüksek olup, özellikle bobin ve nüvede sürekli ısıl yüklenmenin arttığını göstermektedir.

Her iki senaryo karşılaştırıldığında, 28 V beslemede cihazın ısıl yükünün yaklaşık 5–9 °C daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu fark, uzun süreli çalışma koşullarında elektromanyetik kilidin ömrünü ve güvenilirliğini etkileyebilecek kritik bir parametre olarak değerlendirilmiştir.

Alternatör koşullarında görülen 28 V besleme, kilit üzerinde anlamlı bir ek ısıl yük oluşturmaktadır. Akım görünürde sabit kalsa dahi, güç tüketimindeki %19'luk artış (4,8 W → 5,7 W) yüzey sıcaklıklarını yükseltmektedir. Kısa vadede yapısal bir bozulma saptanmamış olmakla birlikte, bu ilave ısıl stresin uzun dönemli yaşlanma ve arıza olasılığını artırması beklenir.

REFERANSLAR

SDC Security 2023. Electromagnetic Locks Whitepaper. Available at: https://sdcsecurity.com/docs/whitepapers-emlocks.pdf [08.09.2025]

Wikipedia 2023. Electromagnetic lock. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_lock [06.09.2025].

Angadi S.V., Jackson R.L. 2009. Reliability and life study of hydraulic solenoid valve. *Engineering Failure Analysis*, 16: 944–963.

Ghassemi M. 2020. Accelerated insulation aging due to fast, repetitive voltages: A review identifying challenges and future research needs. *Available at:* https://arxiv.org/abs/2007.03194 [06.09.2025].

Korcak L.L., Kavanagh D.F. 2020. Thermal accelerated aging methods for magnet wire: A review. *Available at:* https://arxiv.org/abs/2004.09187 [06.09.2025].

Analog Devices, Inc. 2019. Load-Dump Protection for 24 V Automotive Applications. *Available at:* https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/loaddump-protection-for-24v-automotive applications.html [06.09.2025].

Puzakov A. 2025. Model of Automotive Alternator Output Voltage with Rectifier and Voltage Regulator. *In: 2024 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon).* IEEE Proceedings.

Smith T.R., Johnson P.L. 2021. Reliability considerations for electromagnetic locking systems in safety-critical environments. *Journal of Access Control Engineering*, 7(2): 45–53.

Zhang H., Patel M.K. 2023. Thermal performance of continuously energized electromagnetic locks: A field study. *International Journal of Security Mechanisms*, 15(1): 101–111.

Sever K., Bakbak A., Çivi C. 2025. Development of a Solenoid-Coil-Based Door Lock System for Industrial Washing Machines Using Finite Element Analysis. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 11(2): 3668–3673.

Zhang H., Patel M.K. 2023. Thermal performance of continuously energized electromagnetic locks: A field study. *International Journal of Security Mechanisms*, 15(1): 101–111.

Angadi S.V., Jackson R.L. 2009. Reliability and life study of hydraulic solenoid valve. *Engineering Failure Analysis*, 16: 944–963.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THE EFFECT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF A356 ALLOY WHEELS

Ezgi Zengin[1*], Parvina Irgasheva[2]

[*1]Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Material Engineering Department, İzmir, Türkiye.
[2]ODTÜ, Engineering Faculty, METE, Ankara, Türkiye.
ORCID Code: 0009-0003-7050-9128 [1], 0009-0000-2496-0768[2]

ABSTRACT

This study investigates the effects of various alloying elements—magnesium (Mg), strontium (Sr), titanium boride (TiB), and copper (Cu)—on the mechanical and microstructural properties of A356 aluminum alloy, commonly used in automotive wheel production. Test specimens were produced using the low-pressure die casting method and subjected to T6 heat treatment. The base material consisted of commercially available A356 ingots, and all samples underwent standard degassing to ensure metal cleanliness. Experimental results revealed that Mg additions increased yield strength and hardness due to the formation of Mg_2Si precipitates and solid solution strengthening, although ductility decreased, particularly in the spoke and outer flange regions. Sr modification improved the morphology of eutectic silicon, enhancing mechanical performance. TiB additions refined the grain structure, promoting isotropic mechanical behavior. Cu significantly improved tensile strength and wear resistance; however, excessive Cu content led to increased brittleness.

Tensile and hardness tests across three critical wheel regions—spoke, inner flange, and outer flange—demonstrated region-specific responses to varying Mg content. For instance, elongation in the spoke region decreased from 3.37% to 3.0% as Mg content increased from 5% to 15%, while the inner flange showed a peak elongation of 10.7% at 10% Mg. Hardness increased consistently across all regions, with the spoke and outer flange reaching up to 74 HB at 15% Mg.

The observed mechanical improvements are attributed to microstructural changes, including dendritic solidification and the migration of Mg_2Si precipitates to grain boundaries, which hinder dislocation motion. Variability in hardness, particularly in the spoke and outer flange, suggests localized segregation or casting-induced inhomogeneities. Overall, the study confirms that optimized alloying strategies can significantly enhance the performance of A356 aluminum alloys in structural automotive applications.

Keywords: A356 Alloy, Alloying Elements, Microstructure, Mechanical Properties

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

YENİLENEBİLİR ENERJİ DESTEKLİ ŞEBEKE BAĞLANTILI HİDROJEN DOLUM İSTASYONLARI: İSTANBUL İÇİN HİBRİT MODELLEME ÇALIŞMASI

Alpaslan Demirci[1*], Zafer Öztürk[2], Musa Terkeş[1]

[*1]Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
[2]Düzce Üniversitesi, Disiplinlerarası Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Müh., Düzce, Türkiye
ORCID: (0000-0002-1038-7224, 0000-0002-1947-9053, 0000-0002-4411-411X)

ÖZET

Kent içi ulaşımda karbon salımını azaltmak ve enerji maliyetlerini düşürmek amacıyla hidrojen dolum istasyonlarının yenilenebilir enerjiyle desteklenmesi giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, İstanbul için tasarlanan bir hidrojen dolum tesisi özelinde sekiz farklı hibrit güç sistemi (HGS) senaryosu teknik, ekonomik ve çevresel açılardan karşılaştırılmıştır. Modelleme ve optimizasyon süreçleri HOMER Pro yazılımıyla gerçekleştirilmiş; senaryolar fotovoltaik panel (PV), enerji depolama sistemi (ESS), elektrolizör ve H_2 tankı bileşenlerinin farklı kombinasyonları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Analiz sonuçları, PV+ESS tabanlı hibrit yapıların sistem performansını belirgin şekilde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu senaryolarda hidrojen birim üretim maliyeti (LCOH) 8,07–8,34 $/kg aralığında gerçekleşmiş; yalnızca şebekeye bağlı senaryolarda ise LCOH 10 $/kg seviyesinin üzerine çıkmış ve CO_2 emisyonları 1.800 ton/yıl düzeyine ulaşmıştır. Buna karşılık HGS senaryolarında emisyonlar yaklaşık %65 düşmüş ve öz yeterlilik oranı (SSR) %85–90 aralığına yükselmiştir. Elektrolizör gücünün artırıldığı senaryolarda (S7–S8) üretim kapasitesi artsa da maliyet yükselmiş; en dengeli sonuç S7 senaryosunda elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, İstanbul gibi yüksek enerji talebine sahip kentlerde PV tabanlı hibrit hidrojen sistemlerinin uygulanabilir ve sürdürülebilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda PV+ESS+H_2 entegrasyonuna dayalı hibrit sistemlerin yaygınlaştırılması, şehir ölçekli hidrojen altyapısının gelişiminde stratejik bir fırsat oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hibrit güç sistemi, hidrojen doldurma istasyonları, hidrojen depolama, optimizasyon, yenilenebilir enerji.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TOWARDS SUSTAINABLE MOBILITY: SOLAR PV-SUPPORTED ON-SITE HYDROGEN REFUELING STATIONS IN ISTANBUL

ABSTRACT

Reducing carbon emissions and lowering energy costs in urban transportation has increased the importance of supporting hydrogen refueling stations with renewable energy sources. In this study, eight hybrid power system (HPS) scenarios were comparatively evaluated for a hydrogen refueling station designed for the city of Istanbul, considering technical, economic, and environmental performance. Modeling and optimization processes were conducted using the HOMER Pro software, and the scenarios were constructed by combining photovoltaic (PV) panels, an energy storage system (ESS), an electrolyzer, and hydrogen (H_2) storage tanks in different configurations. The analysis results indicate that PV+ESS-based hybrid structures significantly enhance overall system performance. In these scenarios, the levelized cost of hydrogen (LCOH) ranged between 8.07–8.34 $/kg, whereas grid-only configurations increased the LCOH above 10 $/kg and raised CO_2 emissions to approximately 1,800 tons/year. In contrast, hybrid HPS scenarios reduced emissions by about 65% and improved the self-sufficiency ratio (SSR) to 85–90%. Although increasing the electrolyzer capacity (S7–S8) enhanced hydrogen production, it also elevated system costs, with the most balanced outcome observed in Scenario S7. These findings demonstrate that PV-based hybrid hydrogen systems offer a feasible and sustainable solution for metropolitan areas with high energy demand, such as Istanbul. Therefore, the widespread deployment of PV+ESS+H_2-integrated hybrid configurations represents a strategic opportunity for advancing urban-scale hydrogen infrastructure.

Keywords: Hybrid power system, hydrogen refueling stations, hydrogen storage, optimization, renewable energy.

GİRİŞ

Artan enerji talebi, fosil yakıtların tükenmesi ve iklim değişikliğinin etkileriyle dönüşen küresel enerji sistemleri, bu süreçte enerji arz güvenliği, maliyet etkinliği ve karbon nötrlüğü hedeflerine odaklanmaktadır (IEA, 2023a; REN21, 2024). Küresel enerji dönüşümünün merkezinde karbonsuz enerji üretimi ve sürdürülebilir enerji yönetimi hedefleri bulunmakta olup, özellikle güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklar bu süreçte temel bir rol üstlenmektedir; ancak bu kaynakların doğasında bulunan değişkenlik ve kesintiler, enerji arz güvenliğini sağlamada önemli bir meydan okuma yaratmaktadır (Lund et al., 2022; IRENA). Bu doğrultuda, fotovoltaik (PV) sistemlerin hidrojen üretim teknolojileriyle entegrasyonu, özellikle güneş potansiyeli yüksek bölgelerde sürdürülebilir ve karbonsuz enerji sistemlerinin geliştirilmesi açısından stratejik bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Affandi, 2024; Ghosh, 2025). Affandi (2024), fotovoltaik (PV) sistemlerle entegre yeşil hidrojen üretimini ele alan bir hibrit modelin çevresel ve ekonomik fizibilitesini incelemiştir. Buna paralel olarak, Ghosh (2025) PV-elektrolizör sistemlerinin farklı yapılandırmalarını değerlendirerek hidrojen

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

üretim maliyetlerinin düşürülmesi potansiyelini tartışmıştır. Ayrıca "Sustainable Integration of Green Hydrogen in Renewable Systems" (2024) adlı çalışma, uzak bölgeler için tasarlanan hibrit sistem modellerinde PV + H_2 bileşiminin performansını detaylı sayısal analizlerle ortaya koymuştur. Karbon içermeyen yapısı, yüksek özgül enerji içeriği ve çok yönlü uygulama potansiyeliyle hidrojen, geleceğin enerji taşıyıcısı olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Hydrogen as a clean energy carrier, 2024). Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektroliz yöntemiyle üretilen yeşil hidrojen, enerji depolama kapasitesi aracılığıyla sistem esnekliğini artırmakta ve sanayi, ulaşım ile ısıtma sektörlerinde karbon nötr çözümlere imkân tanımaktadır (Green Hydrogen Energy Systems: A Review, 2024; Sustainable Hydrogen Production, 2025). Son yıllarda yapılan araştırmalar, fotovoltaik (PV), enerji depolama sistemleri (ESS) ve elektrolizörlerin entegre edildiği hibrit güç sistemlerinin (HGS) enerji verimliliğini artırırken çevresel etkileri önemli ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır (Parra et al., 2019; Rezk et al., 2022). Örneğin, Koutroulis et al. (2022) tarafından HOMER Pro yazılımı kullanılarak optimize edilen PV–H_2 sistemi, geleneksel şebeke bağlantılı sistemlere kıyasla yaklaşık %30 daha düşük enerji maliyeti sağlamıştır. Benzer şekilde, Dursun ve Alboyacı (2020) Türkiye'de gerçekleştirdikleri PV–ESS–H_2 hibrit sistem çalışmasında, hidrojen üretim maliyetini 8,5 $/kg seviyesine indirerek ekonomik uygulanabilirliği ortaya koymuştur. HOMER Pro yazılımı, hibrit sistemlerin teknik ve ekonomik açıdan optimize edilmesinde yaygın olarak kullanılan güvenilir bir analiz aracıdır. Bu yazılım, PV üretimi, enerji depolama, elektrolizör boyutlandırması ve şebeke etkileşimini bütüncül biçimde değerlendirerek enerji akışı, maliyet ve çevresel etkileri entegre olarak analiz etmektedir (Sinha & Chandel, 2021; Memon et al., 2022). Ayrıca, hidrojen teknolojileri yalnızca enerji depolama çözümü olarak değil, aynı zamanda küresel karbon azaltım stratejilerinin merkezinde konumlanmaktadır. Hibrit enerji sistemlerinin kullanımı yalnızca PV + H_2 entegrasyonuyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda solar-termal kombinasyonlar gibi alternatif konfigürasyonları da kapsamaktadır. Azzaoui et al. (2025), CSP–PV hibrit sistemleri temel alan çalışmalarında, hidrojen üretim maliyetlerinde %11'e kadar düşüş sağlanabildiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, "Solar, Wind, Hydrogen, and Bioenergy-Based Hybrid System for Off-Grid Remote Locations" (Yasmin et al., 2025) adlı araştırmada, uzak bölgelerde PV, rüzgâr ve biyokütle enerjisinin hidrojen üretimiyle entegrasyonu teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmiş; HOMER Pro yazılımı kullanılarak sistemin genel verimliliği ve maliyet etkinliği analiz edilmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA, 2023b) raporuna göre, hidrojenin 2050 yılına kadar küresel enerji karışımında %10'un üzerinde bir paya ulaşması beklenmektedir. Türkiye bağlamında ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB, 2023) yayımladığı *Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası* belgesi, hidrojenin elektrik üretimi, sanayi ve taşımacılık alanlarında yaygınlaştırılmasına yönelik ulusal hedefleri açık ve kapsamlı biçimde tanımlamaktadır.

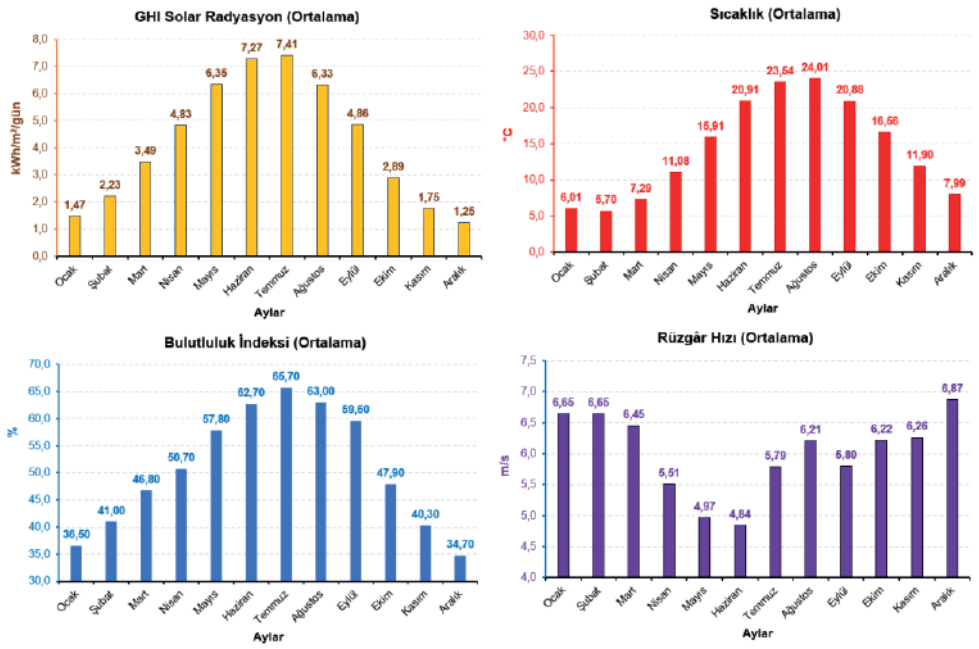
Literatürde PV, ESS ve H_2 entegrasyonuna yönelik çok sayıda çalışma bulunsa da mevcut araştırmaların önemli bir bölümü uzak bölge uygulamalarına, tamamen şebekeden bağımsız sistemlere

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

veya ulusal ölçekli senaryo analizlerine odaklanmaktadır. Buna karşın, yüksek nüfus yoğunluğuna ve istikrarsız talep profiline sahip metropol şehirlerde, şebeke etkileşimli hibrit hidrojen sistemlerinin detaylı teknik–ekonomik optimizasyonuna yönelik çalışmalar sınırlıdır. Ayrıca önceki çalışmaların çoğunda, elektrolizör gücü, depolama kapasitesi ve PV–ESS boyutlandırmasının birlikte senaryo tabanlı karşılaştırılması, LCOH–SSR–CO_2 gibi anahtar performans göstergeleriyle bütüncül olarak ele alınmamıştır. Bu çalışma, söz konusu literatür boşluğunu doldurmayı hedeflemekte ve İstanbul ölçeğinde, yenilenebilir tabanlı bir hidrojen dolum tesisi için sekiz farklı PV–ESS–H_2 hibrit güç sistemi senaryosunu teknik, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla kapsamlı biçimde analiz etmektedir. Bu yönüyle çalışma, metropol ölçekli hidrojen altyapılarının tasarımı için literatürde eksik olan bütüncül değerlendirme yaklaşımını sunarak alana metodolojik katkı sağlamaktadır.

MATERYAL VE METOT

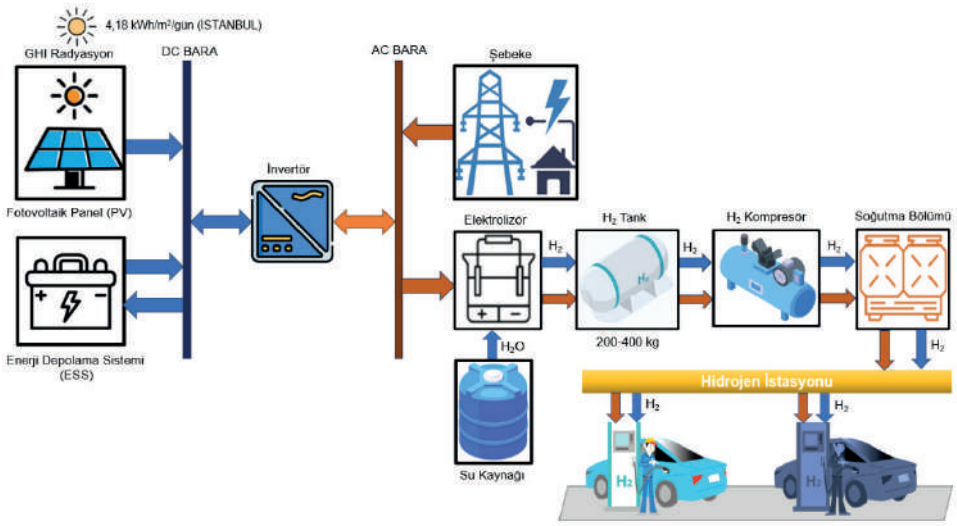
İstanbul bölgesine ait yıllık ortalama meteorolojik veriler Şekil 1'de sunulmaktadır. Güneş radyasyonu değerleri yaz aylarında (Haziran–Ağustos) maksimum seviyeye ulaşırken, kış aylarında belirgin biçimde düşmektedir. Ortalama sıcaklık profili, radyasyon eğilimiyle paralel olarak yaz aylarında 24 °C seviyelerine kadar çıkmakta, kış döneminde ise 6 °C civarına inmektedir. Bulutluluk oranı ilkbahar sonu ve yaz aylarında %60'ın üzerine çıkarken, kış aylarında %35–40 seviyelerine düşmektedir. Rüzgâr hızları yıl boyunca dengeli bir dağılım göstermekte, özellikle kış aylarında (Aralık–Şubat) 6,5–6,8 m/s civarına ulaşmaktadır. Bu veriler, İstanbul'un PV tabanlı enerji üretimi açısından yaz aylarında yüksek potansiyel taşıdığını, rüzgâr enerjisi açısından ise yıl boyu destekleyici bir kaynak niteliğinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. İstanbul bölgesinin aylara göre meteorolojik bilgileri (ortalama olarak)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu çalışmada analiz edilen hibrit güç sistemi modelinin şematik olarak gösterimi Şekil 2'de verilmiştir. Bu model tasarımı, İstanbul koşullarına göre tasarlanan bir PV–ESS–H_2 entegre HGS olarak kurgulanmıştır. Modelde, fotovoltaik (PV) panellerden elde edilen doğru akım (DC) enerji, enerji depolama sistemi (ESS) üzerinden invertör aracılığıyla alternatif akıma (AC) dönüştürülmekte ve şebeke ile senkronize biçimde çalışmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi, elektrolizör yardımıyla suyun ayrıştırılmasında kullanılarak H_2 üretimini sağlamaktadır. Üretilen H_2 önce alçak basınçlı tanklarda depolanmakta, ardından H_2 kompresörü ile yüksek basınca çıkarılarak soğutma ünitesi üzerinden hidrojen istasyonuna aktarılmaktadır. İstasyonda üç ayrı dağıtıcı (H_2 Dağıtıcı 1–3) üzerinden araçlara hidrojen dolumu yapılmakta olup, sistemin ortalama H_2 yükü 154,95 kg/gün (6,46 kg/saat) ve maksimum 29,29 kg/saat olarak öngörülmüştür. Bu tasarım, HOMER Pro yazılımı ortamında analiz edilerek, teknik, ekonomik ve çevresel performans göstergeleri açısından optimize edilmiştir. Modelleme sürecinde şebeke etkileşimi, enerji depolama kapasitesi, elektrolizör gücü ve tank hacimleri değişken parametreler olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Hibrit güç sistemi modellemesi

Şebekeye bağlı (on-grid) hidrojen (H_2) destekli hibrit güç sistemi için farklı senaryo kombinasyonları Tablo 1'de sunulmaktadır. Senaryolarda H_2 tank kapasitesi, enerji depolama sistemi (ESS) ve elektrolizör gücü değişken olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda, sistemin farklı bileşen konfigürasyonları altında enerji yönetimi, depolama etkisi ve performans değişimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 1. HGS Senaryoları

<table>
<tr><th colspan="4">ON-GRID (ŞEBEKELİ) SİSTEM (H_2 TANK DEĞİŞKEN)</th></tr>
<tr><th colspan="2">200 kg H_2 Tank</th><th colspan="2">400 kg H_2 Tank</th></tr>
<tr><th>S1 Senaryosu</th><th>S2 Senaryosu</th><th>S3 Senaryosu</th><th>S4 Senaryosu</th></tr>
<tr><td>PV+ESS</td><td>PV</td><td>PV+ESS</td><td>PV</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">SADECE ŞEBEKELİ SİSTEM (H_2 TANK DEĞİŞKEN)</td><td colspan="2">ON-GRID (ŞEBEKELİ) SİSTEM (ELEKTROLİZÖR DEĞİŞKEN)- 200 kg H_2</td></tr>
<tr><td>1000 kW Elektrolizör</td><td>2000 kW Elektrolizör</td></tr>
<tr><td>S5 Senaryosu</td><td>S6 Senaryosu</td><td>S7 Senaryosu</td><td>S8 Senaryosu</td></tr>
<tr><td>200 kg H_2 Tank</td><td>400 kg H_2 Tank</td><td>PV+ESS</td><td>PV+ESS</td></tr>
</table>

ANALİZ SONUÇLARI

Analiz aşamasında, senaryoların ekonomik, teknik ve çevresel performanslarını ortaya koymak amacıyla karşılaştırmalı bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Tablo 1'de verilen sekiz farklı senaryo (S1–S8) dikkate alınmış ve her bir konfigürasyonun sistem çıktıları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Analizler sonucunda elde edilen performans göstergeleri Tablo 2 ve Tablo 3'te özetlenmektedir. Tablo 2'te sistemin ekonomik göstergeleri olan proje sonundaki HGS'nin net bugünkü maliyeti (NPC), seviyeleştirilmiş birim enerji maliyeti (LCOE) ve hidrojen birim üretim maliyeti (LCOH) değerleri ile PV, ESS, invertör, elektrolizör ve H_2 tankı kapasite bilgileri yer almaktadır. Tablo 3'te ise sistemin teknik ve çevresel performans parametrelerini göstermektedir. Bu tabloda geri ödeme süresi (DP), artan enerji oranı (EE), öz tüketim oranı (SCR), öz yeterlilik oranı (SSR), PV ve şebeke katkı oranları ile CO_2 emisyon miktarları verilmiştir. Bu iki tablo birlikte değerlendirildiğinde, sistem bileşenlerinin hem enerji üretim maliyetlerini hem de hidrojen üretim verimliliğini önemli ölçüde etkilediği görülmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 2. HGS Analiz Sonuçları (1)

Senaryo	PV [kW]	ESS [kWh]	Elektrolizör [kW]	H_2 Tank [kg]	NPC [M$]	LCOE [$/kWh]	LCOH [$/kg]
S1	1.415	38	799	200	6,84	0,1618	8,09
S2	1.427	-	796		6,82	0,1614	8,07
S3	1.372	76	797	400	7,01	0,1668	8,34
S4	1.587	-	791		7,00	0,1666	8,33
S5	-	-	908	200	8,38	0,2020	10,10
S6	-	-	912	400	8,55	0,2080	10,40
S7	1.418	38	1.000	200	7,47	0,1782	8,91
S8	1.343	76	2.000		11,11	0,2720	13,60

Tablo 3. HGS Analiz Sonuçları (2)

Senaryo	DP [yıl]	EE [%]	PV [%]	Şebeke [%]	CO_2 [ton/yıl]	SCR [%]	SSR [%]
S1	7,96	7,43	68,0	32,0	647,3	64,23	84,61
S2	7,88	7,64	68,4	31,6	640,5	64,60	84,39
S3	9,02	6,32	67,0	33,0	657,4	63,55	86,04
S4	9,47	11,5	73,0	27,0	570,3	68,38	80,06
S5	20,0	-	-	100	1.809,6	-	-
S6	20,0	-	-	100	1.803,7	-	-
S7	10,03	3,28	70,9	29,1	563,8	68,87	90,61
S8	9,91	1,30	68,7	31,3	595,5	67,12	93,20

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Yalnızca şebekeye bağlı çalışan S5 ve S6 senaryoları, sistemin en yüksek maliyet değerlerine sahiptir. S5'te NPC 8,38 M$ ve LCOE 0,2020 $/kWh, S6'da ise 8,55 M$ ve 0,2080 $/kWh olarak hesaplanmıştır. Buna karşın PV ve ESS entegrasyonu bulunan S1 senaryosunda NPC %18,3 ve LCOE ise %19,9 oranında azalmıştır. Benzer şekilde S2 senaryosu en düşük maliyeti sunarak S6'ya kıyasla %20,8 daha düşük NPC (6,82 M$) ve %22,4 daha düşük LCOE (0,1614 $/kWh) değeriyle ekonomik açıdan en verimli konfigürasyon olmuştur. H_2 depolama kapasitesinin 200 kg'dan 400 kg'a çıkarılması (S1–S3 ve S2–S4 karşılaştırmaları), yatırım maliyetinde yaklaşık %2–3'lük bir artışa yol açarken, enerji üretim maliyetini (LCOE) de %3–4 oranında artırmıştır. Bu durum, büyük H_2 tank kapasitesinin ekonomik açıdan sınırlı katkı sağladığını göstermektedir. Analiz sonuçları, LCOH değerlerinin sistem tasarımına doğrudan bağlı olduğunu göstermektedir. Özellikle PV ve ESS entegrasyonunun bulunduğu senaryolarda (S1–S4), hidrojen üretim maliyetleri 8,07–8,34 $/kg aralığında kalarak, yalnız şebekeye bağlı senaryolara (S5–S6, 10,10–10,40 $/kg) göre yaklaşık %20–25 oranında daha düşük gerçekleşmiştir. Elektrolizör gücünün artırıldığı S8 senaryosunda LCOH değeri 13,60 $/kg'a yükselmiş, bu da yüksek üretim kapasitesinin maliyet açısından verimliliği sınırladığını göstermiştir. Yalnızca şebeke bağlantılı senaryolar (S5–S6) sistemin tüm enerjisini dış kaynaklardan temin ettiği için CO_2 emisyonlarını 1.800 ton/yıl düzeyine çıkarmaktadır. Bu değer, yenilenebilir bileşenlerin kullanıldığı S1–S4 senaryolarına göre yaklaşık %180–200 oranında daha yüksektir. Örneğin, S2 senaryosunda CO_2 emisyonu 640,5 ton/yıl olup, şebeke tabanlı sisteme göre %64,5'lik bir azalma sağlamıştır. Ayrıca S2 ve S4 senaryolarında şebeke bağımlılığı oranı %27–31 aralığında gerçekleşmiş, yalnız şebekeli sistemlere kıyasla %70–73 oranında dış enerji bağımlılığı azalmıştır. Aynı senaryolarda SSR %84–80 düzeyinde olup, S7 senaryosunda %90,6'ya, S8 senaryosunda ise %93,2'ye kadar yükselmiştir. Bu sonuçlar, yenilenebilir bileşenlerin entegrasyonunun sistemin kendi kendine yeterlilik düzeyini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Elektrolizör kapasitesinin artırıldığı S7–S8 senaryolarında, hidrojen üretim kabiliyeti artmakla birlikte ekonomik maliyetlerde belirgin yükseliş görülmüştür. S8 senaryosunda NPC, S1'e kıyasla %62 oranında artarak 11,11 M$'a, LCOE ise %68 artışla 0,2720 $/kWh'ye çıkmıştır. Bu artış, yüksek elektrolizör gücünün yatırım maliyetlerini ciddi biçimde etkilediğini göstermektedir. Buna karşın çevresel performans açısından bakıldığında, S7 senaryosu en dengeli sonuçları vermiştir. CO_2 emisyonu 563,8 ton/yıl ile en düşük seviyeye inmiş, bu da yalnız şebeke sistemine göre %69'luk bir emisyon azaltımı anlamına gelmektedir. Ayrıca SSR %90,61 ve SCR %68,87 değerleriyle sistemin yüksek oranda yenilenebilir PV enerji kaynaklara dayandığı görülmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, metropol ölçekte hidrojen odaklı hibrit enerji yapılarının uygulanabilirliğini değerlendirmek amacıyla sekiz farklı PV–ESS–H_2 senaryosunu ekonomik, teknik ve çevresel göstergeler üzerinden karşılaştırmıştır. Analizler, yenilenebilir bileşen entegrasyonunun sistem performansı üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. PV tabanlı konfigürasyonlarda NPC,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

LCOE ve LCOH değerleri yaklaşık %20 daha düşük gerçekleşmiş; hidrojen üretim maliyeti 8,07–8,34 $/kg aralığında kalarak hem ekonomik uygulanabilirlik hem de rekabetçi maliyet başarısı sağlamıştır. Buna karşın yalnız şebekeye dayalı yapıların 10 $/kg'ın üzerinde LCOH üretmesi ve 1.800 ton/yıl düzeyinde CO_2 salımı yapması, bu senaryoların çevresel ve finansal açıdan sürdürülebilir olmadığını göstermiştir. Elektrolizör gücünün büyütüldüğü senaryolarda hidrojen üretimi artmış olsa da maliyet katsayıları ters yönde yükselmiş; bu nedenle optimum dengeyi sağlayan S7 senaryosu öne çıkmıştır. Bulgular, hibrit yapılarda birincil tasarım önceliğinin PV+ESS entegrasyonunun maksimize edilmesi, ikincil tasarım kriterinin ise elektrolizör kapasitesinin maliyet–üretim dengesi gözetilerek belirlenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çerçevede çalışma, şebeke bağlantılı PV–H_2 sistemlerinin yalnızca teknik açıdan değil, karbon azaltımı, şebekeden bağımsızlık ve uzun vadeli LCOH iyileştirmesi boyutlarında da güçlü bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Bulgular aynı zamanda, İstanbul gibi talep volatilitesi yüksek kentlerde yenilenebilir tabanlı hidrojen altyapısının ölçeklenebilir, uygulanabilir ve politika hedefleriyle uyumlu bir çözüm olduğunu teyit etmektedir. Sonuç olarak, doğru boyutlandırılmış hibrit hidrojen sistemlerinin şehir ölçeğinde enerji dönüşümüne katkı sağlayabilecek etkin bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Gelecek çalışmalarda dinamik tarife yapıları, saatlik talep oynaklığı, yapay zekâ tabanlı enerji yönetimi, elektrolizör degradasyonu ve farklı piyasa senaryoları modele entegre edilerek, hem maliyet doğruluğu hem de operasyonel gerçekçilik daha da güçlendirilebilir.

REFERANSLAR

Acar C, Dincer I 2021. Transition to hydrogen economy: A techno-economic and environmental perspective. *International Journal of Energy Research*, 45(3): 3451–3465.

Affandi NAA 2024. Green hydrogen-solar photovoltaic system hybrid: environmental and economic viability assessment. *International Journal of Hydrogen Energy*.

Albarrak AA, Sowilam GM, Kawady TA 2025. Hybrid renewable energy systems in Saudi Arabia: exploring solar-wind integration with hydrogen fuel cell storage. *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*.

Alharthi YZ 2024. An analysis of hybrid renewable energy-based hydrogen and power production systems. *Processes*, 12(6): 1201.

Azzaoui A, et al. 2025. Hybrid CSP-PV combination to enhance green hydrogen production: techno-economic assessment. *Processes*, 13: 769.

Barthelemy H, Weber M, Barbier F 2020. Perspectives on hydrogen energy storage and grid integration. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(10): 5555–5571.

Dincer I, Acar C 2015. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(34): 11094–11111.

Dursun B, Alboyacı B 2020. Modeling and performance analysis of a hybrid PV–battery–hydrogen system for Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 15(5): 235–247.

Ghosh A, et al. 2025. Solar-Powered Green Hydrogen from Electrolyzer (PV-H_2): system configuration review and analysis. *Solar RRL*.

Green Hydrogen Energy Systems: A Review on Their Contribution to Near-Zero Emissions 2024. *Energies*, 17(13): 3110.

Hydrogen as a Clean Energy Carrier: Advancements, Challenges, and Its Role in a Sustainable Energy Future 2024. *Clean Energy*, 9(1): 52–67.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

International Energy Agency (IEA) 2023. *Global Hydrogen Review 2023. Paris: IEA Publications*, 112 pp.

International Energy Agency (IEA) 2023. *World Energy Outlook 2023. Paris: IEA Publications*, 438 pp.

International Renewable Energy Agency (IRENA) 2022. *Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal*. Abu Dhabi: IRENA.

International Renewable Energy Agency (IRENA) 2024. *Renewable Power Generation Costs in 2023*. Abu Dhabi: IRENA.

Koutroulis E, Marinakis V, Kolokotsa D, Papadakis G 2022. Optimization of a hybrid PV/hydrogen system using HOMER Pro for island applications. *Applied Energy*, 310: 118525.

Lund H, Mathiesen BV, Connolly D, Østergaard PA 2022. Smart energy systems and storage integration for renewable cities. *Energy*, 247: 123453.

Mahmoud MM, El-Sayed MA 2021. Simulation and optimization of a solar–hydrogen hybrid energy system in desert conditions. *Energy Reports*, 7: 1534–1546.

Memon S, Sattar A, Rehman S 2022. HOMER-based optimization of PV–hydrogen hybrid energy systems. *Sustainability*, 14(11): 6550.

Ministry of Energy and Natural Resources (ETKB) 2023. *Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi ve Yol Haritası*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yayını.

Oliveira GNS, et al. 2024. Comprehensive case study on the technical feasibility of green hydrogen production via PV systems. *Environmental Science & Engineering Research*, (2024).

Parra D, Valverde L, Pino FJ, Patel MK 2019. Hydrogen as a long-term energy storage solution – Assessment of key parameters. *Energy Conversion and Management*, 200: 112090.

Rezk H, Abdelkader S, Fathy A 2022. Techno-economic analysis of hybrid PV–wind–hydrogen systems for off-grid applications. *Renewable Energy*, 190: 567–578.

REN21 2024. *Renewables 2024 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.

Sinha S, Chandel SS 2021. Review of recent trends in optimization techniques for solar-based hybrid energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138: 110535.

Sustainable Hydrogen Production: A Review of Methods, Types and Applications 2025. *Global Challenges*, 9(1): e202500086.

Yasmin R, Nabi MN, Rashid F, Hossain MA 2025. Solar, Wind, Hydrogen, and Bioenergy-Based Hybrid System for Off-Grid Remote Locations: Techno-Economic and Environmental Analysis. *Clean Technologies*, 7(2): 36.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DEGRADATION-CONSCIOUS ENERGY MANAGEMENT FOR RENEWABLE MICROGRIDS: A COMPARATIVE ASSESSMENT OF BATTERY AGING FUNCTIONS

Asmaa Elbarbary[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

[1]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[*2]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[3]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[4]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[1]ORCID Code: -

[*2]ORCID Code: **0000-0002-4411-411X**

[3]ORCID Code: **0000-0002-1038-7224**

[4]ORCID Code: **0000-0002-1518-432X**

ABSTRACT

The integration of energy storage systems (ESS) into renewable-based microgrids is increasingly constrained by the lifetime limitations of batteries, making degradation-aware modeling a vital component of optimization frameworks. This study systematically evaluates the applicability of multiple cycle and calendar aging formulations derived from experimental findings by embedding them into a Python–Gurobi optimization framework for prosumer-based microgrid operation. Three representative models of each aging type are cross-combined to generate nine scenarios, of which five were retained for detailed analysis after excluding those that distorted the optimization results or conflicted with the operational logic of the developed energy management algorithm. The findings demonstrate that degradation model selection substantially influences both projected lifetime capacity fade and techno-economic outcomes, including cost of electricity (COE), renewable fraction (RF), and carbon emissions. Notably, sophisticated calendar aging models that account for state-of-charge effects amplify degradation under partial or high state of charge (SoC) conditions, yielding up to threefold higher capacity fade compared to simplified approaches. Meanwhile, the economic impact of degradation emerges indirectly through altered charging–discharging dynamics, as replacement costs are not explicitly monetized in the objective function. The results highlight that overlooking degradation pathways may lead to overly optimistic projections of system sustainability and renewable penetration. By confirming that degradation-aware optimization alters the operational feasibility and environmental footprint of microgrids, this work underscores the necessity of carefully selecting aging formulations in decision-making processes. The study contributes methodological insights into

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

balancing cost minimization and battery health preservation, offering a foundation for future research on robust, degradation-conscious energy management in renewable-based microgrids.

Keywords: Battery degradation modeling, cycle and calendar aging, microgrid optimization, prosumer energy management, energy storage systems.

INTRODUCTION

The rapid deployment of renewable energy sources has transformed the structure of modern microgrids, where prosumers simultaneously generate and consume electricity while relying on energy storage systems to balance the inherent intermittency of renewable generation. Among various storage technologies, batteries play a critical role; however, their economic and technical performance is significantly influenced by degradation mechanisms that shorten their lifetime and increase overall system costs. Consequently, the integration of accurate degradation models into microgrid optimization frameworks has emerged as a crucial research direction in recent years (Muqeet et al., 2019).

A variety of approaches have been proposed in the literature to address battery aging in renewable-based systems. Multi-stage optimization strategies that jointly minimize lifecycle cost and account for degradation have demonstrated that aging-aware scheduling can substantially reduce curtailment and improve resource utilization (Faraji et al., 2020). Similarly, mixed-integer linear programming (MILP) formulations have been developed to incorporate linear degradation models, revealing that optimal battery sizing becomes markedly smaller once realistic lifetime effects are considered (Terkes et al., 2025). In parallel, detailed physicochemical lifetime models have been applied to residential PV-battery systems, highlighting the importance of depth of discharge (DoD), state of charge (SoC), and current-dependent factors in predicting battery replacement requirements (Sharma et al., 2024). Furthermore, comparative analyses of energy management strategies, such as rule-based control and linear programming, have shown that degradation-aware formulations not only improve economic returns but also extend service life by reducing unnecessary cycling (Khanahmadi et al., 2021). Beyond operational strategies, recent studies have explored advanced optimization frameworks for unit commitment and energy management that integrate battery aging constraints. Improved particle swarm optimization (PSO) algorithms have been employed to jointly optimize renewable resources, electric vehicles, and batteries, demonstrating enhanced robustness and reliability when degradation is considered (Terkes et al., 2024b). Degradation costs have also been explicitly modeled in community microgrids using modified PSO techniques with dynamic penalty functions, which significantly reduce operating costs while extending battery lifetime (Cardoso et al., 2018). In addition, lithium-ion storage planning studies incorporating both cycle and calendar aging have proposed dual formulations that enable more accurate sizing and reduce replacement frequency (Alramlawi and Li, 2020). From another perspective, multi-objective control approaches considering household loads and electric

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

vehicles as virtual batteries have confirmed that cost reduction, emission mitigation, and battery life extension can be achieved simultaneously (Ouédraogo et al., 2021).

Metaheuristic-based energy management systems have further advanced the field by integrating fuzzy decision-making techniques with aging-aware objective functions, resulting in more balanced trade-offs between economy, emissions, and technical performance (Manoharan et al., 2024). Similarly, comparative analyses of different battery chemistries under deterministic, stochastic, and robust planning frameworks have highlighted the necessity of selecting appropriate storage technologies to mitigate uncertainty and degradation risks (Hossain et al., 2019). Taken together, these contributions demonstrate that degradation-aware optimization is indispensable for ensuring both the technical feasibility and economic viability of microgrids under renewable integration (Mostafa et al., 2020; Han, Li and Wang, 2022; Fallahifar and Kalantar, 2023; Alanazi et al., 2024).

Despite this progress, a critical gap remains regarding the applicability of different cycle and calendar aging models in optimization-based decision-making frameworks. Most existing studies adopt either simplified linear representations or single-chemistry assumptions, thereby limiting their generalizability across diverse scenarios. The present study addresses this gap by systematically evaluating multiple deterministic degradation functions derived from experimental findings. By combining three cycle-aging and three calendar-aging models into nine cross-scenarios and embedding them as operational constraints within a Python–Gurobi optimization framework, this research assesses their feasibility and influence on microgrid operation with heterogeneous prosumer profiles. The originality of this work lies in simultaneously questioning the practicality of incorporating such models into optimization problems and analyzing how different formulations affect the balance between economic performance, environmental sustainability, and technical robustness. In doing so, the study contributes to advancing the methodological foundation for designing renewable-based microgrids that minimize electricity costs while explicitly accounting for the long-term implications of battery degradation.

MATHEMATICAL MODELING, OPTIMIZATION FRAMEWORK, AND PERFORMANCE METRICS

The simulations are carried out in the Python–Gurobi environment. Both electrical load and photovoltaic (PV) generation datasets are synthetically constructed, with Antalya selected as the case study region due to its high solar irradiation potential. PV generation profiles are obtained from PVGIS using the city's geographical coordinates, while load demand patterns are derived from HOMER. To capture variability, five distinct prosumer profiles are generated with stochastic elements incorporated. Following the approach in (Terkes et al., 2024a), the optimal PV and ESS capacities are determined using PSO, which minimizes electricity expenditures. As a result, the PV capacities for prosumers 1–5 are set to 5, 5, 4, 5, and 4.5 kW, respectively, while the corresponding ESS capacities

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

are determined as 4, 5.5, 5.5, 5.5, 3, and 4 kWh. In the optimization framework, hourly demand and PV generation values from the Excel dataset are used as inputs. For each prosumer k and time step t, the total electrical load demand ($P_{k,t}^{L}$) is met by the combined contributions of PV-to-load ($P_{k,t}^{PV2L}$), ESS-to-load ($P_{k,t}^{B2L}$), and grid-to-load ($P_{k,t}^{G2L}$), as expressed in Equation (1). Similarly, the available PV generation ($P_{k,t}^{PV_{gen}}$) is allocated across PV-to-load, PV-to-ESS ($P_{k,t}^{PV2B}$), PV-to-grid ($P_{k,t}^{PV2G}$), and curtailed PV ($P_{k,t}^{PV_{cur}}$), as shown in Equation (2).

$$P_{k,t}^{L} = P_{k,t}^{PV2L} + P_{k,t}^{B2L} + P_{k,t}^{G2L} \quad , \quad \forall k,t \tag{1}$$

$$P_{k,t}^{PV_{gen}} = P_{k,t}^{PV2L} + P_{k,t}^{PV2B} + P_{k,t}^{PV2G} + P_{k,t}^{PV_{cur}} \quad , \quad \forall k,t \tag{2}$$

When the ESS reaches full charge and PV generation surpasses the local demand, the $P_{k,t}^{PV2G}$ export is capped at 40% of the installed PV capacity (C_{k}^{PV}), as expressed in Equation (3). This restriction is imposed to mitigate potential power quality issues in the distribution network, even though higher injections could provide additional revenue. The total grid injection, consisting of $P_{k,t}^{PV2G}$ and ESS-to-grid ($P_{k,t}^{B2G}$) flows, is further regulated by introducing binary variable u_{t1}, which prevents simultaneous grid import and export, as formulated in Equations (4)–(6). Likewise, a second binary variable u_{t2} ensures that ESS charging and discharging cannot occur within the same time step, as expressed in Equations (7)–(8). To enforce these operational constraints while maintaining feasibility, sufficiently large coefficients M and c are incorporated without violating the SoC boundaries.

$$P_{k,t}^{PV2G} \leq 40\% \,.\, C_{k}^{PV} \quad , \quad \forall k,t \tag{3}$$

$$P_{k,t}^{G_{injected}} = P_{k,t}^{PV2G} + P_{k,t}^{B2G} \quad , \quad \forall k,t \tag{4}$$

$$P_{k,t}^{G_{injected}} \leq M.u_{t1} \quad , \quad \forall k,t \tag{5}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$P_{k,t}^{G_{used}} = P_{k,t}^{G2L} \leq M.(1 - u_{t1}) \quad , \quad \forall k,t \tag{6}$$

$$P_{k,t}^{ESS_{chr}} \leq c.u_{t2} \quad , \quad \forall k,t \tag{7}$$

$$P_{k,t}^{ESS_{disch}} = c.(1 - u_{t2}) \quad , \quad \forall k,t \tag{8}$$

The state of energy of the ESS ($SoE_{k,t}^{ESS}$) is updated according to Equation (9), which considers the state of the previous time step ($SoE_{k,t-1}^{ESS}$), the charging power ($P_{k,t}^{ESS_{chr}}$) adjusted by the charging efficiency (η_{chr}), and the discharging power ($P_{k,t}^{ESS_{disch}}$) corrected by the discharging efficiency (η_{disch}). To preserve operational reliability, SoC boundaries are imposed between 20% and 90%.

$$SoE_{k,t}^{ESS} = SoE_{k,t-1}^{ESS} + P_{k,t}^{ESS_{chr}}\eta_{chr} - \frac{P_{k,t}^{ESS_{disch}}}{\eta_{disch}} \quad , \quad \forall k,t \tag{9}$$

Battery degradation is modeled by integrating both calendar aging and cycle aging mechanisms. Calendar aging reflects the gradual loss of capacity over time, even in the absence of active operation, and is influenced by factors such as temperature, SoC, and storage duration. In this study, three representative models are considered: **(i)** an Arrhenius-based model, where capacity loss (Q_{CalA}) increases exponentially with temperature and time (Equation (10)); **(ii)** a root-time model, which combines Arrhenius-type temperature dependence with a square-root time function (Equation (11)); and **(iii)** an extended multi-parameter model, explicitly incorporating SoC effects in addition to temperature and time dependencies (Equation (12)).

$$Q_{CalA1} = B.e^{-\frac{E_a}{R.T}}.t^z \tag{10}$$

$$Q_{CalA2} = A_0.e^{-\frac{E_a}{R.T}}.\sqrt{t} \tag{11}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$Q_{CalA3}(t,T,SoC) = A.e^{B.SoC}.e^{-\frac{E_a+C.SoC}{R.T}}.t^z \quad (12)$$

Cycle aging, on the other hand, captures the degradation arising from repetitive charge–discharge cycling, and is governed by parameters such as cycle number, temperature, and C-rate. Three formulations are considered in this study. The first one is a C-rate and temperature-dependent model, where both effects are represented via exponential terms and the pre-exponential factor and activation energy are themselves functions of the C-rate, as shown in Equations (13)–(15). The second one is a dual-temperature model, which separately accounts for degradation contributions at low and high temperature regimes (Equation (16)). The third one is a throughput-based model, which directly relates capacity loss to cumulative Ah throughput and C-rate, thus providing a simple yet effective characterization of cycling-induced aging (Equation (17)).

$$Q_{CA1} = A(C).e^{-\frac{E_a(c)}{R.T}}.n^{0.74} \quad (13)$$

$$A(C) = e^{ac^2+bc+c} \quad (14)$$

$$E_a(c) = xe^{yc} + z \quad (15)$$

$$Q_{CA2} = A_L.e^{\frac{E_a^L}{R.T}} + A_h.e^{-\frac{E_a^h}{R.T}} \quad (16)$$

$$Q_{CA3} = A.C^B.throughput_{Ah} \quad (17)$$

In these formulations, the variable Q denotes the cumulative capacity loss estimated by each model. The degradation mechanisms are expressed as functions of several key parameters. The activation energy, denoted as E_a and represented in some cases with subscripts such as E_a^L, E_a^h, or $E_a(c)$, captures the sensitivity of electrochemical reactions to temperature in accordance with Arrhenius' law. The universal gas constant R and the absolute temperature T together determine the thermal

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

contribution to degradation. Time t reflects the duration of storage in calendar aging models, while the SoC represents the average charge level of the battery, a factor that significantly accelerates calendar degradation at higher values. Also, the coefficients A, A_0, $A(C)$, A_L, and A_h serve as experimentally derived scaling factors calibrated under specific test conditions. Similarly, parameters B and C, when used as empirical constants in the exponential or polynomial terms, adjust the influence of SoC and C-rate on the predicted degradation. In some calendar models, an additional time exponent z is included to generalize the temporal dependence. Collectively, these parameters establish a flexible framework in which temperature, cycling conditions, charge level, and operational history are simultaneously accounted for, allowing the models to reproduce a wide range of experimentally observed degradation behaviors. By incorporating both calendar and cycle aging pathways, the model ensures a more realistic estimation of long-term ESS performance under varying operational and environmental conditions.

Overall, the total degradation of the ESS is obtained by combining the selected calendar and cycle aging models, yielding the overall capacity loss ($Q_{k,t}^{tot}$). Consequently, the updated ESS capacity at time t is calculated as in Equation (18):

$$Q_{k,t}^{tot} = Q_{k,t}^{cyc} + Q_{k,t}^{cal} \quad , \quad \forall k, t \tag{18}$$

The developed model aims to minimize the total system cost based on the energy generation and consumption profiles of five distinct prosumers. The system is modeled on an hourly basis over a one-year horizon, considering the use of batteries, interactions with the grid, and the balance of PV generation for each prosumer. The objective function is therefore formulated to minimize the total cost, which comprises the expenses associated with electricity purchases from the grid, revenues from energy sales back to the grid, and incentives for prioritizing the charging of the ESS with PV generation, thereby encouraging self-consumption. Battery aging is not explicitly included as a cost component in the objective function; however, both calendar and cycle aging mechanisms are integrated into the model through operational constraints. In this way, the feasibility of operating strategies that prioritize self-consumption can be assessed while simultaneously observing the potential implications of neglecting battery degradation in the cost minimization process. Mathematically, the objective function can be expressed as:

$$TC_{k,t}^{MG} = P_{k,t}^{G_{used}} . Cost_{k,t}^{GP} - P_{k,t}^{G_{injected}} . Cost_{k,t}^{GS} \quad , \quad \forall k, t \tag{18}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$objective = min\left(\sum_{k,t}\left(TC_{k,t}^{MG}\right) - \sum_{k,t}\left(P_{k,t}^{PV2B}\right)\right) \quad (18)$$

Here, $P_{k,t}^{G_{used}}$ represents the energy purchased from the grid by prosumer k at hour t in kilowatt-hours, $Cost_{k,t}^{GP}$ denotes the corresponding time-of-use (ToU) grid purchase price, $P_{k,t}^{G_{injected}}$ is the energy sold to the grid by prosumer k at hour t, and $Cost_{k,t}^{GS}$ indicates the grid feed-in tariff.

This study focuses on the suitability and selection of battery aging functions in a multi-stage microgrid framework that integrates renewable energy while accounting for both electricity cost minimization and battery health preservation. To represent degradation, deterministic and widely adopted formulations reported in the literature, derived from experimental findings, are employed for both cycle aging and calendar aging. Specifically, three representative models for cycle aging and three for calendar aging are considered, which are then cross-combined to construct nine distinct scenarios. These formulations are incorporated into the energy management algorithm, previously expressed through mathematical equations, and implemented in Python using Gurobi. The objective is not to minimize degradation directly but rather to examine how different aging models, when embedded in the optimization framework, influence operational outcomes in terms of economic efficiency, environmental sustainability, and technical feasibility. Furthermore, the applicability of each formulation within the optimization problem is critically assessed. In this way, the analysis addresses fundamental questions regarding the interplay between cost-effectiveness, sustainability, and technical feasibility, thereby revealing practical insights for prosumers in microgrids.

The optimization framework is implemented in Python using the Gurobi solver, ensuring efficient solution of the large-scale problem. The decision variables obtained from the solver are post-processed into hourly datasets for each prosumer, which are subsequently exported to Excel for further evaluation. These outputs are assessed with respect to several techno-economic and environmental performance indicators, summarized in Table 1. The cost of electricity (COE, $/kWh) is defined as the ratio of the overall microgrid operational expenditure to the aggregate electricity demand. The renewable fraction (RF) quantifies the share of demand met by renewable resources and is expressed as one minus the proportion of grid-supplied power relative to the total load. To capture environmental impact, the carbon emissions are estimated by multiplying the grid-supplied electricity with the average emission factor of Türkiye's interconnected power system (0.4261 kg CO_2/kWh). For power balance, when PV output exceeds the load at a given interval, the feed-in power (P_F) represents the surplus energy injected into the grid after accounting for both load and energy storage system (ESS) operation. Conversely, if the load surpasses available PV generation, the grid import (P_G) is obtained

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

as the residual demand not covered by PV and ESS. Self-consumption and self-sufficiency are captured through two complementary indices. The self-consumption ratio (SCR) measures the fraction of PV production utilized locally, computed as the difference between PV output and exported feed-in power normalized by total PV generation. In contrast, the self-sufficiency ratio (SSR) evaluates the share of demand satisfied through PV and ESS, obtained as one minus the ratio of grid-supplied energy to the total load. Thus, SCR indicates how efficiently on-site PV is consumed, whereas SSR reflects the dependency level on the external grid. Finally, in conditions where PV production exceeds demand and the ESS is fully charged, the excess generation is treated as curtailed. The curtailment rate (CE) is expressed as the ratio of curtailed energy to total PV generation, thereby representing the system's utilization efficiency.

Table 1. Decision Criteria

Metric	Formulation	Metric	Formulation
COE	$\frac{\sum(TotalCost)}{\sum(P_{load})}$	SCR	$\frac{\int P_{PV}dt - \int P_F dt}{\int P_{PV}dt}$
RF	$1 - \frac{\sum(P_{GP})}{\sum(P_{load})}$	SSR	$\frac{\int P_L dt - \int P_G dt}{\int P_L dt}$
CO_2	$0.4261 \sum P_{GP}$	CE	$\sum P_{curtailment}$

OPTIMIZATION RESULTS AND DISCUSSION

The performance evaluation of the proposed optimization framework is carried out under nine distinct degradation scenarios, each constructed by cross-combining three cycle aging (CA1–CA3) and three calendar aging (CalA1–CalA3) formulations. These scenarios are summarized in Table 1, which provides an overview of the modeling configurations. To highlight the techno-economic and environmental implications of different degradation pathways, representative results are reported for five prosumers across selected scenarios (S1, S2, S4, S5, S7), as shown in Table 2. Although nine scenarios were initially formulated, only five (S1, S2, S4, S5, and S7) were retained for detailed evaluation. The remaining cases were excluded because their results were found to distort the optimization outcomes and did not align with the operational logic of the developed energy management code. In particular, certain combinations of calendar and cycle aging models produced infeasible or inconsistent system behaviors, such as unrealistic self-sufficiency ratios or negative curtailment rates, which conflicted with the structural constraints of the optimization framework. Including such scenarios would have biased the comparative analysis, potentially masking the genuine impacts of degradation-aware formulations. Therefore, the discussion focuses on the subset of scenarios that ensured computational feasibility and meaningful interpretation within the proposed modeling environment.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 2. Cross-combination of Cycle Aging and Calendar Aging Models Forming Nine Scenarios

S1	**S2**	**S3**	**S4**	**S5**	**S6**	**S7**	**S8**	**S9**
CA1	CA2	CA3	CA1	CA2	CA3	CA1	CA2	CA3
CalA1			CalA2			CalA3		

Table 3. Optimization Outcomes of Selected Scenarios for Individual Prosumers

Prosumer	**Parameter**	**S1**	**S2**	**S4**	**S5**	**S7**
1	Aging (%)	0.2023	0.0631	0.6751	0.5353	0.3802
	• CA	0.1978	0.058	0.1978	0.058	0.2086
	• CalA	0.0045	0.0051	0.4773	0.4773	0.1716
	COE ($/kWh)	0.0299	0.0269	0.0299	0.0263	0.0317
	RF (%)	98.55	97.98	98.55	96.92	100
	SCR (%)	70.39	69.98	70.39	69.22	50
	SSR (%)	98.55	97.98	98.55	96.92	200
	CO_2 (kg/yr)	946.19	866.89	946.18	842.04	1611.3
2	Aging (%)	0.2501	0.0638	0.8411	0.6541	0.4632
	• CA	0.2445	0.0575	0.2445	0.0575	0.2610
	• CalA	0.0056	0.0063	0.5966	0.5966	0.2022
	COE ($/kWh)	0.0409	0.0387	0.0409	0.0380	0.0424
	RF (%)	77.64	76.95	77.64	76.22	21.64
	SCR (%)	70.64	70.02	70.65	69.35	71.10
	SSR (%)	77.64	76.95	77.64	76.22	58.98
	CO_2 (kg/yr)	1123.9	1067.6	1123.9	1037.5	995.16
3	Aging (%)	0.3369	0.0681	1.13	0.8556	0.6583

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

	• CA	0.3294	0.06	0.3294	0.06	0.3503
	• CalA	0.0075	0.0081	0.8006	0.7956	0.3080
	COE ($/kWh)	0.0472	0.0458	0.0472	0.0456	0.0488
	RF (%)	56.75	56.98	49.85	55.60	22.26
	SCR (%)	66.68	66.96	66.69	65.34	71.50
	SSR (%)	56.75	56.98	49.85	55.60	60.37
	CO_2 (kg/yr)	1318.3	1285.8	1140.1	1276.7	1172.3
4	Aging (%)	0.4975	0.0677	1.68	1.25	0.9024
	• CA	0.4863	0.055	0.4863	0.055	0.5212
	• CalA	0.0112	0.0127	1.19	1.20	0.3812
	COE ($/kWh)	0.0485	0.0481	0.0485	0.0467	0.0502
	RF (%)	49.85	49.85	49.85	50.76	14.57
	SCR (%)	86.02	86.01	86.02	87.60	68.16
	SSR (%)	49.85	49.85	49.85	50.76	51.57
	CO_2 (kg/yr)	1140.1	1123.4	1140.1	1081	1343.7
5	Aging (%)	0.9891	0.0784	3.35	2.45	2.18
	• CA	0.9666	0.06	0.9666	0.06	1.05
	• CalA	0.0225	0.0184	2.38	2.39	1.13
	COE ($/kWh)	0.0631	0.0621	0.0631	0.0622	0.0637
	RF (%)	24.47	24.55	24.47	24.46	50.41
	SCR (%)	85.15	85.43	85.15	85.13	86.14
	SSR (%)	24.47	24.55	24.47	24.46	103.81
	CO_2 (kg/yr)	1463.5	1439.8	1463.5	1443	1172.1

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The results reveal that the choice of degradation model exerts a substantial influence on both the estimated lifetime losses and the operational outcomes of the microgrid. As seen in Table 2, the aging rate varies markedly across scenarios, with CalA3-based formulations (e.g., S4 and S5) yielding considerably higher capacity fade compared to simpler representations such as CalA1 (S1). This difference originates from the explicit consideration of SoC effects in CalA3, which amplifies degradation during extended periods of partial or high SoC storage. For instance, Prosumer 5 experiences an aging level of 3.35% under S4, while the corresponding value is below 1% under S1, underscoring how the selection of model significantly alters lifetime projections.

A closer inspection of the decomposition into cycle and calendar contributions highlights that cycle aging dominates the total degradation in scenarios with simplified calendar models, whereas the relative importance of calendar effects becomes pronounced under more sophisticated formulations. This finding is consistent across all prosumers, confirming that neglecting calendar influences may lead to underestimation of degradation in real-world applications.

From an economic perspective, the cost of electricity (COE) remains relatively stable across scenarios, typically in the range of 0.026–0.063 $/kWh, with slight increases in cases involving more aggressive aging models. These differences reflect the indirect impact of degradation constraints on operational flexibility rather than direct cost penalties, since battery replacement costs are not explicitly monetized in the objective function. Nonetheless, the observed trade-offs demonstrate that overly restrictive degradation-aware constraints may lead to higher reliance on grid imports, thereby raising COE values.

Regarding renewable penetration, the RF exhibits strong dependence on the scenario. Prosumers with larger PV-to-load ratios generally achieve higher RF values, yet the introduction of restrictive degradation models reduces renewable utilization in some cases. For example, Prosumer 1 maintains near-complete renewable coverage (98–100%) across scenarios, whereas Prosumer 5 exhibits RF values as low as 24% under S1 and S4, but this value improves to over 50% under S7 due to altered charging/discharging behavior driven by the degradation formulation.

Complementary performance indices further illustrate these dynamics. The SCR tends to remain high, particularly for prosumers with significant storage relative to load, exceeding 85% in several scenarios. However, the SSR displays wider variation, ranging from below 25% to above 100%, depending on the balance between local generation, storage operation, and grid exchanges. The CO_2 emissions follow a similar pattern, with higher grid dependency translating into increased carbon intensity. For example, Prosumer 3 emits around 1300 kg CO_2 annually under S1, while Prosumer 5 records lower emissions under S7 due to improved renewable utilization.

Overall, the comparative assessment reveals that the inclusion of detailed degradation models not only alters projected lifetime fade but also shapes the operational outcomes of the microgrid in terms of

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

cost, renewable fraction, and carbon footprint. The results emphasize that model selection is not merely a methodological detail but a decisive factor influencing the practical feasibility and sustainability of microgrid operation. Hence, incorporating appropriate battery aging functions into optimization frameworks is essential for deriving realistic and actionable insights for both researchers and practitioners.

CONCLUSION AND FUTURE SUGGESTIONS

This study has revealed that the integration of experimentally derived degradation models into optimization frameworks significantly alters the projected performance of renewable-based microgrids. The results show that capacity fade varies widely depending on the selected formulation, with SoC–dependent calendar models yielding substantially higher degradation levels than simplified representations. These differences propagate to techno-economic and environmental outcomes, particularly in terms of renewable fraction, grid dependency, and carbon emissions. Importantly, the inclusion of sophisticated aging models revealed indirect economic effects, as constraints on charging and discharging dynamics led to higher reliance on grid imports and, consequently, to increases in the cost of electricity. At the same time, scenarios that produced inconsistent or infeasible outcomes were excluded from the analysis, since they distorted optimization results and conflicted with the operational logic of the energy management algorithm. This emphasizes the practical challenge of embedding complex degradation functions into computational models while preserving interpretability and feasibility.

Looking forward, several avenues of research emerge. First, future work should investigate hybrid formulations that balance model complexity with computational efficiency, potentially combining simplified empirical models with physics-informed corrections. Second, the economic dimension of battery degradation can be made more explicit by integrating replacement and recycling costs into the objective function, thereby linking technical aging constraints directly to financial outcomes. Third, further studies could extend the framework to different chemistries, environmental conditions, and uncertainty-aware formulations to capture the stochastic nature of renewable resources and load demand. Finally, coupling degradation-aware optimization with advanced control strategies such as reinforcement learning or digital twins may provide real-time adaptability, ensuring that microgrids remain both economically competitive and technically robust under long-term operational scenarios. By bridging methodological rigor with practical applicability, future studies can advance the role of degradation-aware frameworks in shaping the sustainable evolution of prosumer-driven microgrids.

REFERENCES

Alanazi, M., Alanazi, A., Memon, Z.A., Awan, A.B. and Deriche, M., 2024. Multi-Objective Energy Management in Microgrids: Improved Honey Badger Algorithm with Fuzzy Decision-Making and Battery Aging Considerations. *Energies*, [online] 17(17). https://doi.org/10.3390/en17174373.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Alramlawi, M. and Li, P., 2020. Design optimization of a residential pv-battery microgrid with a detailed battery lifetime estimation model. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(2), pp.2020–2030. https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2965894.

Cardoso, G., Brouhard, T., DeForest, N., Wang, D., Heleno, M. and Kotzur, L., 2018. Battery aging in multi-energy microgrid design using mixed integer linear programming. *Applied Energy*, [online] 231, pp.1059–1069. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.185.

Fallahifar, R. and Kalantar, M., 2023. Optimal planning of lithium ion battery energy storage for microgrid applications: Considering capacity degradation. *Journal of Energy Storage*, [online] 57(December 2022), p.106103. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106103.

Faraji, J., Abazari, A., Babaei, M., Muyeen, S.M. and Benbouzid, M., 2020. Day-Ahead Optimization of Prosumer Considering Battery Depreciation and Weather Prediction for Renewable Energy Sources. *Applied Sciences*, [online] 10(8), p.2774. https://doi.org/10.3390/app10082774.

Han, X., Li, X. and Wang, Z., 2022. An optimal control method of microgrid system with household load considering battery service life. *Journal of Energy Storage*, [online] 56, p.106002. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106002.

Hossain, M.A., Pota, H.R., Squartini, S., Zaman, F. and Muttaqi, K.M., 2019. Energy management of community microgrids considering degradation cost of battery. *Journal of Energy Storage*, [online] 22, pp.257–269. https://doi.org/10.1016/j.est.2018.12.021.

Khanahmadi, A., Mozaffarilegha, M., Manthouri, M. and Ghaffarpour, R., 2021. A novel economic method of battery modeling in stand-alone renewable energy systems to reduce life cycle costs. *Journal of Energy Storage*, [online] 44, p.103422. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103422.

Manoharan, P., Chandrasekaran, K., Chandran, R., Ravichandran, S., Mohammad, S. and Jangir, P., 2024. An effective strategy for unit commitment of microgrid power systems integrated with renewable energy sources including effects of battery degradation and uncertainties. *Environmental Science and Pollution Research*, [online] 31(7), pp.11037–11080. https://doi.org/10.1007/s11356-023-31608-z.

Mostafa, M.H., Aleem, S.H.E.A., Ali, S.G., Abdelaziz, A.Y., Ribeiro, P.F. and Ali, Z.M., 2020. Robust Energy Management and Economic Analysis of Microgrids Considering Different Battery Characteristics. *IEEE Access*, 8, pp.54751–54775. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2981697.

Muqeet, H.A., Sajjad, I.A., Ahmad, A., Iqbal, M.M., Ali, S. and Guerrero, J.M., 2019. Optimal Operation of Energy Storage System for a Prosumer Microgrid Considering Economical and Environmental Effects. In: *2019 International Symposium on Recent Advances in Electrical Engineering (RAEE)*. pp.1–6. https://doi.org/10.1109/RAEE.2019.8887002.

Ouédraogo, S., Faggianelli, G.A., Pigelet, G., Notton, G. and Duchaud, J.L., 2021. Performances of energy management strategies for a Photovoltaic/Battery microgrid considering battery degradation. *Solar Energy*, [online] 230, pp.654–665. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.10.067.

Sharma, P., Saini, K.K., Mathur, H.D. and Mishra, P., 2024. Improved Energy Management Strategy for Prosumer Buildings with Renewable Energy Sources and Battery Energy Storage Systems. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 12(2), pp.381–392. https://doi.org/10.35833/MPCE.2023.000761.

Terkes, M., Demirci, A., Gokalp, E. and Cali, U., 2024a. Multi-stage and multi-objective feed-in damping-based battery aging-aware energy management strategy for renewable energy integration. *IEEE Access*, [online] pp.1–1. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3468716.

Terkes, M., Demirci, A., Gokalp, E. and Cali, U., 2024b. Multi-Stage and Multi-Objective Feed-in Damping-Based Battery Aging-Aware Energy Management Strategy for Renewable Energy Integration. *IEEE Access*, [online] 12, pp.161401–161416. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3468716.

Terkes, M., Demirci, A., Gokalp, E. and Cali, U., 2025. Impact analysis of battery control strategies on battery aging for grid-connected and solar-powered residential battery applications. *Heliyon*, [online] 11(9). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42903.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DESIGN AND TECHNICAL VALIDATION OF INDUSTRIAL TRANSFORMER SUBSTATIONS WITH INTEGRATED ELECTRIC VEHICLE CHARGING INFRASTRUCTURE

Kaan Mehmet Toprak[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

[1]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[*2]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[3]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[4]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[1]ORCID Code: -

[*2]ORCID Code: **0000-0002-4411-411X**

[3]ORCID Code: **0000-0002-1038-7224**

[4]ORCID Code: **0000-0002-1518-432X**

ABSTRACT

The rapid integration of renewable generation, distributed resources, and electric vehicle (EV) charging infrastructure has imposed new challenges on the design and operation of modern industrial power systems. In this study, a comprehensive framework is developed for the medium-voltage/low-voltage (MV/LV) distribution transformer substation of a large-scale industrial facility, where conventional production-related electrical demands are combined with 33 units of 22 kW EV charging stations. The methodology encompasses detailed design calculations including cable sizing and voltage drop analysis, busbar dimensioning, transformer selection, compensation panel design with step calculation, and short-circuit analysis in accordance with IEC standards, covering both symmetrical and asymmetrical conditions as well as thermal and dynamic withstand currents. Additional considerations such as fault current contributions from DC components, specification of circuit breakers, and the selection of measurement and metering devices are incorporated to ensure robustness and compliance. The final design is validated through load flow and short-circuit simulations conducted in ETAP, confirming technical consistency and operational feasibility. Beyond addressing individual technical aspects, the proposed approach provides an integrated solution that bridges traditional industrial power system design with the emerging requirements of EV infrastructure. This contribution enhances system efficiency, reliability, and adaptability, and offers a practical reference for the future planning of industrial facilities in an evolving energy landscape.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Keywords: Industrial power systems, MV/LV distribution transformer substation, electric vehicle charging infrastructure, cable sizing and voltage drop analysis, power system reliability and efficiency, load flow analysis, short-circuit analysis, grid integration.

INTRODUCTION

The rapid evolution of industrial facilities and the integration of renewable and distributed energy resources have significantly reshaped the design and operation of modern power distribution systems. Recent studies highlight the increasing complexity of load forecasting, optimization, and system integration in environments where multiple consumption and generation patterns coexist, requiring advanced methodologies to ensure efficiency, stability, and sustainability (Esmaeeli et al., 2015). Hybrid modeling approaches combining data-driven techniques with domain-specific engineering insights have been widely adopted to capture nonlinear dynamics, uncertainty, and operational variability across diverse contexts (Yosef, Sayed and Youssef, 2015). Moreover, advances in interpretability and uncertainty quantification have demonstrated the importance of reliable decision-making in the design of resilient energy infrastructures (Ziari, Ledwich and Ghosh, 2011).

The integration of electric vehicle (EV) charging infrastructure into industrial and commercial facilities adds another layer of technical and operational challenges. Researchers have addressed multi-stage optimization strategies that simultaneously minimize costs and preserve battery health, highlighting the dual objective of economic efficiency and system longevity (González-Sotres et al., 2013). Additionally, hybrid artificial intelligence (AI) forecasting frameworks that combine temporal modeling with ensemble strategies have been successfully applied to both energy demand and generation, underscoring their potential to inform infrastructure planning and grid operation (Rupolo et al., 2017). These approaches are further strengthened by multitask learning and deep neural architectures, which capture temporal dependencies while preserving explainability (Deakin et al., 2021). Such methodologies enable a more comprehensive treatment of time-series behaviors and provide critical insights for robust electrical system design (Rodriguez-Calvo et al., 2014).

Parallel to methodological advancements, practical applications in distribution system planning have incorporated uncertainty analysis and interpretability, ensuring that models not only achieve accuracy but also deliver trustworthy recommendations (Mendoza et al., 2012). For industrial loads, the necessity of accounting for diverse profiles, including renewable generation, storage, and mobility electrification, has been emphasized in recent studies (Haghifam et al., 2015). Moreover, ensemble frameworks combining machine learning models with optimization techniques have proven particularly effective in energy market forecasting and operational scheduling, reinforcing their applicability to infrastructure planning (Sikora et al., 2024). Recent contributions also underline the relevance of explainable AI in energy systems, offering stakeholders transparent justifications for model-driven design and operational choices (Jabbar et al., 2025).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The literature further demonstrates the need for generalizable frameworks that remain effective across varying temporal, spatial, and contextual conditions (Pisano et al., 2023). This adaptability is crucial when extending design principles to industrial facilities, where the simultaneous presence of high-demand manufacturing processes and EV charging infrastructure creates substantial planning challenges (Mancini et al., 2020). Uncertainty estimation techniques, such as Monte Carlo (MC) dropout, complement these approaches by providing risk-aware insights into future demand scenarios, thereby enhancing system robustness (Marah et al., 2016). In addition, optimization-driven ensemble models have highlighted the importance of balancing accuracy, interpretability, and computational efficiency, offering pathways to scalable and practical solutions for real-world infrastructures (Mogos and Grillo, 2021).

Against this backdrop, the present study addresses the comprehensive design of an MV/LV distribution transformer substation for a glass factory, incorporating both industrial electrical demands and 33 units of 22 kW EV charging stations. The proposed work delivers a holistic framework that includes cable sizing and voltage drop analysis, busbar design, transformer selection, compensation panel dimensioning, short-circuit calculations in compliance with IEC standards, fault current withstand capability assessment, protective device specification, and metering equipment selection. The design is validated through load flow and short-circuit simulations in ETAP, ensuring technical consistency and operational feasibility. This contribution is not only necessary but also original, as it integrates conventional industrial power system design with the emerging requirements of EV infrastructure, providing a comprehensive solution that enhances efficiency, reliability, and adaptability in modern industrial facilities.

COMPREHENSIVE DESIGN FRAMEWORK AND EQUIPMENT SELECTION

System Description

The power distribution system of the facility under consideration is supplied from the national transmission grid at 154 kV, which is initially stepped down to 11 kV through transformer TR-B and then distributed to the medium-voltage (MV) busbar via the TR-D substation at 6.3 kV. From this point, the industrial processes are supplied through existing feeders, while the proposed design introduces an additional substation to meet both the conventional production-related demands and the newly planned EV charging infrastructure. The new substation includes a 2.5 MVA, 6.3/0.4 kV transformer (TR-2), directly connected to the MV busbar, which supplies nine independent low-voltage (LV) distribution panels through aluminum busbars and dedicated feeders. The technical characteristics of the transformers are summarized in Table 1. To ensure technical compliance and operational reliability, detailed calculations were carried out during the design process. These include cable sizing and voltage drop verification, busbar dimensioning, transformer selection, compensation panel design with step sizing, and short-circuit calculations in accordance with IEC standards,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

covering both symmetrical and asymmetrical fault conditions. The design also incorporates the evaluation of thermal and dynamic withstand currents, contributions from DC fault components, as well as the specification of circuit breakers, protection devices, and metering equipment. Table 1 and Figure 1 provide a general overview of the system.

The main loads connected to the planned LV switchboard are listed in Table 2, together with their power ratings, distances, and power factors. In line with the operator's technical requirements, the system power factor is targeted to be improved to approximately 0.99 by means of a staged compensation system, designed to follow the dynamic load variations. Furthermore, cost optimization was considered a primary objective by the operator; therefore, circuit breaker and cable selections were restricted to specific series and models provided by a single manufacturer, ensuring a balance between technical adequacy and economic feasibility.

Table 1. Transformer Information in the Project

Transformer	**Rated Power (MVA)**	**Turn Ratio**	**Winding Connection (Vector Group)**	$\%u_k$
TR-B	50	154 kV /11 kV	YNd1	17
TR-D	25	11 kV / 6.3 kV	Dyn11	10
TR-2 (planned)	To be determined	6.3 kV / 0.4 kV	To be determined	To be determined

Table 2. Loads Included in the Project

Feeder No.	**Load**	**Active Power (kW)**	**Distance (m)**	**cos φ**
F01	F2-MDP-8	280	140	0.85
F02	UT-COMP7-3	292	100	0.82
F03	UT-COMP7-4	292	100	0.82
F04	F2-MZ-DP	165.6	140	0.87
F05	HOT-20	195.16	140	0.82
F06	F2-UO-DP	214.63	100	0.89
F07	UT-MCC.CT	72	130	0.90

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

F08	F2-MCC.1	190.2	100	0.85
F09	UT-MDP	596.91	40	0.87
F10	EV charging station panel	726	300	0.82

Design and Selection

- MV/LV Transformer Sizing

The selection of transformers is a fundamental engineering step to ensure the stability, safety, and efficiency of power distribution systems. This process is not only determined by the connected load but also by several technical parameters, including the system power factor, demand factor, short-circuit characteristics, winding connection group, harmonic effects, and economic losses.

The transformer rating can be determined by considering the installed load (P_k, 3024.5 kW), demand factor (T_f, 0.8), $\cos\varphi$ power factor of the system (0.99), and system losses (k_f, 1.1 or 10% loss) as follows:

$$S_{Tr} = \frac{P_k . k_f . T_f}{\cos\varphi} \quad (1)$$

As a result, the transformer capacity is selected as the nearest higher standard rating, 3150 kVA, in compliance with IEC 60076. The main technical specifications of the selected transformer are summarized as follows:

- **Rated Power:** 3150 kVA
- **Primary/Secondary Voltage:** 6.3 kV / 0.4 kV
- **Short-Circuit Impedance (%u_k):** 6%
- **Winding Connection (Vector Group):** Dyn11

○ The low-voltage winding is star-connected (Y), while the high-voltage winding is delta-connected (D). The group index "11" indicates a 30° phase displacement between the HV and LV sides.

- **Frequency:** 50 Hz
- **Cooling Type:** ONAN

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The selection of Dyn11 connection provides a neutral point on the LV side, ensures proper operation under unbalanced load conditions, and offers favorable harmonic performance. In addition, the short-circuit impedance of 6% supports adequate fault current limitation and facilitates reliable protection coordination.

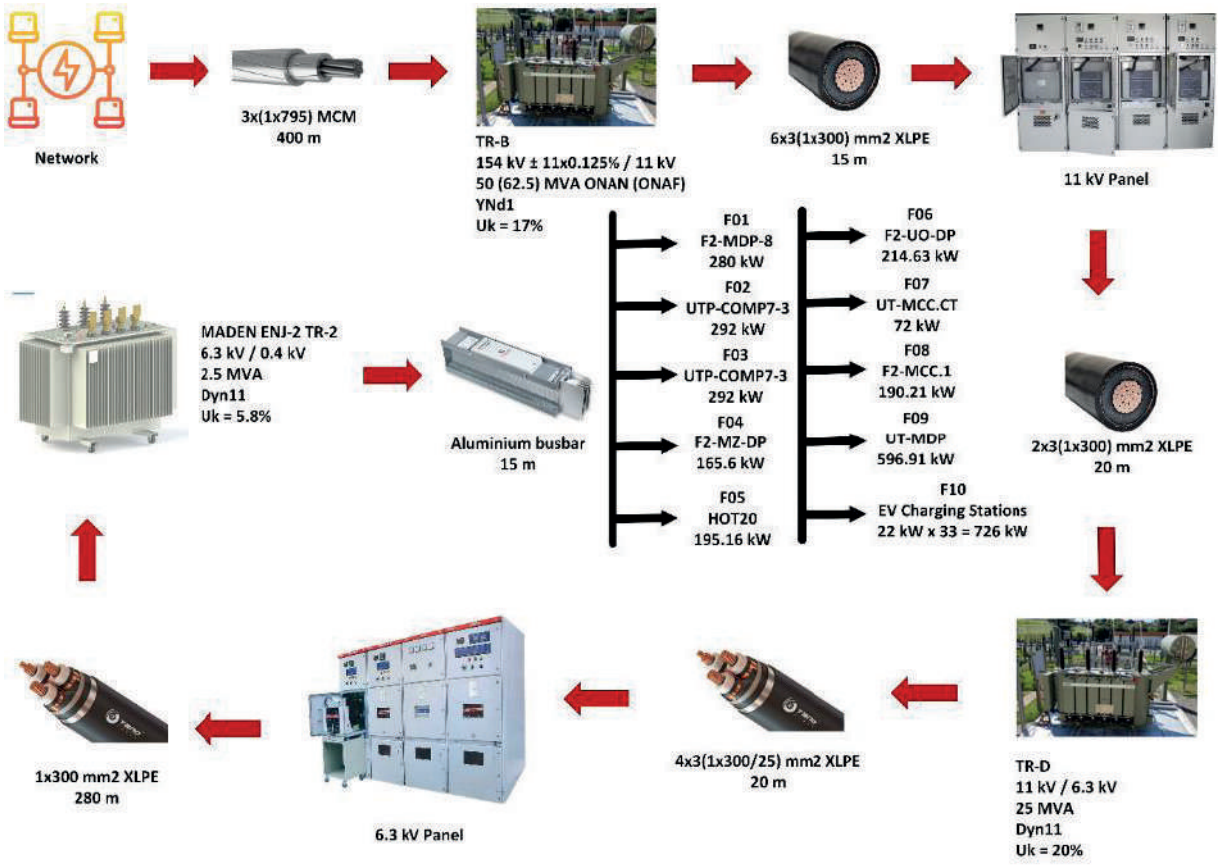


Figure 1. Designed Project

- Compensation System

Reactive power compensation plays a vital role in maintaining the power factor at the desired level, improving energy efficiency, and minimizing losses in industrial facilities. In addition to enhancing energy quality, compensation systems help to prevent penalties imposed by utilities for low power factor operation.

The required compensation power was determined by considering the difference between the existing and the targeted power factor, as expressed in Equation (2):

$$Q = P_k.k \quad or \quad Q = P_k.(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad ; \qquad (2)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$\varphi_1 : available, 0.8\ power\ factor\ ;\ \varphi_2 : desired, 0.99\ power\ factor$

Thus, the total required compensation was calculated as 1693.72 kVAr. A portion of the required reactive power was allocated to fixed compensation to cover the transformer's base load. According to IEC recommendations, this value is typically selected between 3–5% of the transformer's rated power. Therefore, the fixed compensation value is 125 kVAr. The remaining portion was distributed to an automatic stepwise capacitor bank controlled by a reactive power relay (1568.72 kVAr). A 12-step compensation relay was selected, and the capacitor sizes per step were defined to provide flexible adjustment to the varying load profile. The distribution of capacitor ratings is presented in Table 3.

Table 3. Compensation Stages

Stage	Reactive Power (kVAr)	Stage	Reactive Power (kVAr)	Stage	Reactive Power (kVAr)
Fixed	125	Stage 4	100	Stage 8	150
Stage 1	20	Stage 5	100	Stage 9	150
Stage 2	50	Stage 6	150	Stage 10	200
Stage 3	100	Stage 7	150	Stage 11-12	200 & 200

- Cable Sizing and Selection Criteria

Cable sectioning and voltage-drop verification were performed in accordance with IEC 60364-5-52. The procedure follows a standard engineering workflow: **(i)** determine the required load current from active power and power factor, **(ii)** select a candidate cable section from manufacturer tables, **(iii)** apply installation and grouping correction factors to obtain the corrected ampacity, **(iv)** verify that corrected ampacity ≥ required current, and **(v)** evaluate voltage drop for the chosen conductor and confirm %ΔV is within allowable limits (IEC guidance for LV distribution: typically ≤ 3–5% depending on local practice; here the design target is ≤ 5%).

Therefore, three-phase load current is calculated by:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}.U.\cos\varphi} \quad (1)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

where I load current [A], P active power [W], U line voltage [V] (400 V used here), and $\cos\varphi$ power factor. All feeder currents reported below are computed by Equation (3) and rounded to two decimals.

The cable ampacity used for verification is the manufacturer's nominal ampacity modified by correction factors that account for installation method, grouping and ambient conditions: **(i)** correction factor k_d depends on routing (in air, in conduit, buried), number of systems, ambient temperature and ventilation. The project used the correction factors from the manufacturer/IEC tables as provided in the design documents (examples in the table below). **(ii)** corrected ampacity = (nominal ampacity) × k_d × (number of parallel systems when applicable). The design assumed the installation conditions you specified (well-ventilated cable trays for most feeders, some buried runs for EV feeder), and used the k_d values you provided. Overall, selected cable sections and ampacity checks present in Table 4. (**Note:** PFC power factor correction.)

Table 4. Cable Cross-sections and Current Carrying Capacity Checks

Feeder / Panel	P (kW)	$\cos\varphi$	I (A)	Installation	Systems	k_d	Selected Cable	Corrected Ampacity (A)	Check
F2-MDP-8	280	0.85	475.46	Vent. tray	2	0.97	2×(3×1×95 mm²) XLPE	> 475.46	**OK**
UT-COMP7-3	292	0.82	513.98	Vent. tray	2	0.94	2×(3×1×70 mm²) XLPE	658	> 513.98 → **OK**
UT-COMP7-4	292	0.82	513.98	Vent. tray	2	0.94	2×(3×1×70 mm²) XLPE	658	**OK**
F2-MZ-DP	165.6	0.87	274.74	Vent. tray	2	0.97	2×(3×1×50 mm²) XLPE	> 274.74	**OK**
HOT-20	195.16	0.82	343.52	Vent. tray	2	0.97	2×(3×1×70 mm²) XLPE	> 343.52	**OK**
F2-UO-DP	214.63	0.89	348.08	Vent. tray	1	1.00	3×1×70 mm² XLPE	> 348.08	**OK**
UT-MCC.CT	72	0.90	115.47	Vent. tray	1	1.00	3×35 mm² XLPE	> 115.47	**OK**
F2-MCC.1	190.21	0.85	322.99	Vent. tray	1	1.00	1×95 mm² XLPE	> 322.99	**OK**
UT-MDP	596.91	0.87	990.31	Vent. tray	3	0.96	3×(3×1×95 mm²) XLPE	1008	> 990.31 → **OK**
EV charger panel	726	0.82	1277.92	Buried	5	0.70	5×(3×1×240 mm²) XLPE	2730	> 1277.92 → **OK**
EV charger (unit)	22	0.82	38.72	Buried	1	1.00	3×4 mm² XLPE	~52 (corrected)	52 > 38.72 → **OK**
PFC panel	- 1695 kVAr	-	2446.52	Vent. tray	4	0.94	4×(1×240 mm²) XLPE	2932.8	**OK**

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Busbar Sizing and Selection Criteria

Busbar sizing follows the same principles as cable sizing but relies on rectangular or tubular busbar catalogue data, including manufacturer-provided resistance and reactance per unit length, mechanical ratings, and current capacity. The following sequence is considered for each busbar run:

1. Computes the design current I from the supplying source (transformer or panel) using Equation (3) or from the sum of the outgoing feeder currents.

2. Selects a busbar with a rated current higher than the design current, applying an engineering margin to account for mechanical and thermal considerations. For compensation busbars, they typically apply an additional margin of +20% to accommodate switching inrush and transient conditions.

3. Confirms that the chosen busbar profile satisfies mechanical strength, short-time current withstand, and temperature rise requirements. The busbar selections are based on manufacturer catalogue values and provide the required ampacity plus mechanical and thermal margins. The busbar features selected according to the relevant criteria are explained in Table 5.

Table 5. Selected Busbars

Busbar location	Nominal current (A)	Selected cross-section	Manufacturer rated capacity (A)	R (mΩ/m)	X (mΩ/m)
Transformer → ADP (TR-2 to TR-DP-2.1)	4409.59	3 × (6 × 180) mm rectangular alu	5000	0.017	0.008
Compensation busbar	2444.67 (design) → use 1.2 margin → 2933.61	2 × (6 × 180) mm rectangular alu	3300	0.017	0.01
EV charger station busbar	1277.92	6 × 160 mm rectangular alu	1600	0.081	0.019

- Voltage-drop Calculation

Voltage drop was calculated using the standard three-phase formula:

$$\Delta V = \sqrt{3}.I.L.(R'\cos\varphi + X'\sin\varphi) \quad (4)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

where ΔV voltage drop [V], one-way conductor length [m], R' series resistance per unit length [Ω/m] (for the selected conductor), X' series reactance per unit length [Ω/m], and $\cos\varphi$, $\sin\varphi$ load power factor components. Percentage voltage drop is:

$$\%e = \frac{u}{U_0}100 \tag{5}$$

where U_0 is phase-to-neutral nominal voltage (≈230 V) when reporting phase-to-neutral percentage or use $U = 400\,V$ for phase-to-phase percentage depending on reporting convention. The analysis is conducted on a phase-to-neutral basis, where appropriate, to ensure consistency with the project tables.

For cable calculations, per-meter resistance R' is obtained from conductor resistivity data: $R' = \rho/S$ (where ρ is the conductor resistivity in Ω·mm²/m and S the cross-section in mm²). Typical values used in the design: copper $\rho \approx 0.0225$ Ω·mm²/m (conservative table value), and the per-unit reactance λ taken as 0.08 mΩ/m (0.00008 Ω/m) unless manufacturer data specify otherwise. (**Note:** Apart from the subject, R' and X' for busbars are taken directly from the busbar catalogue.)

All cable voltage-drop computations were performed with Equation (4) and results summarized below. The acceptance criterion is ΔV ≤ 5%. All computed cable % voltage drops are below the design limit of 5% in Table 6. The EV charging panel run is close to the upper limit (4.95%); that routing and conductor sizing were therefore checked in ETAP as part of the final verification.

The voltage drop on busbars is evaluated using two complementary approaches. The first approach follows the classical voltage drop expression (Equation 6), while the second considers both the ohmic resistance and the reactance of the busbar (Equation 7).

$$\%e = \frac{100.P.L}{\kappa.S.U^2} \tag{6}$$

where P power [W], L length [m], κ conductivity coefficient [m/Ω·mm²], S conductor cross-section [mm²], and U line-to-line voltage [V].

$$\%e = \frac{\sqrt{3}.I_b.L.(R_{bus}\cos\varphi + X_{bus}\sin\varphi)}{U}100 \tag{7}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

where I_b design current [A], R_{bus} ohmic resistance [mΩ/m], X_{bus} reactance [mΩ/m], φ load power factor angle, and L length [km]. Table 7 describes the busbar voltage drop controls. All busbar sections satisfy the IEC 60364-5-52 voltage drop criterion (<5%).

- Short-Circuit Calculations and Equipment Selections

Short-circuit analyses were performed to determine the maximum (sub-transient), instantaneous (peak) and thermal (1 s) fault currents at critical points of the distribution system, and to verify the adequacy of circuit-breakers and instrument transformers. Calculations follow IEC 60909 and use the per-unit (pu) modelling approach with a 100 MVA common base.

a. Per-unit base: $S_{base} = 100\ MVA$. Base voltages used at each voltage level correspond to the actual system (154 kV, 11 kV, 6.3 kV, 0.4 kV) and scaling is performed accordingly.

b. Voltage tolerance ("c" factor): maximum fault calculations use $c_{max} = 1.05$; minimum (relay pick-up / minimum-fault) calculations use $c_{min} = 0.95$. This accounts for pre-fault voltage excursions per IEC 60909.

c. Transformer data: nameplate %uk and vector group information (e.g. TR-B: 50 MVA, %uk=17, YNd1; TR-D: 25 MVA, $\%u_k = 10$, Dyn11; TR-2: 3.15 MVA, $\%u_k \approx 5.8$, Dyn11) were used. Transformer resistive component (u_{Rr}) was included where available and transformer correction factor K_T was applied to represent real operating characteristics.

d. Line and cable impedances: R and X per unit-length were taken from the referenced manufacturer / standard tables. For minimum-current evaluations (relay pick-up), conductor resistances were corrected to 70 °C using the standard temperature correction factor $(1/(1 + 0.0039.\Delta T))$.

Table 6. Cable Voltage Drops Results

Feeder / Panel	I (A)	Distance (m)	Conductor	Systems	Section (mm²)	ΔV (V)	$\%\Delta V$	Status
F2-MDP-8	475.46	140	Cu	2	95	8.56	3.7	OK
UT-COMP7-3	513.98	100		2	70	8.76	3.79	OK
UT-COMP7-4	513.98	100		2	70	8.76	3.79	OK
F2-MZ-DP	274.74	140		2	50	9	3.9	OK
HOT-20	343.52	140		2	70	8.19	3.55	OK

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

F2-UO-DP	348.08	100		1	70	8.17	3.54	**OK**
UT-MCC.CT	115.47	130		1	35	9.72	4.21	**OK**
F2-MCC.1	322.99	100		1	95	7.94	3.44	**OK**
UT-MDP	990.31	40		3	95	3.54	1.53	**OK**
EV charger panel	1277.92	300		5	240	11.44	4.95	**OK** (border line)
EV charger (unit)	38.72	10		1	4	-	-	**OK**
PFC panel	2446.52	30		4	240	4	1.1	**OK**

Table 7. Calculated Busbar Voltage Drops

Busbar Section	**Length (m)**	**Current (A)**	**Cross-section**	**% Voltage Drop**	**Compliance**
Transformer – Main Dist. Panel	15	4409.6	3 × (6 × 180)	0.553	<5% **(✓)**
Compensation panel	2	2444.7	2 × (6 × 180)	0.07	
EV charger station	5	1277.9	6 × 160	0.21	

e. R/X dependent peak factor: the peak (first-peak) multiplier κ was computed using the project's adopted expression:

$$\kappa = 1.02 + 0.9.e^{-\frac{3R}{X}} \quad (8)$$

where $\frac{R}{X}$ is the equivalent resistance/reactance ratio of the network seen from the fault location.

Thermal and mechanical checks: the thermal withstand current I_{th} (1 s) was computed using the project's adopted interaction of DC and AC heating components (m and n coefficients obtained from IEC/figure-based curves). Where graphical m or n data were required, the same reference charts used in the project were applied.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The table below reproduces the per-unit impedances used in the project after conversion to the 100 MVA base.

These per-unit numbers were summed and reduced to the fault level with standard voltage-ratio reduction factors (D) per IEC 60909. Reduction to the fault level and the intermediate reduced-impedance tables are given in Table 9 and 10 of the project. The following sequence was applied for each fault location:

Reduce all equipment impedances to the fault voltage level using the appropriate transformation ratios / reduction factors (D) per IEC 60909. This yields the total reduced positive-, negative- and zero-sequence impedances seen from the fault point.

Compute the equivalent fault impedance Z_k (ohmic value at the fault voltage level) from the reduced per-unit values. Then, calculate the sub-transient (symmetrical) three-phase current using the maximum voltage factor c_{max}:

$$I_{k3} = \frac{c_{max} U_{LL}}{\sqrt{3}. Z_k} \tag{9}$$

Table 8. Selected Element Impedances on 100 MVA Base (pu)

Element	Voltage (kV)	$R_{1\text{-}2}$ (pu)	R_0 (pu)	$X_{1\text{-}2}$ (pu)	X_0 (pu)
Transmission system (infeed)	154	0.00119	0.00119	0.0119	0.0238
TR-B (154/11)	154/11	0	0	0.34	0.34
TR-D (11/6.3)	11/6.3	0	0	0.4	0.4
TR-2 (6.3/0.4)	6.3/0.4	0	0	1.8412	1.8412
3×(1×795) MCM (OH line)	154	0.000139	0.000392	0.000544	0.00158
6×3×(1×300) XLPE	11	0.000777	0.006995	0.000312	0.00156
2×3×(1×300) XLPE	11	0.00104	0.00933	0.000415	0.00208
4×3×(1×300) XLPE	6.3	0.00316	0.0316	0.00127	0.0114
3×(1×300) XLPE	6.3	0.0442	0.442	0.0177	0.1596

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Subsequently, compute the peak (first-peak) current:

$$I_p = \sqrt{2}.\kappa.I_{k3} \tag{10}$$

After, compute thermal (1 s) withstand current I_{th} using the project's methodology (m and n coefficients extracted from the referenced figures for the chosen κ and clearing time T_k):

$$I_{th} \approx I_{k3}.\sqrt{m+n} \tag{11}$$

Exact m and n were taken from the standard charts used in the project; the values used appear in the results table.

Minimum (relay-pickup) currents and single-phase-to-earth calculations were computed using the minimum voltage factor c_{min} and conductor resistances at 70 °C (as per IEC tables) to ensure that protection relays see reliably detectable current.

All numerical results below follow the project's reduction steps and the formulas above. Results are presented for the two critical fault locations that were analyzed in detail.

Table 9. Symmetric and Asymmetrical Short-Circuit Results (Selected Fault Points)

Fault point (bus)	Voltage level	$Z_k\ (\Omega)$	$I_{k3}(kA)$	κ	$I_p(kA)$	$I_{th}(1\ s)(kA)$
Point 1 — TR-2 primary (6.3 kV bus)	6.3 kV	0.3221	11.86	1.804	30.03	12.13
Point 2 — TR-2 secondary (0.4 kV bus)	0.4 kV	0.00422	57.46	1.786	145.15	58.56

Notes on table entries: I_{k3} is the sub-transient (symmetrical) three-phase fault current computed with $c_{max} = 1.05$ and a clearing time $T_k = 0.5 - 1.0\ s$ as used in the project.

The minimum single-phase-to-earth calculation at the TR-2 secondary gives a worst-case single-phase current of approximately 49.12 kA (project calculation). This value was used to confirm relay operating margins and minimum pickup adequacy.

Thermal (1 s) currents I_{th} for the two evaluated locations were found to be 12.13 kA (Point 1) and 58.56 kA (Point 2). Conductors and busbars were checked against these values for short-time thermal

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

capability and the mechanical (electrodynamic) effects of the peak current I_p. All selected conductor/busbar cross-sections were confirmed to withstand the computed thermal energy (I^2t) and the dynamic forces based on the project's verification tables.

- Circuit-breaker Selection

Circuit-breaker selections were made to satisfy the peak, symmetric and thermal requirements derived above; additionally rated continuous currents were checked against steady-state load currents.

a. Breaking capacity (1 s short-time or rated ultimate breaking capacity) > computed I_{k3} and with adequate margin for test/standard ratings.

b. Peak withstand (I_{cm} or I_{ma}) ≥ computed I_p or mechanical withstand requirement.

c. Rated continuous current I_n ≥ steady state operating current with margin for foreseeable load growth.

d. Standards compliance: IEC 62271-100 for MV breakers, IEC 60947-2 for LV breakers.

The breaker selections and series were chosen to balance technical adequacy and the operator's cost restriction (allowed vendor/series). All selected breakers exceed the calculated sub-transient and peak currents with appropriate safety margin (see Table 10).

Table 10. Selected Main Circuit-breakers

Location / Function	**Device (project selection)**	**Key ratings (project)**	**Rationale**
6.3 kV main (TR-D → TR-2 primary)	Siemens SION 3AE5 (VCB)	I_n **:** 800 A I_{sc} **(1 s):** 16 kA I_{ma} **:** 40 kA	VCB selected for MV line, breaking capacity > computed $I_{k3} = 11.86$ kA; peak withstand sufficient ($I_{ma} = 40$ kA).
0.4 kV main (TR-2 secondary)	Siemens 3WL1350 (ACB)	I_n **:** 5000 A I_{sc} **(1 s):** 100 kA I_{cm} **:** 220 kA	ACB selected for LV main: rated continuous current (5 kA) > steady source current (4.546 kA) and short-circuit/peak ratings well above computed 57.46 kA sub-transient and 145.15 kA peak.
Distribution feeders	MCCB / ACB per feeder (Siemens 3VA2 / 3WA11, etc.)	See **Table 11**.	Selections match each feeder's steady current and short-circuit requirements (MCCB for lower-current feeders; ACB for high-demand feeders).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 11. Selected Circuit Breakers for Load Feeders

Load No	Load Name	Power [kW]	Rated Current [A]	Selected Product	Selected Circuit Breaker [A]
F01	F2-MDP-8	280	475.46	MCCB series	Siemens 3VA2
F02	UT-COMP7-3	292	513.98	4 × 630	Siemens 3VA2 4 × 800
F03	UT-COMP7-4	292	513.98	MCCB series	Siemens 3VA2
F04	F2-MZ-DP	165.6	273.89	4 × 800	Siemens 3VA2 4 × 400
F05	HOT-20	195.16	343.52	MCCB series	Siemens 3VA2
F06	F2-UO-DP	214.63	346.89	4 × 630	Siemens 3VA2 4 × 630
F07	UT-MCC.CT	72	115.94	MCCB series	Siemens 3VA2
F08	F2-MCC.1	190.2	324.30	4 × 250	Siemens 3VA2 4 × 630
F09	UT-MDP	596.91	988.39	ACB	Siemens 3WA11 4 × 1250
F10	EV charging station	726	1277.92	ACB	Siemens 3WA11
-	EV chargers	22	38.72	4 × 1600	Siemens 3VA2 4 × 63
-	PFC panel	1695 kVAR	2446.52	ACB	Siemens 3WA12 4 × 3200

- Instrument Transformer Selection (CTs and VTs)

TR-2 primary (6.3 kV side): system nominal primary ≈ 288.7 A → current transformer (CT) selected as 300/5 A, burden ≈ 15 VA, dual accuracy: 0.5 (measurement) and 5P20 (protection). The CT thermal withstand was verified against the computed thermal short-circuit current at that point (≥ 12.13 kA, 1 s).

TR-2 secondary (0.4 kV side): system nominal primary ≈ 4 546.6 A → CT chosen as 5000/5 A, burden ≈ 20 VA, accuracy classes: 0.5 (measurement) / 5P20 (protection). CT's specified short-time thermal and accuracy characteristics were selected to tolerate the highest calculated fault currents (sub-transient and thermal values: 57.46 kA and 58.56 kA respectively).

Operational remarks: CT burden (VA) sizing included the combined connected devices (meters, relays, recorders) and cable lead losses (5 m secondary runs as in the project). Dual-class CTs

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(measurement + protection) were specified in order to support both energy/quality metering and high-speed protective relays.

Voltage transformers (VTs) for protection and metering at the TR-2 primary were specified as 6.3/0.1 kV, 20 VA, class 0.3 (measurement) and class 3 (protection) to provide the required accurate voltage signals for directional relays and metering functions.

The IEC 60909-based short-circuit assessment and the per-unit modelling show that the chosen transformer ratings, conductor/busbar cross-sections and the selected protection and instrument transformer equipment meet the project's safety, thermal and electrodynamic requirements. In particular, the LV and MV main circuit-breakers provide sufficient continuous current rating, short-circuit breaking capacity and peak withstand capability relative to the computed sub-transient, peak and thermal currents. All computed results were verified against ETAP simulations.

SIMULATION-DRIVEN PERFORMANCE ASSESSMENT IN ETAP

ETAP-based load flow and short-circuit simulations demonstrate that the proposed electrical design operates reliably under both normal operating conditions and fault scenarios (see Figures 2-3). The load flow analyses show that voltage levels at all MV and LV busbars remain within ±5% limits. This confirms that the system operates stably under normal conditions, and that consumer voltage quality complies with relevant standards. The 1.583 MVAr capacity provided via the reactive power compensation panel effectively improves the power factor.

Cable and transformer loading levels, ranging between 60% and 95%, confirm that the equipment selection is appropriate. The TR-2 transformer operates at 91.4% on the primary side and 90.7% on the secondary side, representing the highest load levels in the system; however, these values remain within thermal limits. Busbar loadings are generally within acceptable levels. The only exception is the EV panel, which shows a 118.5% loading rate. However, this is a theoretical situation due to the EV charging infrastructure not being fully commissioned yet and does not pose a short-term practical risk. Furthermore, the total active losses are 131.6 kW, and reactive losses are 361.7 kVAr, indicating that losses remain within acceptable limits across the system.

In the short-circuit analysis, current values calculated for three-phase, two-phase, and single-phase-to-ground faults were verified through ETAP using the IEC 60909 method. The highest short-circuit current was recorded at the 0.4 kV TR-DP2.1 busbar, with 155.7 kA (three-phase) and 172.8 kA (single-phase-to-ground). These results highlight the significant influence of the zero-sequence impedance on asymmetric faults. At the MV level, a three-phase short-circuit current of 32.7 kA was calculated at the 6.3 kV MV panel 2 busbar, typical for MV systems and compliant with equipment withstand ratings. The simulation results confirm that circuit breakers meet continuous current capacity, short-circuit interrupting capacity, and thermal withstand requirements safely.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Time-domain analyses show that the system is exposed to its highest thermal and electrodynamic stresses during the initial cycles following the fault initiation. As seen in the ETAP outputs, the DC component decays rapidly within the first few hundred milliseconds, while the AC component exhibits oscillatory behavior during the initial cycles before stabilizing. This finding is critical for circuit breaker selection and protection coordination, reinforcing the importance of first-cycle withstand capability as emphasized by IEC 60909.

Additionally, ETAP outputs not included in the report indicate that peak inrush currents in LV panels align with the theoretical maximum values specified in the simulation report. These outputs also show that some heavily loaded cables approach more than 80% of their thermal limits during short-duration faults. While this does not present an immediate operational risk, it should be considered in future system expansion plans.

In conclusion, ETAP validations confirm that the proposed system design operates reliably, safely, and in compliance with standards under both normal conditions and various fault scenarios. Findings related to loading, losses, short-circuit withstand levels, and protection coordination demonstrate that the equipment selections meet all technical requirements.

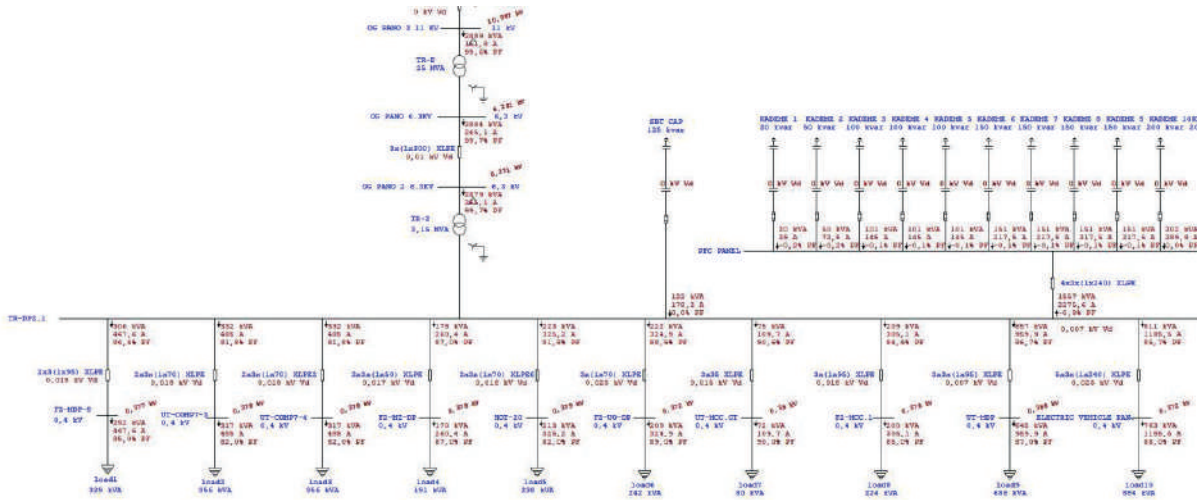


Figure 2. Load Flow Report

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

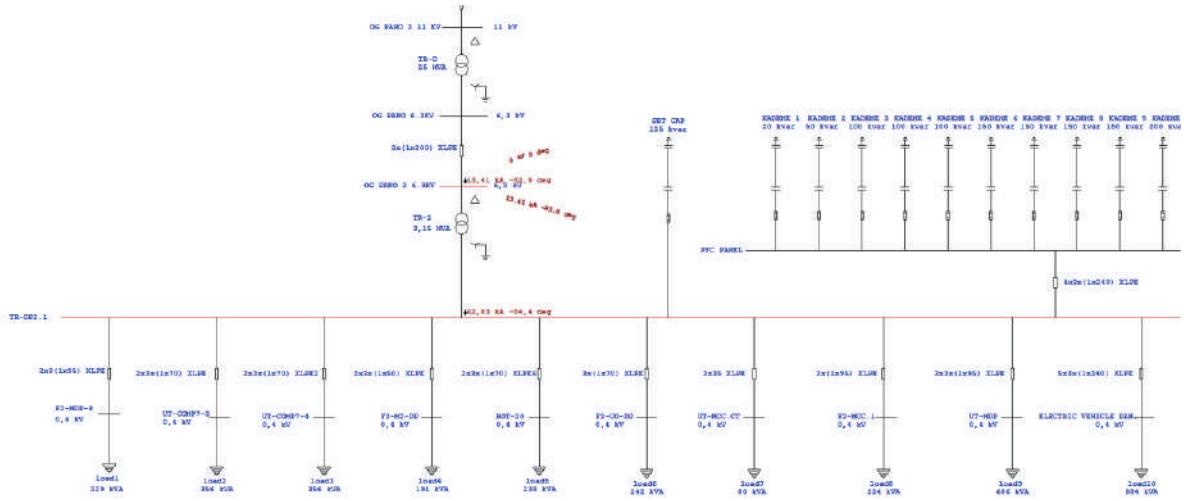


Figure 3. Short-Circuit Report

CONCLUSION AND FUTURE SUGGESTIONS

The study presented a comprehensive design and validation framework for an MV/LV distribution transformer substation that integrates both conventional industrial demands and an extensive EV charging infrastructure. By combining detailed analytical calculations with simulation-based assessments in ETAP, the proposed approach ensured that all components, from cable sizing and busbar dimensioning to transformer selection, compensation system design, and short-circuit withstand capability, comply with IEC standards and meet the operational requirements of the facility. The results demonstrated that the selected equipment operates within thermal and electrical limits, with load flows and voltage levels remaining stable under normal conditions and protection devices maintaining adequate margins under fault scenarios. Furthermore, the integration of staged reactive power compensation improved the overall power factor to near unity, thereby enhancing efficiency and minimizing losses.

Beyond confirming the technical adequacy of the design, the findings underscore the significance of considering EV charging systems as integral rather than peripheral loads in industrial facilities. The high loading levels observed in the EV charging panel, although currently theoretical, highlight the necessity of anticipating future demand growth and planning for scalable infrastructure upgrades. Similarly, the short-circuit analyses emphasized the role of zero-sequence impedances in asymmetric faults, reinforcing the importance of robust protection coordination and first-cycle withstand capabilities.

Looking ahead, further research should explore the interaction between industrial loads and extensive EV charging demand, emphasizing advanced demand management and predictive optimization strategies. The integration of renewable generation, storage systems, and vehicle-to-grid technologies presents additional opportunities, with implications for transformer loading, fault behavior, and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

compensation design. Complementary techno-economic analyses that combine lifecycle cost, reliability, and sustainability perspectives would also strengthen decision-making. Overall, the proposed framework addresses immediate design requirements while providing a solid foundation for efficient, resilient, and adaptable power distribution systems in the evolving energy landscape.

REFERENCES

Deakin, M., Greenwood, D., Walker, S. and Taylor, P.C., 2021. Hybrid European MV–LV Network Models for Smart Distribution Network Modelling. In: *2021 IEEE Madrid PowerTech*. pp.1–6. https://doi.org/10.1109/PowerTech46648.2021.9494860.

Esmaeeli, M., Kazemi, A., Shayanfar, H.A. and Haghifam, M.-R., 2015. Multistage distribution substations planning considering reliability and growth of energy demand. *Energy*, [online] 84, pp.357–364. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.002.

González-Sotres, L., Mateo Domingo, C., Sánchez-Miralles, Á. and Alvar Miró, M., 2013. Large-Scale MV/LV Transformer Substation Planning Considering Network Costs and Flexible Area Decomposition. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 28(4), pp.2245–2253. https://doi.org/10.1109/TPWRD.2013.2258944.

Haghifam, M.-R., Esmaeeli, M., Kazemi, A. and Shayanfar, H., 2015. Optimal placement of the distribution substations to improve reliability under load growth. In: *2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting*. pp.1–5. https://doi.org/10.1109/PESGM.2015.7286068.

Jabbar, A.A., Wanik, M.Z.C., Karaki, A. and Bayhan, S., 2025. Evaluating the Impact of Electric Vehicle Charging on MV/LV Distribution Network Using Distribution-Level Phasor Measurement Unit Data. In: *2025 IEEE 34th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*. pp.1–6. https://doi.org/10.1109/ISIE62713.2025.11124655.

Mancini, E., Longo, M., Yaici, W. and Zaninelli, D., 2020. Assessment of the Impact of Electric Vehicles on the Design and Effectiveness of Electric Distribution Grid with Distributed Generation. *Applied Sciences*, [online] 10(15). https://doi.org/10.3390/app10155125.

Marah, B., Bhavanam, Y.R., Taylor, G.A. and Ekwue, A.O., 2016. Impact of electric vehicle charging systems on low voltage distribution networks. In: *2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*. pp.1–6. https://doi.org/10.1109/UPEC.2016.8114052.

Mendoza, J.E., López, M.E., Peña, H.E. and Labra, D.A., 2012. Low voltage distribution optimization: Site, quantity and size of distribution transformers. *Electric Power Systems Research*, [online] 91, pp.52–60. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsr.2012.05.004.

Mogos, A.S. and Grillo, S., 2021. Impact of EV Charging Stations in Power Grids in Italy and its Mitigation Mechanisms. In: *2021 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*. pp.1–6. https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope51590.2021.9584782.

Pisano, G., Ruggeri, S., Soma, G.G., Falabretti, D., Grillo, S., Gulotta, F. and Pilo, F., 2023. Impact of Electrical Vehicle Private Charging Stations on the Quality of the Low Voltage Network Supply. *IEEE Open Access Journal of Power and Energy*, 10, pp.351–362. https://doi.org/10.1109/OAJPE.2023.3258254.

Rodriguez-Calvo, A., Frías, P., Reneses, J., Cossent, R. and Mateo, C., 2014. Optimal investment in smart MV/LV substations to improve continuity of supply. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, [online] 62, pp.410–418. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.04.062.

Rupolo, D., Pereira Jr, B.R., Contreras, J. and Mantovani, J.R.S., 2017. Medium- and low-voltage planning of radial electric power distribution systems considering reliability. *IET Generation, Transmission \& Distribution*, [online] 11(9), pp.2212–2221. https://doi.org/https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.1478.

Sikora, R., Krajewski, Ł., Popenda, A. and Korzeniewska, E., 2024. Feasibility of Electric Vehicle Charging Stations from MV/LV Stations in Small Cities. *Energies*, [online] 17(24). https://doi.org/10.3390/en17246357.

Yosef, M., Sayed, M.M. and Youssef, H.K.M., 2015. Allocation and sizing of distribution transformers and feeders for optimal planning of MV/LV distribution networks using optimal integrated biogeography

based optimization method. *Electric Power Systems Research*, [online] 128, pp.100–112. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.06.022.

Ziari, I., Ledwich, G. and Ghosh, A., 2011. Optimal integrated planning of MV–LV distribution systems using DPSO. *Electric Power Systems Research*, [online] 81(10), pp.1905–1914. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.05.015.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

POWER QUALITY AND GRID IMPACT ASSESSMENT OF OFFSHORE HYBRID RENEWABLE ENERGY SYSTEMS USING ETAP

Muhammad Rızqi Asy Syarif[1], Musa Terkeş[2*], Alpaslan Demirci[3], Erdin Gökalp[4]

[1]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[*2]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[3]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[4]Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Türkiye.

[1]ORCID Code: -

[*2]ORCID Code: **0000-0002-4411-411X**

[3]ORCID Code: **0000-0002-1038-7224**

[4]ORCID Code: **0000-0002-1518-432X**

ABSTRACT

The global shift toward renewable energy has highlighted offshore hybrid systems as a promising pathway for sustainable and reliable electricity generation. Offshore wind turbines, wave energy converters, and floating photovoltaic panels, when integrated with battery storage and advanced power converters, provide complementary resource availability and reduced variability. While previous research has mainly addressed the techno-economic feasibility of such systems under policy scenarios such as carbon taxation, their long-term viability also depends on compliance with power quality standards and distribution network stability. Building on earlier work in which the economic and environmental impacts of carbon tax scenarios were analyzed using HOMER Pro, this study extends the analysis toward a technical validation perspective. The optimal configuration obtained under the most cost-effective carbon tax level (54 $/t) was implemented in ETAP for detailed load flow, short-circuit, and harmonic analyses. The offshore hybrid system was modeled at the point of common coupling (400 V bus) of a distribution network, with converter-level harmonic characteristics defined according to state-of-the-art technologies. Results demonstrate that, despite favorable economic indicators, such as a net present cost (NPC) of 180,609 $, cost of energy (COE) of 0.02672 $/kWh, and 80.9% renewable fraction (RF), the system introduces notable technical challenges, including elevated total harmonic distortion (THD) at the bus, significant branch losses, and power factor deviations. Harmonic spectra revealed particularly high contributions from the energy storage system and converter interactions, underlining the necessity of advanced filtering and compensation strategies. By bridging economic optimization with technical validation, this work emphasizes that

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

offshore hybrid energy systems cannot be assessed solely on cost and emissions metrics but must also undergo rigorous power quality evaluation to ensure reliable grid integration. The dual perspective presented offers valuable insights for regulators, utilities, and policymakers, underscoring the importance of aligning economic incentives such as carbon taxation with the technical requirements of modern distribution networks.

Keywords: Offshore hybrid renewable systems, offshore wind turbines, wave energy converters, floating solar PV, power quality analysis, load flow analysis, short-circuit analysis, grid integration.

INTRODUCTION

The global transition toward renewable energy has significantly accelerated the deployment of offshore-based power systems, which integrate diverse technologies such as offshore wind turbines (OWT), wave energy converters (WEC), and floating solar photovoltaic panels (FSPV). OWT have already demonstrated substantial potential in improving grid stability, expanding generation capacity, and supporting large-scale decarbonization strategies (Wu et al., 2024). Alongside OWT, WEC and FSPV systems are increasingly gaining attention as complementary technologies, contributing to a more reliable and sustainable offshore hybrid energy mix (Li et al., 2023; Venkatesan et al., 2024). However, the integration of such hybrid offshore systems into existing power networks presents several technical and economic challenges, ranging from cost optimization and resource intermittency to system stability and power quality concerns (Wang et al., 2018; Liu and Zhao, 2022).

In Türkiye and other regions with high offshore potential, the large-scale deployment of OWPs has been analyzed in terms of grid code compliance, dynamic stability, and voltage control capabilities, with results showing that even under high penetration levels the power system can maintain operational stability (Yalman et al., 2022). Nevertheless, technical requirements for offshore integration remain a critical issue, as demonstrated in comparative analyses of European and Turkish grid codes, where improvements are needed in active power control, voltage regulation, and fault ride-through capabilities (Çelik et al., 2022). Furthermore, research has highlighted the importance of real-time stabilization strategies for offshore wind fluctuations, often requiring hybrid storage systems such as batteries and supercapacitors to meet grid connection standards (Chen et al., 2022). In parallel, ensuring harmonic compliance and power quality of offshore installations has become a pressing priority, as studies on modulation strategies, converter technologies, and harmonic filtering solutions reveal that poorly managed harmonics can hinder compliance with international standards (Ago, 2020; Ruiz et al., 2021).

The environmental and operational complexity of offshore systems further requires attention to hybrid optimization approaches that combine economic and technical analyses. Various works have underlined the role of techno-economic modeling tools such as HOMER Pro to assess the trade-offs between cost, emissions, and system reliability in hybrid renewable energy systems (HRES)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(Johansen, n.d.; Zhao et al., 2022). Meanwhile, advanced decomposition and forecasting techniques, such as complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise (CEEMDAN)- long short-term memory (LSTM) models and hybrid artificial intelligence (HAI) frameworks, have been applied for renewable generation forecasting, uncertainty modeling, and system optimization (Hong and Möller, 2011; Said and Ringwood, 2021; Fu et al., 2022). These methodological advances not only enable a deeper understanding of system behavior but also provide the foundation for informed decision-making in offshore hybrid energy planning.

Despite the progress, a critical research gap exists at the intersection of economic feasibility under environmental policies and technical validation under realistic grid conditions. Previous studies often focus on either economic optimization through carbon taxation scenarios or on technical assessments of grid integration and power quality. However, offshore hybrid systems demand an integrated evaluation approach. In this regard, the present study offers a novel contribution by extending previously published work (Terkes et al., 2025), which analyzed the impact of carbon taxes on the economic viability of an offshore hybrid system in a microgrid context at the Palau River region in Indonesia using HOMER Pro, into a more technical dimension. Using the optimal capacities derived under the most cost-effective carbon tax scenario, this work conducts detailed load flow, short-circuit, and harmonic analyses in ETAP. By linking economic optimization results with technical validation of grid impacts, particularly on voltage profiles, harmonic distortions, reactive power flows, and system losses, this study addresses both the financial and operational dimensions of offshore hybrid systems.

Such a dual perspective is crucial because while carbon taxation can promote economically viable renewable investments, the long-term success and acceptance of offshore hybrid systems depend equally on their compatibility with power quality standards and grid stability requirements. By demonstrating the necessity of evaluating power quality impacts alongside economic outcomes, this work provides new insights for utilities, regulators, and policymakers on the deployment of offshore hybrid energy systems in real-world distribution networks.

METHODOLOGY

The methodology of this study employs a comprehensive two-stage framework that integrates economic optimization with detailed technical validation of an offshore HRES. In the first stage, the system was previously optimized in HOMER Pro under varying carbon tax scenarios. Different capacities of OWT, WEC, FSPV, and battery energy storage systems (ESS) were evaluated. The configuration minimizing net present cost (NPC) under a carbon tax of 54 $/t was selected as the reference for the current technical study. The HOMER optimization objective is expressed as:

$$min(NPC) = \sum_{t=0}^{N} \frac{C_{cap}(t) + C_{om}(t) + C_{fuel}(t) + C_{rep}(t) - R_{salv}(t)}{(1+i)^t} \quad (1)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

where C_{cap}, C_{om}, C_{fuel}, C_{rep} are capital, operational, fuel, and replacement costs in year t; R_{salv} is the salvage value; i is the discount rate; and N is project lifetime. Levelized cost of energy (LCOE) is:

$$LCOE = \frac{NPC}{\sum_{t=0}^{N} \frac{E_{served}(t)}{(1+i)^t}} \tag{2}$$

Component-level Power Formulations

- Offshore Floating Solar PV (FSPV)

$$P_{FSPV}(t) = G_t . A_{PV} . \eta_{PV} . \left(1 - \alpha_p \left(T_c - T_{ref}\right)\right) \tag{3}$$

where G_t is incident irradiance, A_{PV} panel area, η_{PV} panel efficiency, α_p temperature coefficient, T_c cell temperature, T_{ref} reference temperature.

- Offshore Wind Turbine (OWT)

$$P_{OWT}(t) = \begin{cases} 0\,, & v < v_{ci} \ \ or \ v > v_{co} \\ P_{rated} \dfrac{v^3 - v_{ci}^3}{v_r^3 - v_{ci}^3}\,, & v_{ci} \le v \le v_r \\ P_{rated}\,, & v_r < v \le v_{co} \end{cases} \tag{4}$$

where v is hub-height wind speed, v_{ci} cut-in speed, v_r rated speed, v_{co} cut-out speed, P_{rated} turbine rated power.

- Offshore Wave Energy Converter (WEC)

$$P_{WEC}(H_s, T_e) = \eta_{WEC} . \rho . g^2 . H_s^2 . T_e . A_{eff} \tag{5}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

with H_s significant wave height, T_e wave period, η_{WEC} WEC efficiency, ρ water density, g gravity, and A_{eff} effective capture area.

- Battery-based Energy Storage Systems (ESS)

$$SoC(t) = SoC(t-1) + \frac{\eta_{ch} P_{ch}(t) - P_{disch}(t)/\eta_{disch}}{C_{ESS}} \quad (6)$$

where η_{ch}, η_{disch} are charging/discharging efficiencies, C_{ESS} ESS capacity.

- Converter

$$P_{AC}(t) = \eta_{inv} P_{DC}(t) \quad (7)$$

with η_{inv} inverter efficiency.

In previous HOMER simulations (Terkes et al., 2025), the economic and environmental analysis results were carefully evaluated. Building upon this work, the present study focuses on the assessment of the system's technical performance. The system model established in HOMER can be referenced in Figure 1. The HRES modeling and feasibility results based on carbon taxation can be found in detail in (Terkes et al., 2025).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

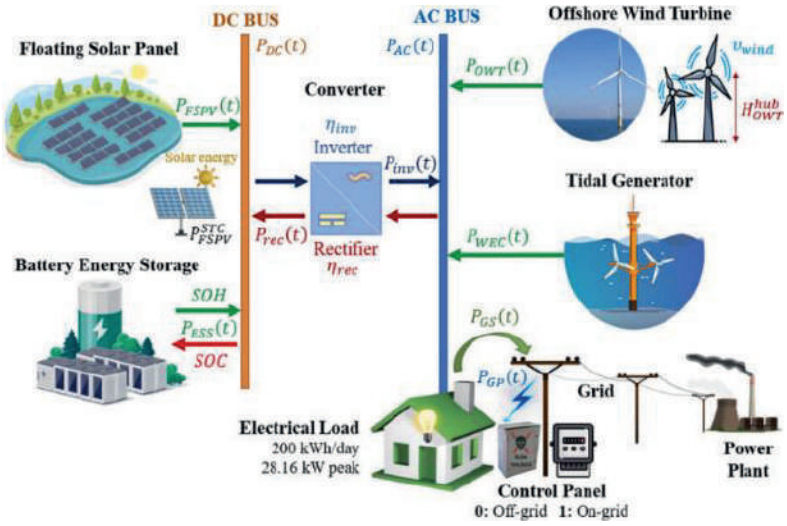


Figure 1. Offshore HRES Configuration with HOMER (Terkes et al., 2025)

Technical Analysis in ETAP

The second stage centers on detailed technical modeling in ETAP. The technical evaluation of the offshore HRES was carried out comprehensively in ETAP, focusing on power flow, short-circuit, and harmonic studies. These analyses were designed to ensure that the system operates safely, efficiently, and in compliance with international standards, particularly under varying operational conditions and fault scenarios.

- Load Flow Analysis

$$V_i^{(k+1)} = \frac{1}{Y_{ii}}\left(\frac{P_i - jQ_i}{V_i^{(k)*}} - \sum_{j\neq i} Y_{ij}V_j^{(k)}\right) \tag{8}$$

while the Newton-Raphson method linearizes the power flow equations and solves them using the Jacobian matrix:

$$\begin{bmatrix}\Delta P \\ \Delta Q\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\frac{\partial P}{\partial Q} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial V}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\theta \\ \Delta V\end{bmatrix} \tag{9}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Here, P_i and Q_i are the net active and reactive powers at bus i, V_i and θ_i are the voltage magnitude and angle, and Y_{ij} represents the elements of the bus admittance matrix. Both methods were cross-validated to ensure convergence under the diverse loading and generation conditions imposed by the FSPV, OWT, WEC, and ESS units.

- Short-Circuit Analysis

Fault studies were conducted according to the IEC 60909 standard to evaluate symmetrical and asymmetrical fault currents. The system was analyzed for three-phase faults, single-phase-to-ground, two-phase-to-ground, and two-phase faults, using the following general expression for the initial symmetrical short-circuit current:

$$I_k^{"} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_k} \tag{10}$$

where U_n is the nominal voltage, Z_k is the equivalent impedance seen from the fault location, and ccc is the voltage correction factor for maximum or minimum short-circuit scenarios. For asymmetrical faults, symmetrical components transformation was applied, separating the system into positive-, negative-, and zero-sequence networks, which allows accurate calculation of unbalanced fault currents.

- Harmonic Analysis

Harmonic studies were performed to evaluate voltage and current distortions introduced by the power electronic converters of the FSPV, OWT, WEC, and ESS units. Additionally, harmonic emissions produced by power electronic converters must comply with limits defined by IEEE 519 or IEC 61000 standards, quantified as total harmonic distortion (THD) for current and voltage:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} 100\% \quad , \quad THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} 100\% \tag{11}$$

where I_h and V_h are the rms values of the h-th harmonic current and voltage, and I_1 and V_1 are the fundamental components. Individual harmonic injections for each subsystem were set according to

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

typical characteristics of modern converter technologies, enabling the assessment of non-linear effects on the network.

- Voltage Drop and Loss Assessment

Distribution losses and voltage drops were computed across the system, including cables, transformers, and converters, using the standard expressions:

$$\Delta V = I.(R.\cos\phi + X.\sin\phi)\ , \quad P_{loss} = 3.I^2R \tag{12}$$

where I is the branch current, R and X are the resistance and reactance of the line segment, and ϕ is the phase angle between current and voltage. These calculations enabled the identification of critical nodes where voltage support or reactive power compensation may be necessary.

By integrating these technical analyses, the study provides a comprehensive validation of the hybrid system's operation, confirming that the combination of offshore FSPV, OWT, WEC, and ESS can maintain acceptable voltage profiles, comply with fault ride-through requirements, and minimize harmonics and losses under realistic operational scenarios.

- Technical Constraints for Offshore Renewable Energy Integration

Following the detailed ETAP analyses, it is essential to ensure that the offshore HRES operates within specific technical limits and regulatory requirements. These constraints encompass voltage and frequency limits, current carrying capacities, fault ride-through capabilities, and harmonic distortion thresholds, all of which are critical for maintaining power quality and system stability. The active and reactive power outputs of OWT, WEC, and FSPV units must be carefully regulated to prevent bus voltage violations and to keep branch currents within their rated capacities. The ESS must operate within prescribed state-of-charge (SoC) boundaries to avoid overcharging or deep discharging, thereby protecting battery health and prolonging operational lifetime.

Harmonic distortion caused by power electronic converters must remain within the limits defined by international standards, typically not exceeding 5% for both voltage and current THD, to prevent equipment malfunction and ensure stable grid interaction. Voltage drops along feeders and distribution lines must be minimized, ideally maintained below 5% of nominal voltage, while network losses should be kept as low as possible to maximize energy efficiency. Additionally, the system must comply with short-circuit and fault ride-through requirements as specified in IEC 61400-21, being capable of sustaining three-phase, single-phase-to-ground, two-phase-to-ground, and two-phase faults without disconnection or damage to generation and storage units.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

By rigorously enforcing these technical constraints, the offshore hybrid system can achieve safe, reliable, and efficient operation, ensuring high-quality power delivery, minimizing operational losses, and supporting long-term stability and resilience of both the generation assets and the energy storage components.

- Offshore HRES Configuration with ETAP

The offshore HRES under study integrates FSPV, OWT, WEC, and a ESS, all interconnected within a meshed distribution network (see Figure 2). The system is connected to the main grid, which has a short-circuit capacity of 6000 MVA, through a 154 kV feeder bus protected by a high-voltage circuit breaker (CB1). From there, the energy is stepped down via a 100 MVA transformer to 34.5 kV, distributed through underground lines to secondary transformers, and further reduced to standard low-voltage levels (0.4 kV) for delivery to individual generation units and loads.

The FSPV units are directly connected through their integrated converters, while OWT and WEC units are interfaced via dedicated power electronic converters to ensure synchronized operation and compliance with grid codes. The ESS is connected through DC cabling and a controlled charger to manage charge–discharge cycles safely, maintaining SoC limits. Underground cabling is adopted for the majority of connections to enhance safety, reduce electromagnetic interference, and provide a reliable transmission pathway, while step-down buses and distribution transformers regulate voltage profiles across the network.

This configuration enables comprehensive ETAP simulations, including Gauss-Seidel and Newton-Raphson load flow analyses, IEC-compliant short-circuit assessments for three-phase, single-phase-to-ground, two-phase-to-ground, and two-phase faults, as well as harmonic analyses to quantify the impact of non-linear power electronic converters. Key performance indicators, such as bus voltage profiles, branch current loading, THD, active and reactive power losses, and voltage drops, are monitored to ensure that all system components operate within their rated capacities and comply with international standards. This integrated approach demonstrates a deep understanding of offshore hybrid system behavior under realistic operational and fault conditions, providing a robust foundation for both technical validation and future optimization studies.

RESULTS

The performance evaluation of the proposed offshore HRES was conducted in two complementary stages. In earlier work, the techno-economic feasibility of the system was extensively analyzed in HOMER Pro under various carbon tax scenarios, where a tax level of 54 $/t was identified as the most cost-effective case. In the present study, only the key outcomes of the HOMER optimization are briefly highlighted to provide context, while the main emphasis is placed on the second stage. Here, the optimized configuration is implemented in ETAP to validate its technical viability through detailed load flow, short-circuit, and harmonic distortion analyses.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

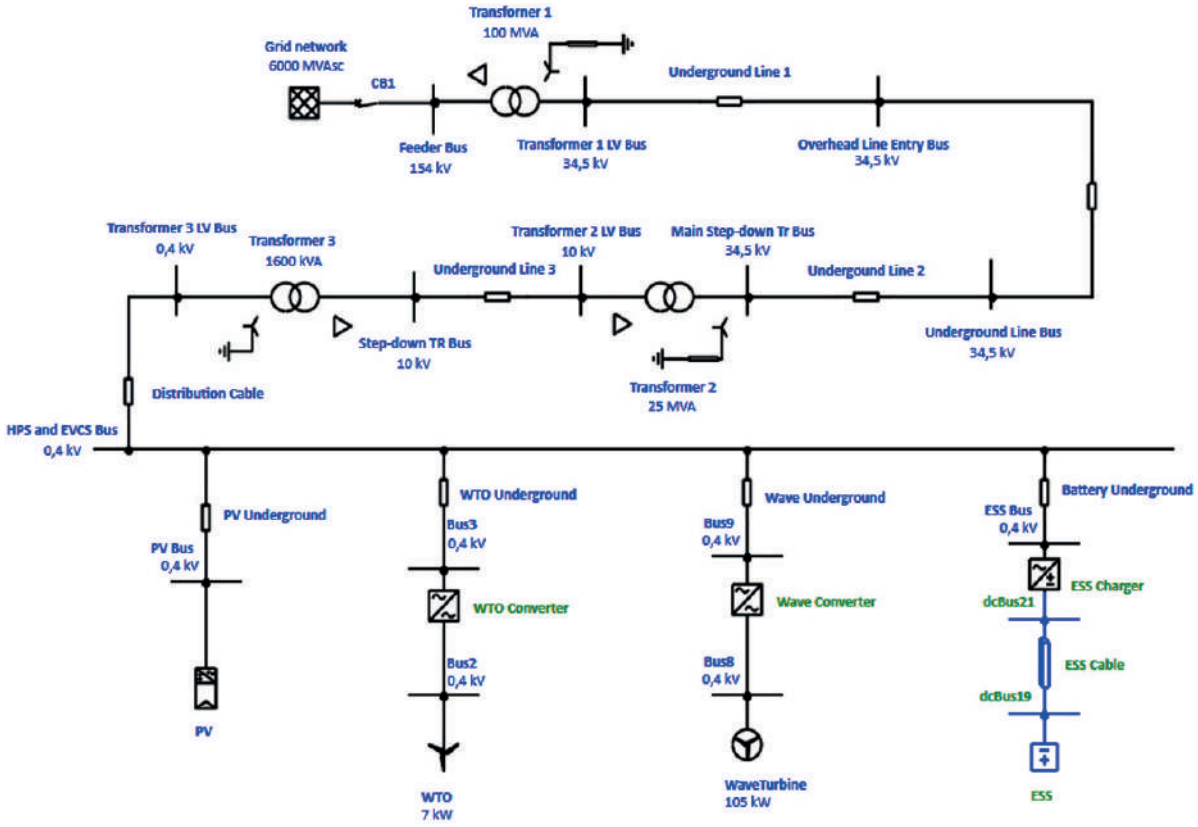


Figure 2. Offshore HRES Configuration with ETAP

Economic and Energy Performance

The HOMER-based optimization yielded an optimal configuration consisting of 2.61 kW FSPV, 10.5 kW OWT, 105 kW WEC, and a 3.67 kWh ESS supported by a 0.552 kW PCS (see Table 1). The system achieved an LCOE of 0.02672 $/kWh and a NPC of 180,609 $, confirming its competitiveness against conventional alternatives. The renewable fraction reached 80.9%, with clipped energy losses limited to 1.82%, demonstrating efficient utilization of the installed renewable capacity. The payback analysis further indicated that the investment is financially viable, with a simple payback of 6.41 years and a discounted payback of 7.72 years. Annual CO_2 emissions were reduced to 78,225 kg, confirming the environmental benefits of the hybrid design under the specified carbon pricing regime.

Load Flow and Power Quality

The ETAP load flow results (Table 2) showed stable operation at the low-voltage distribution level, with the hybrid power system (HPS) bus operating at 0.401 kV, supplying 113.53 kW of active power and 37.31 kVAr of reactive power. The system maintained a leading power factor of 0.95, within acceptable grid code limits. Active branch losses were limited to 3.6 kW, while reactive losses were approximately –50.5 kVAr, indicating efficient reactive power compensation by converter-interfaced

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

units. The overall voltage drop was measured as 5.9 V, corresponding to less than 1.5% of nominal voltage, well within international standards.

Harmonic Analysis

Nonlinear behavior introduced by power electronic converters was assessed through harmonic distortion analysis. THD_I was found to be 13.49% for the ESS, 10.50% for the OWT, and 11.25% for the WEC, whereas the FSPV maintained a negligible contribution due to its integrated converter design. At the low-voltage transformer bus, $THD_I^{\text{Transformer LV Bus}\leftrightarrow\text{HPS}}$ peaked at 32.57%, indicating that the aggregation of multiple converter-based sources amplifies distortion at common coupling points. THD_V at the HPS bus was 1.67%, well below the 5% threshold set by IEEE 519, confirming compliance with power quality standards.

Table 1. Optimal System Configuration and Key Techno-economic Indicators Derived from HOMER Pro

Specification	Value	Unit
CT	54	$/t
FSPV capacity	2.61	kW
OWT capacity	10.5	kW
WEC capacity	105	kW
ESS capacity	3.67	kWh
PCS capacity	0.552	kW
LCOE	0.02672	$/kWh
NPC	180,609	$
Simple payback	6.41	yr
Discounted payback	7.72	yr
CO_2	78,225	kg/yr
RF	80.9	%
Clipped energy	1.82	%

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

As presented in Table 3, detailed harmonic spectra revealed that current harmonics were dominated by the 11th and 13th orders across converter-connected units, with the ESS exhibiting the highest magnitudes (8.68% and 7.29%, respectively). Higher-order harmonics (23^{rd}–49^{th}) were significantly attenuated, remaining below 4%. On the voltage side, distortions remained consistently below 1% for all sources except the ESS, where values between 3.4% and 4.0% were observed, suggesting that mitigation strategies such as active filters may be beneficial for large-scale storage integration.

Short-Circuit Performance

Fault analysis confirmed the robustness of the system under various contingencies (see Table 1). The initial symmetrical three-phase fault current was calculated as 32.66 kA with a peak value of 70.22 kA, while single line-to-ground and double line-to-ground faults produced slightly higher breaking currents of 32.77 kA and 32.85 kA, respectively. Line-to-line faults resulted in a lower fault current of 28.29 kA. These values remain within the withstand ratings of the protection devices specified for the network, ensuring that the system can be safely isolated under severe disturbances.

Integrated Assessment

The combined results demonstrate that the offshore HRES is both economically viable and technically reliable. The optimized configuration offers a competitive cost of energy and significant CO_2 reduction potential while maintaining acceptable power quality indices under realistic operating and fault conditions. Although current harmonics from the ESS require attention, the overall harmonic distortion levels and voltage profiles comply with IEEE and IEC standards. This dual-stage evaluation framework confirms that the system is not only optimal in terms of investment but also feasible for real-world deployment, thereby bridging the gap between economic feasibility analyses and operational validation.

Table 2. Technical Performance Indicators of the Offshore HRES

Specification	Value	Unit
$THD_I^{\text{FSPV}\leftrightarrow\text{HPS}}$	-	%
$THD_I^{\text{ESS}\leftrightarrow\text{HPS}}$	13.49	%
$THD_I^{\text{OWT}\leftrightarrow\text{HPS}}$	10.50	%
$THD_I^{\text{WEC}\leftrightarrow\text{HPS}}$	11.25	%
$THD_I^{\text{Transformer LV Bus}\leftrightarrow\text{HPS}}$	32.57	%
THD_V	1.67	%

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Power factor	0.95 (leading)				-
Voltage	0.401				kV
Current	172				A
Active power	113.53				kW
Reactive power	37.31				kVAr
Active branch losses	3.6				kW
Reactive branch losses	-50.5				kVAr
Voltage drop	5.9				V
Three-phase symmetrical fault current (Initial--Peak--Steady-State)	32.66	70.22	-	32.66	kA
Single line-to-ground fault current (Initial--Peak--Breaking—Steady State)	32.77	70.46	32.77	32.77	kA
Line-to-line fault current (Initial--Peak--Breaking--Steady-State)	28.29	60.81	28.29	28.29	kA
Double line-to-ground fault current (Initial--Peak--Breaking--Steady-State)	32.85	70.62	32.85	32.85	kA

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 3. Current and Voltage Harmonic Distortion Profiles of Offshore HRES Components

Harmonic	Bus-Order	11	13	23	25	35	37	47	49	Unit
Current	FSPV	-	-	-	-	-	-	-	-	%
	OWT	7.88	6.03	2.45	2.14	0.81	0.70	0.30	0.19	
	WEC	8.26	6.65	2.77	2.29	0.80	0.61	0.21	0.20	
	ESS	8.68	7.29	4.09	3.80	2.78	2.59	2.03	1.94	
	HPS	15.83	23.23	11.58	9.73	4.91	2.64	2.32	2.34	
Voltage	FSPV	0.44	0.78	0.77	0.72	0.58	0.34	0.44	0.47	
	OWT	0.45	0.79	0.77	0.72	0.58	0.34	0.44	0.47	
	WEC	0.54	0.88	0.84	0.77	0.59	0.32	0.43	0.48	
	ESS	3.42	3.99	3.86	4.02	3.88	3.60	3.56	3.48	
	HPS	0.44	0.78	0.77	0.72	0.58	0.34	0.44	0.47	

CONCLUSION AND FUTURE SUGGESTIONS

This study proposed and comprehensively evaluated an offshore HRES integrating FSPV, OWT, WEC, and ESS within a meshed distribution network. A two-stage assessment framework was employed: HOMER Pro optimization, whose detailed results were reported in a previous study (Terkes et al., 2025), was first used to determine the economically optimal system configuration under carbon tax conditions, and ETAP simulations were subsequently carried out to validate its technical feasibility under realistic grid operation and fault scenarios.

The HOMER results highlighted that under a carbon tax of 54 $/t, the hybrid system achieves a highly competitive cost of energy (0.02672 $/kWh), an NPC of 180,609 $, and a RF of 80.9%. The system demonstrated short and attractive payback periods while reducing annual CO_2 emissions by 78,225 kg, thus aligning both with economic efficiency and environmental sustainability targets.

The ETAP analysis confirmed that the optimized configuration operates within international technical standards. Load flow results showed acceptable bus voltage stability, minimal losses, and compliant voltage drops. Harmonic analysis indicated that while THD in current was significant at certain coupling points, particularly for the ESS, voltage distortion remained within IEEE 519 limits. Short-

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

circuit analysis demonstrated that fault currents were within the withstand capability of protection devices, ensuring safe system operation under disturbances.

Overall, the findings emphasize that economic optimization alone is insufficient to ensure the real-world viability of hybrid offshore renewable energy systems. Instead, an integrated economic–technical evaluation, as presented in this study, is essential for confirming both financial attractiveness and operational reliability. The proposed methodology provides a replicable framework for policymakers, planners, and engineers seeking to accelerate offshore hybrid system deployment under carbon taxation and other policy instruments.

Future research should focus on developing advanced harmonic mitigation strategies, incorporating larger-scale storage, and testing dynamic performance under transient disturbances and grid-forming scenarios. Expanding the model to include demand-side management and multi-objective optimization would further strengthen the applicability of this approach for next-generation hybrid offshore renewable systems.

REFERENCES

Ago, E., 2020. Investigation of Voltage and Current Harmonics on Offshore Wind Farms connected to the Electrical Grid (Case : Karaburuni , Vlora Albania). (May), pp.7–12.

Çelik, Ö., Yalman, Y., Tan, A., Bayındır, K.Ç., Çetinkaya, Ü., Akdeniz, M., Chaudhary, S.K., Høyer, M. and Guerrero, J.M., 2022. Grid code requirements – A case study on the assessment for integration of offshore wind power plants in Turkey. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, [online] 52, p.102137. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102137.

Chen, Y., Li, H., Chen, Q. and Yang, Q., 2022. Target Power Determination for Real-time Stabilization of Grid-Connected Offshore Wind Power Fluctuation. In: *2022 21st International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES)*. pp.188–191. https://doi.org/10.1109/DCABES57229.2022.00077.

Fu, Y., Liu, Z., Zhao, L., Tian, X., Yuan, Z. and Yang, B., 2022. Offshore Wind Power Development and Transmission Technology Research in Shandong. In: *2022 IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia (I&CPS Asia)*. pp.195–199. https://doi.org/10.1109/ICPSAsia55496.2022.9949684.

Hong, L. and Möller, B., 2011. Offshore wind energy potential in China: Under technical, spatial and economic constraints. *Energy*, [online] 36(7), pp.4482–4491. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.071.

Johansen, I., n.d. Grid Integration of Offshore Wind Power: Challenges and Solutions. *American Journal of Electrical Engineering and Technology*, 2(3), p.

Li, H., Jiang, K., Lu, Z., Hou, J., Xu, S., Qi, W. and Cai, H., 2023. Optimization of the offshore wind power grid-connected structure based on an improved genetic algorithm. *Frontiers in Energy Research*, [online] Volume 11. https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1140711.

Liu, Z. and Zhao, H., 2022. Analysis of grid-connected operation characteristics and limit access capacity of offshore wind farms. *Energy Reports*, [online] 8, pp.1123–1132. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.08.140.

Ruiz, C., Abad, G., Zubiaga, M., Madariaga, D. and Arza, J., 2021. Wind Turbine Oriented Solutions to Improve Power Quality and Harmonic Compliance of AC Offshore Wind Power Plants. *IEEE Access*, 9, pp.167096–167116. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3136713.

Said, H.A. and Ringwood, J. V, 2021. Grid integration aspects of wave energy—Overview and perspectives. *IET Renewable Power Generation*, [online] 15(14), pp.3045–3064. https://doi.org/https://doi.org/10.1049/rpg2.12179.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Terkes, M., Syarif, M.R.A., Demirci, A., Ozturk, Z., Gokalp, E. and Cali, U., 2025. Balancing cost-efficiency and sustainability in offshore hybrid renewable energy systems: A case study of Palau River. *Energy Reports*, [online] 14, pp.1095–1113. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.06.053.

Venkatesan, R., Kumar, C., Balamurugan, C.R. and Senjyu, T., 2024. Enhancing power quality in grid-connected hybrid renewable energy systems using UPQC and optimized O-FOPID. *Frontiers in Energy Research*, [online] Volume 12. https://doi.org/10.3389/fenrg.2024.1425412.

Wang, L., Lin, C.-Y., Wu, H.-Y. and Prokhorov, A.V., 2018. Stability Analysis of a Microgrid System With a Hybrid Offshore Wind and Ocean Energy Farm Fed to a Power Grid Through an HVDC Link. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(3), pp.2012–2022. https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2787126.

Wu, D., Seo, G.-S., Xu, L., Su, C., Kocewiak, L., Sun, Y. and Qin, Z., 2024. Grid Integration of Offshore Wind Power: Standards, Control, Power Quality and Transmission. *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 5, pp.583–604. https://doi.org/10.1109/OJPEL.2024.3390417.

Yalman, Y., Çelik, Ö., Tan, A., Bayindir, K.Ç., Çetinkaya, Ü., Yeşil, M., Akdeniz, M., Tinajero, G.D.A., Chaudhary, S.K., Guerrero, J.M. and Khan, B., 2022. Impacts of Large-Scale Offshore Wind Power Plants Integration on Turkish Power System. *IEEE Access*, 10, pp.83265–83280. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3196779.

Zhao, F., Wang, X., Zhou, Z., Harnefors, L., Svensson, J.R., Kocewiak, Ł.H. and Peter Sidoroff Gryning, M., 2022. Control Interaction Modeling and Analysis of Grid-Forming Battery Energy Storage System for Offshore Wind Power Plant. *IEEE Transactions on Power Systems*, 37(1), pp.497–507. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2021.3096850.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FARKLI CO_2 ORANLARININ S355 ÇELİĞİNDE MAG (135) KAYNAK PERFORMANSINA ETKİSİ

Berkay ADA[1]

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0007-6351-9343

Cenker ÇAVUŞOĞLU[2]

Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0009-8040-6193

Özet

Gazaltı ark kaynağı (135 – MAG), yüksek üretim hızı, otomasyona uygunluğu ve geniş uygulama alanı sayesinde modern imalat sanayisinin en yaygın kullanılan kaynak yöntemlerinden biridir. Bu yöntemin başarısında en kritik faktörlerden biri, kullanılan koruyucu gaz karışımının bileşimidir. Özellikle karbondioksit (CO_2) oranı; arkın kararlılığı, damla geçiş mekanizması, kaynak telinin erime karakteristikleri, sıçrantı miktarı ve kaynak dikişinin metalürjik özellikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu nedenle gaz bileşimindeki küçük değişiklikler dahi kaynak kalitesi ve verimliliği açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmada, S355 yapısal çeliği üzerinde Magmaweld SG2 kaynak teli kullanılarak farklı CO_2 oranlarının kaynak performansına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar Fronius CMT kaynak makinesi ile sabit parametreler altında gerçekleştirilmiş, koruyucu gaz olarak %90 Ar – %10 CO_2 ve %75 Ar – %25 CO_2 karışımları tercih edilmiştir. Elde edilen kaynak dikişleri; makro incelemeler, nüfuziyet derinliği ölçümleri, sıçrantı analizi ve görsel muayene yöntemleriyle değerlendirilmiştir.

Deney sonuçları, CO_2 oranındaki artışın nüfuziyet derinliğini belirgin şekilde artırdığını, ancak bunun beraberinde sıçrantı miktarının artması ve yüzey oksitlenmesinin daha yoğun hale gelmesi gibi olumsuz etkiler yarattığını göstermiştir. Düşük CO_2 oranında ise ark kararlılığının yükseldiği, sıçrantının azaldığı ve yüzey kalitesinin iyileştiği, ancak nüfuziyetin sınırlı kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, düşük CO_2 oranının estetik ve temiz kaynak dikişleri için avantajlı, yüksek CO_2 oranının ise nüfuziyet derinliği gereken uygulamalarda tercih edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, koruyucu gaz bileşimindeki CO_2 oranının optimizasyonu; kaynak kalitesi, üretim verimliliği ve endüstriyel uygulanabilirlik açısından kritik bir mühendislik parametresidir. Bu çalışma, uygun gaz karışımının seçilmesinde yol gösterici veriler sunarak, kaynaklı imalat süreçlerine bilimsel katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar Kelimeler: Gazaltı ark kaynağı, CO_2 oranı, S355 çeliği, kaynak performansı, koruyucu gaz karışımı

EFFECT OF DIFFERENT CO_2 RATIOS ON MAG (135) WELDING PERFORMANCE OF S355 STEEL

Abstract

Gas Metal Arc Welding (135 – MAG) is one of the most widely used welding methods in modern manufacturing industries due to its high production speed, suitability for automation, and broad application range. One of the most critical factors in the success of this method is the composition of the shielding gas. In particular, the carbon dioxide (CO_2) content plays a decisive role in arc stability, droplet transfer mechanism, melting characteristics of the welding wire, spatter formation, and the metallurgical properties of the weld bead. Therefore, even small changes in gas composition can have significant effects on weld quality and efficiency.

In this study, the effects of different CO_2 ratios on welding performance were experimentally investigated on S355 structural steel using Magmaweld SG2 welding wire. The experiments were conducted using a Fronius CMT welding machine under constant parameters, with shielding gas mixtures of 90% Ar – 10% CO_2 and 75% Ar – 25% CO_2. The resulting weld beads were evaluated through macro examinations, penetration depth measurements, spatter analysis, and visual inspection methods.

The results showed that an increase in CO_2 content significantly enhanced penetration depth but also led to increased spatter and more pronounced surface oxidation. At lower CO_2 content, arc stability improved, spatter decreased, and surface quality was enhanced, although penetration remained limited. This indicates that lower CO_2 ratios are advantageous for aesthetic and clean weld beads, whereas higher CO_2 ratios are preferable for applications requiring deeper penetration.

In conclusion, optimizing the CO_2 content in the shielding gas is a critical engineering parameter for weld quality, production efficiency, and industrial applicability. This study provides guidance for selecting appropriate gas mixtures, contributing scientifically to welded manufacturing processes.

Keywords: Gas Metal Arc Welding, CO_2 ratio, S355 steel, welding performance, shielding gas mixture

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ARTIFICIAL INTELLIGENCE (MACHINE LEARNING) IN DIGITAL STEM EDUCATION: OPPORTUNITIES, APPLICATIONS, AND FUTURE PERSPECTIVES

Hasan GÜLERYÜZ

Muş Alparslan University, Muş, Türkiye
ORCİD CODE: 0000-0002-0941-4969

ABSTRACT

STEM education is an interdisciplinary approach aimed at developing students' analytical thinking, problem-solving, creativity, and collaboration skills. Digitalization has made STEM education more interactive and accessible. Artificial intelligence (Machine Learning) analyzes student data in digital STEM education to provide personalized learning paths and feedback. Machine Learning algorithms offer materials tailored to students' abilities and learning pace, enhancing motivation and strengthening independent learning skills. Machine Learning-supported systems also assist teachers in decision-making processes. By analyzing student performance data, teachers can optimize lesson plans, identify deficiencies, and develop strategies that reinforce students' strengths. This data-driven approach makes instructional processes more effective and goal-oriented. In digital STEM environments, Machine Learning applications integrated with virtual laboratories, simulations, and gamified learning tools enhance student engagement and motivation. Artificial intelligence (Machine Learning) further analyzes students' learning data to identify risk areas and provide targeted support for under-learned topics. Thus, through personalized education, students can fill learning gaps and sustainably improve their academic performance. The flexibility offered by digital STEM education overcomes geographical and economic barriers, making education more accessible. Students can access the same learning resources from different regions and participate in online collaborative projects, experiencing a global learning environment. This supports both individual development and social learning. From a future perspective, Machine Learning-supported digital STEM education systems provide a data-driven, flexible, and student-centered environment. These systems contribute to optimizing teachers' instructional strategies, enabling students to learn at their own pace and acquire advanced competencies in STEM fields. Digital STEM applications encourage students to develop creative projects. Robotics design, 3D-modeling, and simulations allow students to apply theoretical knowledge in practice and enhance critical thinking skills. This process also increases students' self-confidence and problem-solving capacity. In conclusion, the Machine Learning-supported digital STEM education model offers an effective method for enhancing students' academic achievement and 21st-century skills.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Keywords: Digital STEM Education, Artificial Intelligence, Machine Learning, Educational Technologies

Yapay Zekâ (Machine Learning) ile Dijital STEM Eğitimi: Fırsatlar, Uygulamalar ve Gelecek Perspektifleri

ÖZET

STEM eğitimi, öğrencilerin analitik düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve iş birliği becerilerini geliştirmeyi hedefleyen disiplinler arası bir yaklaşımdır. Dijitalleşme, STEM eğitimini daha etkileşimli ve erişilebilir hale getirmektedir. Yapay zekâ(Machine Learning), dijital STEM eğitiminde öğrenci verilerini analiz ederek bireyselleştirilmiş öğrenme yolları ve geri bildirimler sunar. Machine Learning algoritmaları, öğrencilerin yetenek ve öğrenme hızlarına göre uyarlanmış materyaller sunarak motivasyonu artırır ve bağımsız öğrenme becerilerini güçlendirir. Machine Learning destekli sistemler, öğretmenlerin karar alma süreçlerini de destekler. Öğretmenler, öğrenci performans verilerini analiz ederek ders planlarını optimize edebilir, eksiklikleri tespit edebilir ve öğrencilerin güçlü yönlerini pekiştirecek stratejiler geliştirebilir. Bu veri temelli yaklaşım, öğretim süreçlerini daha etkili ve hedef odaklı hâle getirir. Dijital STEM ortamlarında Machine Learning uygulamaları, sanal laboratuvarlar, simülasyonlar ve oyunlaştırılmış öğrenme araçları ile entegre edilerek öğrencilerin katılımını ve motivasyonunu artırır. Yapay zekâ(Machine Learning), ayrıca öğrencilerin öğrenme verilerini analiz ederek riskli alanları belirler ve eksik öğrenilen konular için hedef odaklı destek sağlar. Böylece öğrenciler, kişiselleştirilmiş eğitim sayesinde öğrenme boşluklarını kapatabilir ve başarılarını sürdürülebilir şekilde artırabilir. Dijital STEM'in sağladığı esneklik, coğrafi ve ekonomik engelleri aşarak eğitimi daha erişilebilir kılar. Öğrenciler farklı bölgelerden aynı öğrenme kaynaklarına ulaşabilir ve çevrim içi iş birliği projeleri ile küresel bir öğrenme deneyimi yaşayabilir Bu, hem bireysel gelişimi hem de sosyal öğrenmeyi destekler. Gelecek perspektifi açısından, Yapay zekâ(Machine Learning) destekli dijital STEM eğitim sistemleri, eğitimde veri odaklı, esnek ve öğrenci merkezli bir ortam sağlar. Bu sistemler, öğretmenlerin öğretim stratejilerini optimize etmelerine, öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine ve STEM alanında ileri düzey yetkinlikler kazanmalarına katkı sağlar Dijital STEM uygulamaları, öğrencilerin yaratıcı projeler geliştirmelerini teşvik eder. Robotik tasarım, 3D-modelleme ve simülasyonlar, öğrencilerin teorik bilgiyi pratikte uygulamalarını sağlar ve eleştirel düşünme becerilerini güçlendirir. Bu süreç, öğrencilerin özgüven ve problem çözme kapasitelerini de artırır. Sonuç olarak, Yapay zekâ(Machine Learning) destekli dijital STEM eğitim modeli, öğrencilerin akademik başarılarını ve 21. yüzyıl becerilerini geliştirmede etkili bir yöntem sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dijital STEM Eğitimi, Yapay Zekâ, Machine Learning, Eğitim Teknolojileri

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DETERMINATION OF THE ANALYSIS RESULTS OF THE FIFTH GRADE MATHEMATICS TEXTBOOK PREPARED IN ACCORDANCE WITH THE TURKISH CENTURY EDUCATION MODEL ACCORDING TO THE REVISED BLOOM TAXONOMY

Dr. Ali ŞAHİN[1*]

[*1]Mathematics and Science Education of Department, Mathematics Education of Discipline, Kırkpınar Secondary School, Şanlıurfa, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0003-1389-670X

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the analysis results of the 5th grade secondary school mathematics textbooks prepared in accordance with the Turkish Century Education Model according to the renewed Bloom taxonomy. The mathematics textbook used in 5th grade middle schools affiliated with the Ministry of National Education in the 2024-2025 academic year constitutes the sample of this research. The data to be obtained within the scope of the research was obtained through document review technique. The document analysis method was preferred for the analysis of the obtained data. In the analysis of the 5th grade middle school mathematics textbook according to the revised Bloom taxonomy, when the first step, i.e. the knowledge step, was examined, it was seen that approximately 29.5% of the activities included various activities such as problem questions, exercise questions, and examples, while the second step, also referred to as the comprehension step, consisted of 25.6% of the activities. An examination of the mathematics textbook's application step of the Bloom Taxonomy revealed that activities accounted for approximately 24.7% of the total, while an examination of the analysis step of the revised Bloom Taxonomy revealed that activities accounted for 10.1%. An analysis of the synthesis step, the sixth step of the revised Bloom Taxonomy, revealed that activities accounted for approximately 5.2%, while the final step of the Bloom Taxonomy, the evaluation step, revealed that activities accounted for 4.9%. The analysis results of the mathematics textbooks used in 5th-grade middle school during the 2024-2025 academic year, according to the revised Bloom Taxonomy, were examined. The analysis revealed that the fifth-grade middle school mathematics textbook contained fewer activities, such as practice questions, problem questions, and examples, related to the fifth and sixth steps of the revised Bloom taxonomy—synthesis and evaluation steps—than other steps. In light of these results, it is recommended that the number of activities related to these steps be increased in future textbooks, as the synthesis and evaluation steps allow students to develop higher-order thinking skills.

Keywords: Turkish Century Education Model, Mathematics, Textbook, Revised Bloom Taxonomy.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TÜRKİYE YÜZYILI MAARİF MODELİNE UYGUN HAZIRLANAN BEŞİNCİ SINIF MATEMATİK DERS KİTABININ YENİLENMİŞ BLOOM TAKSONOMİSİNE GÖRE ANALİZ SONUCUNUN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu araştırmanın amacı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeline uygun hazırlanan ortaokul 5.sınıf matematik ders kitaplarının yenilenmiş bloom taksonomisine göre analiz sonucunun belirlenmesidir. 2024-2025 eğitim ve öğretim yılı içerisinde M.E.B. bağlı ortaokul 5.sınıflarda kullanılan matematik ders kitabı bu araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilecek veriler doküman incelemesi tekniğiyle elde edilmiştir. Elde edilen verilerin analizi içinse doküman analiz yöntemi tercih edilmiştir. Ortaokul 5.sınıf matematik ders kitabının yenilenmiş bloom taksonomisine yönelik analizinde birinci adımı yani bilgi adımı açısından bakıldığında yaklaşık olarak %29,5 sahip problem sorusu, alıştırma sorusu, örnekler gibi çeşitli etkinliklerin olduğu görülürken kavrama adımı olarak da ifade edilen ikinci adımına yönelik %25,6 oranında etkinliklerin olduğu görülmüştür. Matematik ders kitabının bloom taksonomisinin uygulama adımına yönelik bakıldığında yaklaşık olarak %24,7 bir yüzdeliğe sahip etkinliklerin olduğu bulunurken yenilenmiş bloom taksonomisinin analiz adımı açısından bakıldığında ise %10,1 bir orana sahip etkinliklerin olduğu yapılan inceleme sonucuna ortaya çıkmıştır. Yenilenmiş bloom taksonomisinin altıncı adımı olan sentez adımına yönelik analize bakıldığına yaklaşık olarak %5,2 bir değere sahip olduğu görülürken bloom taksonomisinin son adımı olan yani değerlendirme adımına bakıldığında ise %4,9 bir orana sahip etkinliklerin olduğu görülmüştür. 2024-2025 eğitim ve öğretim yılı içerisinde ortaokul 5.sınıflarda kullanılan matematik ders kitaplarının yenilenmiş bloom taksonomisine göre analiz sonuçları incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda ortaokul 5.sınıf matematik ders kitabında yenilenmiş bloom taksonomisinin beşinci adımı ile altıncı adımı yani sentez ve değerlendirme adımlarına yönelik alıştırma soruları, problem soruları, örnekler gibi çeşitli etkinliklerin diğer adımlara oranla daha az bir miktarda olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında sentez ve değerlendirme adımları öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerinin geliştirilmesine olanak tanımasından dolayı bundan sonra hazırlanacak ders kitaplarında bu adımlara yönelik etkinlik sayısının artırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, Matematik, Ders Kitabı, Yenilenmiş Bloom Taksonomisi.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

A TEACHING DESIGN PROPOSAL BASED ON THE 4MAT TEACHING MODEL FOR TEACHING MATHEMATICS COURSE TO SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Dr. Ali ŞAHİN[1*]

[*1]Mathematics and Science Education of Department, Mathematics Education of Discipline, Kırkpınar Secondary School, Şanlıurfa, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0003-1389-670X

ABSTRACT

This study aims to propose a teaching design for teaching mathematics to 8th grade students in middle school based on the 4MAT teaching model based on the constructivist approach. The 4MAT teaching model is a model that is sensitive to individual differences, actively involves students in the process, and takes into account students' learning styles. Since this research is based on theoretical foundations rather than an applied research, the document review method was preferred in this study. A literature review was conducted to collect the data to be obtained for the research. For this purpose, postgraduate studies, articles, and theoretical models were scanned. In the analysis of the obtained data, a thematic review was conducted and an instructional design proposal was put forward by proceeding from the obtained results. Here, a teaching design was created for how the 4MAT teaching model can be adapted to the middle school level. For a teaching design based on the 4MAT teaching model, the researcher preferred the subject of probability among the 8th grade mathematics subjects. This teaching design was created by considering the achievements of the subject of probability at the 8th grade level. The following points were taken into consideration during the preparation of the teaching design stage. These are; the achievements of the subject of probability at the secondary school level, the lesson hours allocated to the subject of probability by the Ministry of National Education (M.E.B.), the steps in the theoretical structure of the 4MAT teaching model, and a lesson plan template was prepared by the researcher by considering the developmental characteristics of the students. The instructional design proposal prepared as a result of this study can be further developed or used in practice. In addition, studies based on the 4MAT teaching model can be conducted for other mathematics subjects at the 8th grade level, except for probability. Similarly, it is suggested that this teaching model can be prepared for different grade levels in mathematics teaching, and that both course design proposals and practical studies covering different disciplines can be conducted.

Keywords: 4MAT Teaching Model, Mathematics, Mathematics Teaching, Instructional Design.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNİN MATEMATİK DERSİ ÖĞRETİMİNE YÖNELİK 4MAT ÖĞRETİM MODELİNİ TEMEL ALAN BİR ÖĞRETİM TASIRIMI ÖNERİSİ

ÖZET

Bu çalışmada yapılandırmacı yaklaşımı temel alan 4MAT öğretim modelinden hareketle ortaokul 8.sınıf düzeyinde bulunan öğrencilerin matematik dersi öğretimine yönelik bir öğretim tasarımı önerisi amaçlanmaktadır. 4MAT öğretim modeli, bireysel farklılıklara duyarlı, öğrencileri sürece aktif olarak katılımını sağlayan ve öğrencilerin öğrenme stillerini dikkate alan bir modeldir. Yapılacak bu araştırma uygulamalı bir araştırmadan çok kuramsal temellere dayalı olduğu için bu çalışmada doküman incelenmesi yöntemi tercih edilmiştir. Araştırma için elde edilecek verilerin toplanması amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Bu amaçla lisansüstü çalışmalar, makaleler ve kuramsal modeller taranmıştır. Elde edilen verilerin analizinde ise tematik inceleme bakılmış ve elde edilen sonuçlardan ilerlenerek bir öğretim tasarımı önerisi ortaya konulmuştur. Burada 4MAT öğretim modelinin ortaokul düzeyine nasıl uyarlanabileceğine yönelik bir öğretim tasarısı oluşturulmuştur. 4MAT öğretim modelini temel alan bir öğretim tasarısı için araştırmacı tarafından 8.sınıf matematik konuları içerisinde bulunan olasılık konusu tercih edilmiştir. Olasılık konusunun 8.sınıf düzeyinde bulunan kazanımlar dikkate alınarak bu öğretim tasarımı oluşturulmuştur. Hazırlanan öğretim tasarımı aşamasında şu noktalar dikkate alınarak hazırlanmıştır. Bunlar; ortaokul düzeyinde bulunan olasılık konusuna ait kazanımlar, Milli Eğitim Bakanlığı'nın (M.E.B) olasılık konusuna ayırdığı ders saati, 4MAT öğretim modelinin kuramsal yapısında bulunan adımlar ve öğrencilerin gelişimsel özelliklerine bakılarak bir ders planı şablonu araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışma sonucunda hazırlanan öğretim tasarımı önerisi daha da geliştirilebilir veya uygulamalı olarak kullanılabilecektir. Bunun yanında olasılık konusu dışında 8.sınıf düzeyinde bulunan diğer matematik konularının da 4MAT öğretim modelini temel alan çalışmalarda yapılabilir. Aynı şekilde bu öğretim modeli temel alınarak matematik öğretiminde farklı sınıf düzeylerine yönelikte hazırlanabileceği gibi farklı disiplinleri de kapsayan hem ders tasarım önerisi hem de uygulamalı çalışmalar yapılabileceği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 4MAT Öğretim Modeli, Matematik, Matematik Öğretimi, Öğretim Tasarımı.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EBS PNÖMATİK FREN SİSTEMLERİNE SAHİP 12 METRE ŞEHİR İÇİ OTOBÜSLERDE RAKOR AÇISININ HAVA AKIŞ VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ FREN HORTUM TASARIMI VE FREN TESTLERİ

Ömer GİLAN[1]

Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Makine İmalat ve Tasarım YL, Bursa, Türkiye
ORCID: 0000-0002-7227-7768

ÖZET

Otobüs fren sistemlerinde kullanılan hortumların tasarımı, sistem güvenilirliği ve operasyonel performans açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada, fren hortumlarının aks hareketiyle uyumlu olacak şekilde serbestlik derecesi ve bağlantı noktalarının belirlenmesi ele alınmıştır. Hortumların süspansiyon hareketleri sırasında mekanik zorlanmalara maruz kalmaması için bağlantı noktalarının, aracın maksimum ve minimum aks yükseklikleri ile direksiyonun tam dönüş açıları dikkate alınarak konumlandırılması gerektiği vurgulanmaktadır. Tasarım sürecinde 3D CAD destekli kinematik analizler ve hareket simülasyonları kullanılmış; hortum uzunluğu ve yönlendirilmesi optimize edilerek hem güvenlik hem de dayanıklılık hedefleri doğrultusunda mühendislik kriterlerine uygun bir yaklaşım geliştirilmiştir. Ayrıca, sistemin performansını doğrulamak amacıyla yüklü ve yüksüz durumlarda fren testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, (UNECE) ECE R13 yönetmeliğine uygun şekilde yapılmış ve servis freni performansı, fren kuvveti dağılımı ile araç stabilitesi gibi parametreler değerlendirilmiştir. Servis freni testinde, 4x2 otobüs modeli ECE R13'te belirtilen 5,0 m/s² yavaşlama değerine karşılık 7,85 m/s² ile %57 daha yüksek performans sergilemiştir. Bu değer, sadece güvenli duruşu garanti etmekle kalmayıp aynı zamanda 5.57 bar gibi orta seviyeli bir basınçta bile bu performansın sağlanabileceğini göstermektedir. Yedek pnömatik sistem performansı, farklı rota testlerinde 2.60 – 4,45 m/s² aralığında değerler sunmuş, bu da yüklü ve hafif araç sınırlarını (2,5 m/s² ve 1,5 m/s²) rahatlıkla karşılamıştır. Tekerlek kilitleme basıncı değeri olan 5.41 bar, ABS sisteminin kalibrasyonu için kritik bir eşiği temsil etmekte ve fren sisteminin aşırı yük altında bile kontrollü çalışabildiğini göstermektedir. Park freni testlerinde ise hem statik (%40,29 – %42,22 eğim tutunmasıyla) hem de dinamik olarak (3.72 – 3,90 m/s² yavaşlama değerleriyle), yasal sınırların yaklaşık iki katı performans elde edilmiştir. Bu durum, özellikle eğimli alanlardaki güvenli park senaryoları için hayati önem taşımaktadır. Elde edilen bulgular, fren hortumu tasarımının yalnızca geometrik değil, aynı zamanda aracın dinamik sistem davranışı çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymakta; kinematik uyum ile fren performansı arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar kelimeler: Elektronik Kontrollü Fren Sistemi, Pnömatik Sistem Tasarımı, Rakor Açısı, Akış Hızı, Fren Hortumu

THE EFFECT OF FITTING ANGLE ON AIRFLOW EFFICIENCY IN PNEUMATIC BRAKE SYSTEMS OF 12 METER URBAN BUSES: BRAKE HOSE DESIGN AND BRAKE TESTING

ABSTRACT

The design of brake hoses used in bus braking systems is of critical importance for system reliability and operational performance. In this study, the degree of freedom and the positioning of connection points of the brake hoses were addressed to ensure compatibility with axle movements. It is emphasized that to prevent mechanical stress on the hoses during suspension movements, connection points must be positioned by taking into account the vehicle's maximum and minimum axle heights as well as the full steering angles. During the design process, 3D CAD-assisted kinematic analyses and motion simulations were utilized. By optimizing hose length and routing, an engineering-based approach aligned with safety and durability objectives was developed. In addition, to validate the system's performance, brake tests were conducted under both loaded and unloaded conditions. These tests were carried out in accordance with UNECE Regulation ECE R13, evaluating parameters such as service brake performance, brake force distribution, and vehicle stability. In the service brake test, the 4x2 bus model achieved a deceleration of 7.85 m/s², which is 57% higher than the 5.0 m/s² value specified in ECE R13. This result not only guarantees safe stopping but also demonstrates that such performance can be achieved even at a moderate pressure level of 5.57 bar. The backup pneumatic system performance ranged between 2.60 – 4.45 m/s² in various route tests, easily meeting the limits for loaded and light vehicle conditions (2.5 m/s² and 1.5 m/s², respectively). The wheel lock pressure value of 5.41 bar represents a critical threshold for ABS calibration and indicates that the braking system can operate in a controlled manner even under excessive loads. In park brake tests, both static (with a slope holding capability of 40.29% – 42.22%) and dynamic performance (with deceleration values of 3.72 – 3.90 m/s²) significantly exceeded legal thresholds, reaching nearly double the required performance. This is particularly vital for ensuring safe parking scenarios on inclined surfaces. The findings reveal that brake hose design should be evaluated not only geometrically but also within the context of the vehicle's dynamic system behavior, showing a direct correlation between kinematic compatibility and braking performance.

Keywords: Electronic Braking System, Pneumatic System Design , Fitting Angle, Flow Rate, Brake Hose

1.GİRİŞ

Elektronik fren sistemlerinde komut iletimi milisaniyeler içerisinde gerçekleşse de frenin uygulandığı pnömatik valfe ulaşan havanın zamanlaması, sistemin bütünsel verimliliği açısından kritik önemdedir. Özellikle otobüs ve kamyon gibi ağır taşıtlarda, pnömatik boru hattının tasarımı ve kullanılan

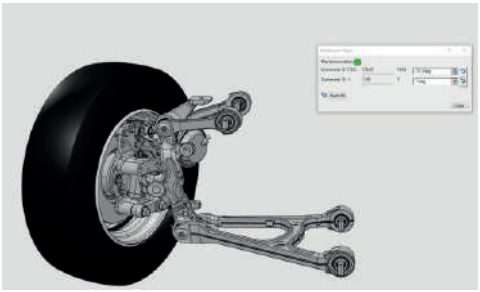
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

rakorların açısı, hava akışına karşı direnç oluşturmakta ve fren gecikmesine neden olabilmektedir. Pnömatik hatlardaki her kıvrım, dirsek ve bağlantı elemanı, sistemde lokal basınç düşüşleri oluşturarak valflere ulaşan akışın hızını düşürmektedir. Bu durum özellikle ani frenleme anlarında, EBS sisteminin teorik olarak sunduğu hızlı tepkilerin pratikte gecikmeye uğramasına yol açmaktadır. Araç hareket halindeyken milisaniyelik fren gecikmeleri dahi fren mesafesini metrelerce uzatabilmekte, bu da güvenlik riski oluşturmaktadır. Geleneksel sistemlerde göz ardı edilen bu detaylar, yüksek hızlı elektronik fren sistemlerinde daha büyük etki yaratmaktadır. Ayrıca sistemin sürekli devrede olduğu şehir içi otobüs uygulamalarında bu kayıplar, donanım üzerinde ekstra yük oluşturarak valflerde ısınma ve yıpranmayı artırabilmektedir. Özellikle 90° dirsek rakorların kullanıldığı keskin dönüşlü hatlarda, akışın laminer karakteri bozulmakta ve türbülanslı rejim oluşmaktadır. Bu da sadece hız kaybına değil, aynı zamanda sesli çalışma, titreşim ve valf kontrol hassasiyetinde azalmaya yol açmaktadır. Bu nedenle mühendislik tasarım süreçlerinde pnömatik hattın geçiş geometrisi, sadece montaj kolaylığı değil, aynı zamanda akış optimizasyonu açısından da değerlendirilmelidir. Sistem performansını artırmak ve bakım maliyetlerini azaltmak için, rakor açıları en düşük dirençle en yüksek verimi sağlayacak şekilde seçilmelidir. Böylelikle sürücüye sürüş kolaylığı sağlanarak tüm dikkatini yol, çevre ve yolculara verebilmesi sağlanmış olacaktır. Ön fren hortumlarında güvenli ve esnek bağlantı sağlamak amacıyla genellikle iki noktadan bağlantı yöntemi tercih edilmektedir. Bu uygulama, hortumun hem şasiye hem de hareketli süspansiyon elemanına sabitlenerek frenleme sırasında hortumun burkulmasını, gerilmesini ve aşırı zorlanmasını önlemeye yardımcı olur. Araç dönerken veya süspansiyon sistemi yukarı-aşağı hareket ederken hortumun uygun açıyla yön değiştirebilmesi, fren hattında kaçak oluşmaması açısından hayati önem taşır. Özellikle bağımsız süspansiyon sistemine sahip ticari araçlarda, hortumun dönüş açısına uygun bir esneklikte konumlandırılması, bağlantı noktalarının taşıt geometrisine göre hassas şekilde yerleştirilmesini gerektirir. Ayrıca, aracın yükselme ve alçalma hareketleri sırasında hortumun kendi ekseni etrafında dönmeden bu hareketlere uyum sağlayabilmesi için, bağlantı aralıkları hesaplanmalı ve minimum gerilme noktaları belirlenerek sabitlenmelidir. Yanlış konumlandırılmış hortum bağlantıları, frenleme sırasında anlık basınç artışına karşı direnç oluşturabilir veya hortumun zamanla çatlamasına neden olabilir. Bu sebeple, hortumun dönebileceği bir eksen tanımı sağlanmalı hem yatay hem de dikey eksende rahatça çalışmasına olanak tanınmalıdır. Özellikle ön aksta dönüş açısının geniş olduğu durumlarda, hortumun direksiyon rotasyonuyla uyumlu hareket edebilmesi için çift bağlantılı esnek düzenekler tercih edilmelidir. Doğru yerleştirilmiş iki nokta bağlantısı, sadece güvenliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda fren sisteminin uzun ömürlü ve bakım gereksinimi düşük bir yapıda çalışmasını sağlar. Bu çalışmada, 12 metre şehir içi otobüslerde kullanılan EBS pnömatik fren sistemlerinde rakor açısının hava akış verimliliğine etkisi ve fren hortum tasarımı gerçekleştirilmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2. FREN HORTUM TASARIMINDA YARDIMCI KİNEMATİK HAREKETLENDİRME

CATIA 3DEXPERIENCE platformu, fren hortumu tasarımında yalnızca geometrik yerleşim değil, aynı zamanda kinematik analizlerle desteklenen dinamik uygunluk kontrolleri yapılmasına olanak tanır. Özellikle ön ve arka aks sistemlerinin süspansiyon hareketleri, direksiyon dönüş açıları ve araç yüksekliği değişimleri gibi çok eksenli dinamikler, CATIA içerisindeki "Kinematic Mechanism Design" modülü aracılığıyla simüle edilerek hortumun hareketli sistemle olan etkileşimi önceden analiz edilebilir. Bu sayede hortumun maksimum uzama, bükülme ve burkulma açıları, sanal ortamda test edilerek ideal bağlantı noktaları ve hortum uzunluğu belirlenebilir. Hareketli simülasyon senaryolarında, hortumun herhangi bir parça ile temas riski, aşırı gerginlik oluşumu veya kırılma açısına yaklaşma durumları görsel ve sayısal olarak analiz edilerek tasarım revizyonları yapılabilir. Özellikle ağır vasıta sistemlerinde, süspansiyon strokunun geniş olduğu durumlarda, hortumun hareketli komponentlerle senkronize şekilde çalışabilmesi için, bu simülasyonlar kritik rol oynar. Ayrıca CATIA'nın 3DEXPERIENCE entegrasyonu sayesinde, farklı disiplinler arasında eş zamanlı tasarım iş birliği sağlanarak, mekanik, pnömatik ve şasi ekipleri aynı model üzerinde optimizasyon gerçekleştirebilir. Şekil 1'de bağımsız aks kinematik hareketlendirme örneği gösterilmektedir.

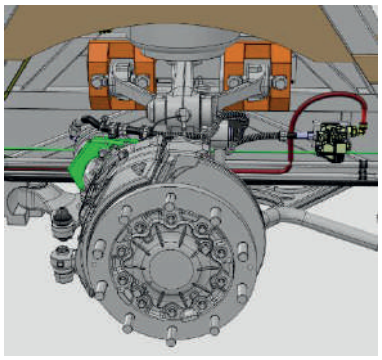


Şekil 1. Bağımsız Aks Kinematik Hareketlendirme

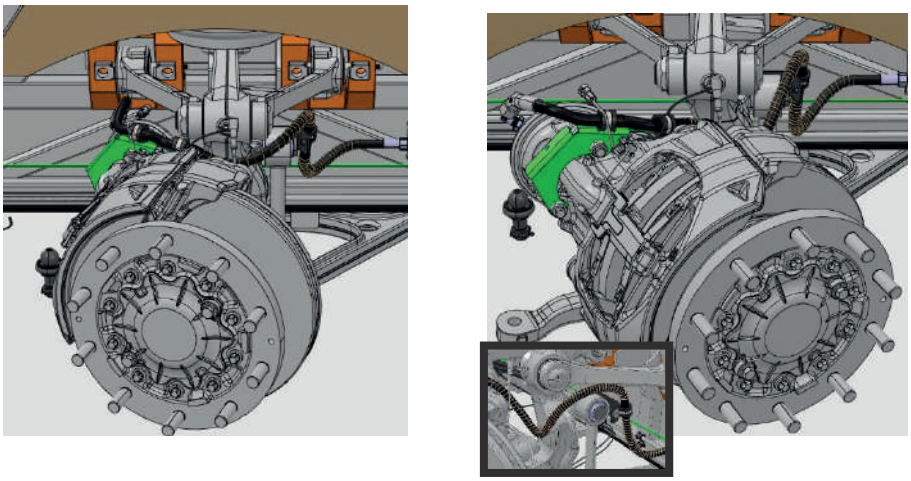
2.1 Normal Sürüş Yüksekliği

Yolcu taşımada kullanılan şehir içi otobüslerin normal sürüş basamak yüksekliği 2021/535 Ek-3 regülasyonuna göre 340 mm olarak belirlenmiştir. Normal sürüş yüksekliğinde iki noktadan sabitlemeli fren hortum tasarımı yardımcı bağlantı braketleri kullanılarak sabitlenmiştir. Araç yüksekliğine ve araç manevra kabiliyetine uyum sağlaması açısından 2 noktadan sabit, 2 noktadan serbestlik düşünülerek tasarım yapılmıştır. Fren hortumunun tanımlanan 2 serbestlik hareketinde olası sürtmeler sonucu hasarın önüne geçmek için fren hortumunun dışını tel koruma eklenmiştir. Şekil 2'de normal sürüş yüksekliğinde fren hortumu davranışı gösterilmektedir. Şekil 3'te normal sürüş yüksekliğinde sağ ve sol manevra kabiliyetinde fren hortumunun pozisyonu gösterilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 2. Normal Sürüş Yüksekliğinde Fren Hortumu

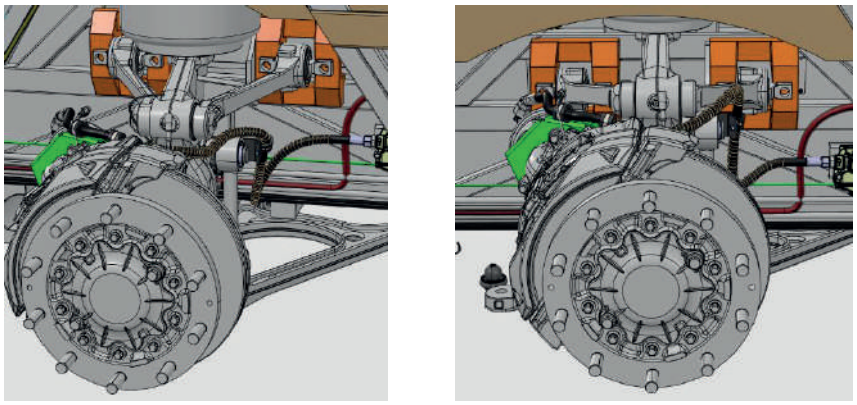


Şekil 3. Normal Sürüş Yüksekliğinde Sağ-Sol Manevra Fren Hortumu Pozisyonu

2.2. Yüksek ve Alçak Sürüş Yüksekliği

12 metre şehir içi otobüsün yüksek sürüş basamak yüksekliği regülasyon çerçevesinde 400 mm olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında aksta yapılan kinematik hareketlendirme ile basamak yüksekliği 400 mm olacak şekilde konum değiştirilerek fren hortumunun bükülme noktaları test edilmektedir.12 metre şehir içi otobüsün alçak sürüş basamak yüksekliği regülasyon çerçevesinde 270 mm olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında aksta yapılan kinematik hareketlendirme ile basamak yüksekliği 270 mm olacak şekilde konum değiştirilerek fren hortumunun bükülme noktaları test edilmektedir. Şekil 3'te yüksek ve alçak sürüşte fren hortumu davranışı gösterilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 4. Yüksek ve Alçak Sürüş Yüksekliğinde Fren Hortumu

3. FREN HORTUM TASARIMINDA ÖNEMLİ NOKTALAR

Fren hortumu tasarımında en kritik parametrelerden biri, hortumun hareket kabiliyetiyle uyumlu olacak şekilde serbestlik derecesinin sağlanması ve buna bağlı olarak bağlantı noktalarının doğru tanımlanmasıdır. Pnömatik fren sistemlerinde hortumun, süspansiyon sisteminin dikey ve yatay eksenlerdeki hareketlerini zorlanmadan takip edebilmesi, sistemin uzun ömürlü ve güvenli çalışması açısından hayati önem taşır. Bu nedenle, hortumun hem şasiye hem de aks üzerindeki bağlantı noktaları, aracın maksimum ve minimum süspansiyon strokları, tam dönüş açısı (lock-to-lock) ve yük altındaki konum değişimleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir.

Özellikle bağımsız süspansiyon sistemine sahip araçlarda, hortumun herhangi bir çarpma, burkulma veya aşırı gerilmeye maruz kalmadan tüm hareket aralığını karşılayabilmesi için, hareket analizleriyle desteklenen tasarım süreçleri uygulanmalıdır. Hortum uzunluğunun belirlenmesinde yalnızca montaj halindeki ölçüler değil, aksın en alçak ve en yüksek konumları ile tam direksiyon rotasyonu altındaki konumlar da dikkate alınmalıdır. Gereğinden kısa bırakılan hortumlar ani süspansiyon hareketlerinde kopma veya bağlantı noktalarında kaçaklara neden olurken, aşırı uzun bırakılan hortumlar ise şasi veya diğer mekanik elemanlara sürtünerek deformasyona uğrayabilir. Bunların önüne geçmek adına fren hortumunun dışına tel koruma eklenmelidir.

4. TASARIMDA AKIŞ HIZININ ÖNEMİ

Elektronik fren sistemlerinde komut iletimi milisaniyeler içerisinde gerçekleşse de frenin uygulandığı pnömatik valfe ulaşan havanın zamanlaması, sistemin bütünsel verimliliği açısından kritik önemdedir. Özellikle otobüs ve kamyon gibi ağır taşıtlarda, pnömatik boru hattının tasarımı ve kullanılan rakorların açısı, hava akışına karşı direnç oluşturmakta ve fren gecikmesine neden olabilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Pnömatik sistemlerde bir bağlantı elemanında oluşan lokal basınç kaybı aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$\Delta P = K_L \cdot \rho \cdot v^2 .0,5$

Değişkenler:

- ΔP: Basınç kaybı (Pa)
- K_L: Yerel kayıp katsayısı
- ρ: Havanın yoğunluğu (~1.2 kg/m³)
- v: Ortalama akış hızı (m/s)

Tablo 1. Rakor Tiplerine Göre Kayıp Katsayısı ve Akış Hızı Kaybı Karşılaştırması

Rakor Tipi	**Kayıp Katsayısı (K_L)**	**Akış Hızı Kaybı (%)**
Düz (0°)	0.00 – 0.05	0%
45° Dirsek	0.20 – 0.40	~30–40%
90° Dirsek	0.50 – 0.90	~60–70%

Elektronik Kontrollü Fren Sistemi, pnömatik hatlardaki bağlantı kalitesine ve tasarımına bağlantılı olarak performans gösterir.

- Düz rakorlar, hava geçişi sırasında en az dirençle karşılaşır. Akış verimi yüksektir, tepki süresi daha hızlıdır.
- 45° rakorlar, orta seviyede kayıp yaratır. Sistem tepkisi biraz gecikebilir, özellikle yoğun frenleme anlarında önemlidir.
- 90° rakorlar, pnömatik hava akışında en fazla direnci oluşturur. Fazla dirençle karşılaşıldığında; hava akış hızı düşer, frenleme süresi gecikebilir ve EBS valflerinde yük artışına yol açabilir.

5. FREN TESTLERİ

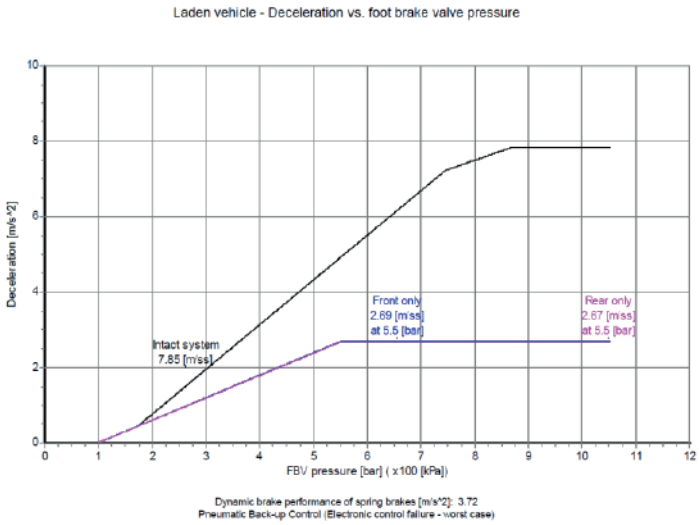
Otobüslerde güvenli sürüş ve etkin durma performansı, yalnızca fren sisteminin tasarımıyla değil, aynı zamanda yürürlükteki standartlara uygun testlerle de güvence altına alınmaktadır. Bu kapsamda, Avrupa'da yürürlükte olan ECE R13 yönetmeliği, özellikle pnömatik fren sistemine sahip araçlar için detaylı test prosedürleri tanımlar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ECE R13, motorlu araçlar ve römorkları için frenleme sistemleriyle ilgili teknik şartları belirleyen kapsamlı bir regülasyondur. Yönetmelik kapsamında, otobüslerdeki servis freni, park freni ve acil fren sistemleri ayrı ayrı değerlendirilir. Testler genellikle aşağıdaki kriterlere odaklanır:

- Servis freni performansı: Belirli hızlarda yapılan frenleme sonucu elde edilen yavaşlama değerleri ve durma mesafesi.
- Park freni tutma kapasitesi: Yokuş testleriyle sistemin statik yük altında aracı tutabilme yeteneği.
- Eş zamanlılık ve dağılım: Fren kuvvetlerinin her aksa dengeli şekilde dağılıp dağılmadığı.
- Frenleme sırasında araç stabilitesi: Özellikle acil durum frenlemesi altında direksiyon kontrolü ve doğrultu kararlılığı.

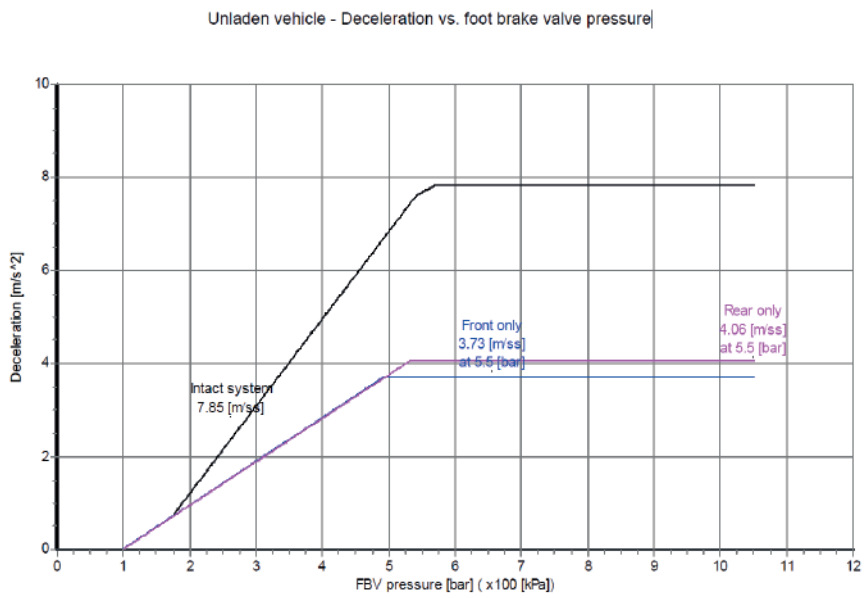
Bu çalışmada kullanılan 12 metre şehir içi otobüse ait fren sisteminde, ECE R13'e uygun olarak testler gerçekleştirilmiştir. Fren testleri sırasında aracın farklı yük durumları (yüklü, yüksüz) dikkate alınmış ölçümler yapılmıştır.Test sonuçları, sistemin hem yasal gereklilikleri hem de güvenlik kriterlerini karşılayıp karşılamadığını ortaya koymak amacıyla analiz edilmiştir. Aşağıda, yapılan fren testlerine ait ölçüm sonuçları ve değerlendirme tabloları sunulmaktadır.



Şekil 5. Yüklü Araçta Fren Pedalı Basıncına Karşılık Yavaşlama İvmesi

Sağlam sistemde, frenleme basıncı ile yavaşlama arasında güçlü bir ilişki gözlemlenirken sistemlerde yaklaşık 5.5 bar basınç seviyesinden sonra frenleme etkisi plato seviyesine ulaşmaktadır. Bu durum, bu eşik değerinin üzerinde uygulanan ek basıncın sınırlı fayda sağladığını göstermektedir. En verimli basınç aralığı 1–4 bar olarak belirlenmiştir; bu aralıkta yavaşlama eğrisinde en dik artış sağlanmaktadır. 7.5 bar üzerinde ise, sağlam sistemde dahi verimlilikte azalma gözlemlenmektedir. Şekil 5'te yüklü araçta fren pedalı basıncına karşılık yavaşlama ivmesi gösterilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 6. Yüksüz Araçta Fren Pedalı Basıncına Karşılık Yavaşlama İvmesi

Yüksüz araçta yapılan fren basınç testleri yüklü araçta yapılan teste göre yavaşlama ivmesi daha yüksek çıkmaktadır. Sağlam sistemde, frenleme basıncı ile yavaşlama arasında güçlü bir ilişki gözlemlenirken sistemlerde yaklaşık 5.5 bar basınç seviyesinden sonra frenleme etkisi plato seviyesine ulaşmaktadır. Bu durum, bu eşik değerinin üzerinde uygulanan ek basıncın sınırlı fayda sağladığını göstermektedir. En verimli basınç aralığı 1–4 bar olarak belirlenmiştir; bu aralıkta yavaşlama eğrisinde en dik artış sağlanmaktadır. 7.5 bar üzerinde ise, sağlam sistemde dahi verimlilikte azalma gözlemlenmektedir. Şekil 6'da yüksüz araçta fren pedalı basıncına karşılık yavaşlama ivmesi gösterilmektedir.

Service brake		unit	ECE R13	4x2 Bus
Foot brake modul pressure at 5 m/s2 Laden v.pneum.back-up		[bar]	-	5.57
Performance at cut-in pressure Laden vehicle		[m/s2]	5.0	7.85
Secondary or Residual performance (pneu.back-up)	Laden	[m/s2]	2.5 or 1.5	Rear failure 2.69 Front failure 2.67
	Unladen			Rear failure 3.73 Front failure 4.06
FBV pressure at wheel locking (pneu.back-up)	Laden	[bar]	-	7.45
	Unladen			5.41

Parking brake		unit	ECE R13	4x2 Bus
Static performance	Laden	[%]	18.0	Up -44.59 Down 41.54
	Unladen			Up -60.29 Down 42.22
Secondary or Dynamic performance	Laden	[m/s2]	2.5 or 1.5	3.72
	Unladen			Adh limit 3.99

Şekil 7. Fren Test Sonuçları Regülasyon Karşılaştırması

Otobüsün fren sistemine yönelik yapılan testler, ECE R13 standardı ile karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde birçok alanda standartların üzerinde performans sergilediğini göstermektedir. Servis freni açısından, ECE R13'te hedeflenen 5,0 m/s²'lik yavaşlama değerine karşılık, 4x2

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

konfigürasyonundaki otobüs 7,85 m/s²'lik bir yavaşlama değeri elde ederek %57 oranında daha yüksek performans göstermiştir. Ayrıca, bu performans yalnızca 5.57 bar basınçla sağlanmakta olup, orta şiddetli frenlemelerde sistemin verimli çalıştığını ortaya koymaktadır.

Yedek sistem (pnömatik) performansı da oldukça dikkat çekicidir. Standartlara göre yüklü araç için 2,5 m/s² ve hafif araç için 2,5 m/s² olarak belirlenen minimum değerler, otobüste rota bazlı olarak 2.60 ila 4,45 m/s² aralığında değişen yavaşlamalarla ciddi oranda aşılmıştır. Özellikle "Route 3.73" ve "Route 4.45" sonuçları, sistemin farklı yol koşullarında yüksek güvenlik sağladığını göstermektedir.

Tekerlek kilitleme basıncı, ECE R13'te açık şekilde belirtilmemiş olsa da test edilen otobüste bu değer yüklü durumda 5.41 bar olarak kaydedilmiştir. Bu, ABS sisteminin devreye girme eşiğini temsil eder ve sistemin frenleme anındaki davranış karakteristiğinin belirlenmesinde önemli bir kalibrasyon verisidir.

Park freni performansı hem statik hem de dinamik olarak değerlendirilmiştir. Statik testlerde, ECE R13'ün öngördüğü %18 eğim toleransına karşılık, otobüs %40,29 ile %42,22 aralığında tutunma göstermiştir. Bu değerler hem çıkış hem de iniş yönlerinde yapılan testlerde standartların yaklaşık 2,3 katı seviyesinde performans elde edildiğini ortaya koymaktadır. Bu analiz genel olarak değerlendirildiğinde, otobüsün fren sistemi hem sertifikasyon sınırlarını büyük ölçüde aşmakta hem de yüksek güvenlik marjları sunmaktadır. Şekil 7'de fren test sonuçları regülasyon karşılaştırması gösterilmektedir.

4.SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, EBS (Elektronik Kontrollü Fren Sistemi) ile donatılmış 12 metre şehir içi otobüslerde kullanılan pnömatik hatlardaki rakor açısının hava akış verimliliğine etkisi ve bu etkinin frenleme performansına olan doğrudan yansımaları detaylı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, CATIA 3DEXPERIENCE platformu kullanılarak yürütülen kinematik analiz destekli fren hortumu tasarımı sayesinde sistematik bir mühendislik yaklaşımı ortaya konmuştur.

Araştırmalar ve simülasyonlar göstermiştir ki, rakorun geometrisi (özellikle açı değeri), pnömatik sistem içerisindeki lokal direnç oluşumunda doğrudan belirleyici bir faktördür. Düz rakorlar (0°), akış çizgisine paralel geçiş sağladığından laminer akış karakteri korunur ve sistemde neredeyse sıfıra yakın bir basınç düşümü gözlemlenir. Bu durum, komut iletim süresi ile fren uygulama süresi arasındaki farkı minimuma indirerek frenleme etkinliğini artırır. 45° açılı dirsek rakorlar ise akış yönünü kısmen değiştirerek orta düzeyde kayıplar oluşturur. Yapılan simülasyonlarda, bu tür rakorların kullanıldığı hatlarda hava akış hızında %30–40 seviyelerinde azalma tespit edilmiştir. En yüksek performans kaybı ise 90° dirsek rakorlarda meydana gelmekte; bu noktalarda türbülans oluşumu ile akış hızı %60–70'e varan oranda düşmekte, ayrıca titreşim, gürültü ve kontrol hassasiyetinde zafiyet gibi ikincil olumsuzluklar oluşmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Kinematik simülasyonlar, bağlantı noktalarının aks hareketlerine göre optimize edilmediği durumlarda fren hortumlarında aşırı gerilme, burkulma veya deformasyon riskine işaret etmiştir. Bu nedenle hortum uzunluğu ve yönlenmesi, süspansiyon stroku, manevra açıları ve araç yüksekliği değişimleri dikkate alınarak 1100 mm olarak optimize edilmiştir. Ayrıca hortum dış kaplamalarının tel sargılı koruma ile sürtünme ve ısıya karşı dayanıklı hale getirilmesi önemlidir.

Saha testleriyle elde edilen fren performansı verileri, sistem verimliliğinin pratikteki yansımalarını doğrulamaktadır:

- Servis freni testinde, 4x2 otobüs modeli ECE R13'te belirtilen 5,0 m/s² yavaşlama değerine karşılık 7,85 m/s² ile %57 daha yüksek performans sergilemiştir. Bu değer, sadece güvenli duruşu garanti etmekle kalmayıp aynı zamanda 5.57 bar gibi orta seviyeli bir basınçta bile bu performansın sağlanabileceğini göstermektedir.

- Yedek pnömatik sistem performansı, farklı rota testlerinde 2.60 – 4,45 m/s² aralığında değerler sunmuş, bu da yüklü ve hafif araç sınırlarını (2,5 m/s² ve 1,5 m/s²) rahatlıkla karşılamıştır.

- Tekerlek kilitleme basıncı değeri olan 5.41 bar, ABS sisteminin kalibrasyonu için kritik bir eşiği temsil etmekte ve fren sisteminin aşırı yük altında bile kontrollü çalışabildiğini göstermektedir.

- Park freni testlerinde ise hem statik (%40,29 – %42,22 eğim tutunmasıyla) hem de dinamik olarak (3.72 – 3,90 m/s² yavaşlama değerleriyle), yasal sınırların yaklaşık iki katı performans elde edilmiştir. Bu durum, özellikle eğimli alanlardaki güvenli park senaryoları için hayati önem taşımaktadır.

- Sonuç olarak, pnömatik fren sistemlerinin hem tasarım hem de saha performansı açısından optimize edilmesi için aşağıdaki teknik öneriler geliştirilmiştir:

- Pnömatik hatlarda düz rakorlar (0°) tercih edilmeli, sistemdeki basınç kayıpları minimize edilmelidir.

- 45° dirsekler yalnızca zorunlu hallerde kullanılmalı ve mümkün olduğunca geniş dönüş yarıçapına sahip olmalıdır.

- 90° dirseklerden kaçınılmalı, sistem mimarisi buna mecbur kılmadıkça bu elemanlar tercih edilmemelidir.

- Her bağlantı elemanı için kayıp katsayısı (KL değeri) belirlenerek sistemin genel basınç düşümü hesaplanmalıdır.

- Fren hortumlarının montaj pozisyonları, kinematik simülasyonlarla test edilerek tasarım sürecine entegre edilmelidir.

- Hortum dış kaplamaları sürtünme ve ısıya karşı tel sargılı koruma ile güçlendirilmelidir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Valf girişleri, hortum çapları ve geçiş adaptörleri gibi tüm hava geçiş elemanları, birlikte optimize edilmelidir.
- Genel sistem tasarımında, EBS sisteminin komut ve tepki senkronizasyonunu bozmayacak şekilde düşük kayıplı, sürekli hava akışı sağlayan bir mimari hedeflenmelidir.

Tüm bu teknik analiz ve öneriler, sadece sistem verimliliğini değil; aynı zamanda yol güvenliğini, bakım aralıklarının uzamasını ve komponent ömrünün artırılmasını da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda pnömatik fren hatlarının optimizasyonu, modern taşıt mühendisliğinde stratejik bir tasarım alanı olarak ele alınmalı ve ihmal edilmemelidir.

5.KAYNAKÇA

1.Bosch. (2022). Automotive Handbook (11th ed.). Robert Bosch GmbH.

2.Gillespie, T. D. (1992). Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International.

3.Pacejka, H. B. (2012). Tire and Vehicle Dynamics (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.

4.Rajamani, R. (2011). Vehicle Dynamics and Control (2nd ed.). Springer.

5.Wensing, J. A. (2008). Pneumatic braking systems: An overview. SAE Technical Paper Series, 2008-01-1234.

6.Wabco. (2021). Pneumatic Control Systems in Commercial Vehicles. Technical Manual, ZF Group.

7.Mahadevan, S., & Raghothama, R. (2000). Design reliability in automotive systems. Reliability Engineering & System Safety, 70(3), 287–294.

8.Katritsis, N. (2017). Pressure losses in pneumatic fittings and hoses. International Journal of Fluid Power, 18(1), 43–51.

9.Çetin, M., & Güner, Y. (2015). Ağır vasıta araçlarında fren sistemlerinin modellenmesi ve simülasyonu. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 13(2), 45–52.

10.Hillier, V. A. W., & Coombes, P. (2012). Fundamentals of Motor Vehicle Technology (6th ed.). Nelson Thornes.

11.Yıldız, M., & Karaşahin, M. (2020). Ticari araçlarda fren hortumu tasarımında kinematik analiz kullanımı. İnşaat ve Makina Dergisi, 31(1), 23–30.

12.ANSYS Inc. (2021). CFD Simulation of Compressed Air Flow in Pneumatic Brake Lines. Application Notes.

13.Zohuri, B. (2017). Physics of Fluid Flow and Heat Transfer. Springer.

14.DIN ISO 1219. (2020). Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams. Deutsches Institut für Normung e.V.

15.Şahin, A., & Güneş, F. (2022). Fren sistemlerinde hava direnci ve hortum bağlantı geometrisinin etkisi. Otobüs ve Ticari Taşıtlar Teknik Kongresi Bildirileri, İstanbul.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

GERİ KAZANILMIŞ CAM ELYAF KATKILI POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Muhammet DAĞLI[1*], Elif GÜDEN[2], Ahmet DEMİRER[3]

[*1] Sakarya University of Applied Sciences, Institute of Science, Mechanical Engineering, Sakarya, Turkey.
ORCID Code: 0000-0002-1336-903X
[2] Sakarya University, Hendek Vocational School, Mechanical Drawing and Construction Department, Sakarya, Turkey.
ORCID Code: 0009-0006-5268-5760
[3] Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering, Sakarya, Turkey.
ORCID Code: 0000-0003-1252-9203

ÖZET

Günümüzde mühendislik uygulamalarında tercih edilen polimer türleri arasında polipropilen (PP) ve poliamid 6 (PA6) önemli bir konuma sahiptir. Bu malzemeler, cam elyaf katkısı sayesinde yüksek dayanım, şekil kararlılığı ve işlevsellik kazanmaktadır. Sürdürülebilir üretim anlayışının gelişmesiyle birlikte, bu polimerlerin geri dönüştürülmüş versiyonlarının performanslarının incelenmesi giderek daha kritik hale gelmektedir. Bu çalışmada, %30 cam elyaf katkılı PP ve %30 cam elyaf katkılı PA6 hammaddeleri kullanılarak enjeksiyon kalıplama yöntemi ile çekme ve darbe test numuneleri üretilmiştir. Deneysel tasarımda hem orijinal hem de %100 geri kazanılmış malzemeler değerlendirilmiştir. Numuneler üzerinde çekme ve darbe testlerine tabi tutulmuştur. Mekanik deneylere ek olarak, işlenebilirlik ve malzeme yapısının değerlendirilmesi için eriyik akış hızı (MFI) ve yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, geri dönüşümün mekanik özellikler üzerinde belirgin bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. PP %30 CE numunelerinde çekme dayanımı yaklaşık %13, darbe dayanımı ise %47 oranında düşmüştür. PA6 %30 CE polimerinde ise çekme dayanımı yaklaşık %18, darbe dayanımı ise %8 civarında azalmıştır. Bu bulgular, PA6 esaslı numunelerin hem orijinal hem de geri dönüştürülmüş formlarında PP esaslı numunelere göre daha yüksek mekanik performans sergilediğini göstermektedir. MFI ölçümlerinde geri dönüştürülmüş numunelerde belirgin bir artış tespit edilmiştir (PP+%30CE için artış oranı %31; PA6+%30CE için artış oranı %33). Bu artış, polimer zincirlerinin geri dönüşüm sırasında kısalması ile ilişkilendirilmiştir. Yoğunluk değerleri PP'de daha stabil kalırken, PA6'da geri dönüşüm sonrası %2'lik hafif bir düşüş görülmüştür. Geri dönüştürülmüş polimerlerin mekanik performanslarında düşüşler olsa da, özellikle sürdürülebilir üretim ve maliyet avantajı açısından önemli fırsatlar sunduğu ortaya konmuştur. Bu bulgular, endüstride geri dönüştürülmüş polimerlerin kullanımına yönelik performans-sürdürülebilirlik dengesinin dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: PA6, PP, cam elyaf, geri dönüşüm, çekme dayanımı, darbe dayanımı, MFI.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERS CONTAINING RECYCLED GLASS FIBER ADDITIVES

ABSTRACT

Among the polymer types commonly preferred in today's engineering applications, polypropylene (PP) and polyamide 6 (PA6) occupy an important position. These materials achieve high strength, dimensional stability, and functionality through glass fiber reinforcement. With the growing emphasis on sustainable production, investigating the performance of recycled versions of these polymers has become increasingly critical. In this study, tensile and impact test specimens were produced by injection molding using 30% glass fiber reinforced PP and 30% glass fiber reinforced PA6 materials. Within the experimental design, both virgin and 100% recycled granules were evaluated. The specimens were subjected to tensile and impact tests. In addition to mechanical tests, melt flow index (MFI) and density measurements were carried out to assess processability and material structure. The results demonstrated that recycling led to a significant reduction in mechanical properties. In PP+30%GF specimens, tensile strength decreased by approximately 13%, while impact strength decreased by 47%. In PA6+30%GF, tensile strength dropped by about 18%, whereas impact strength decreased by only 6%. These findings revealed that PA6-based specimens exhibited higher mechanical performance than PP-based specimens in both virgin and recycled forms.

MFI measurements showed a marked increase in recycled specimens (31% for PP+30%GF; 33% for PA6+ 30%GF). This increase was attributed to chain scission during recycling, which enhanced flowability. Density values remained more stable in PP, whereas PA6 exhibited a slight decrease of about 2% after recycling. Although recycled polymers showed reductions in mechanical performance, they offer significant potential in terms of sustainable production and cost advantages. These findings indicate that the balance between performance and sustainability must be carefully considered for the industrial use of recycled polymers.

Keywords: PA6, PP, glass fiber, recycling, tensile strength, impact strength, MFI.

GİRİŞ

Günümüzde artan çevresel kaygılar ve döngüsel ekonomi hedefleri, mühendislik plastiklerinin yeniden değerlendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Özellikle Poliamid 6 (PA6) ve Polipropilen (PP), sahip oldukları özellik–işlenebilirlik dengesi nedeniyle mühendislik uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen polimer malzemelerdir. Bu polimerlerin ham halleri dahi geniş bir kullanım alanına sahipken, cam elyaf (CE) gibi takviye malzemeleriyle birleştirilmeleri mekanik performanslarını önemli ölçüde artırmakta ve uygulama yelpazesini genişletmektedir. Güllü, Özdemir ve Özdemir (2006), %15 ve %30 cam elyaf takviyesiyle PP ve PA6 malzemelerde sırasıyla yaklaşık %128 ve %199 oranında çekme dayanımı artışı elde edildiğini, düşük elyaf oranlarında ise darbe dayanımında sınırlı bir azalma görüldüğünü rapor etmiştir. Cam elyaf takviyesi, polimerlerin yalnızca mekanik değil, aynı zamanda

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ısıl kararlılık ve şekil sabitliğini de geliştirmekte, özellikle otomotiv, beyaz eşya ve boru sistemleri gibi yüksek mukavemet gerektiren alanlarda kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Chiou ve Lin (2023), enjeksiyon yöntemiyle üretilen geri dönüştürülmüş PP+CE numunelerinde, %50 elyaf oranında en yüksek darbe dayanımının (3,65 J/m) elde edildiğini belirtmiştir. Stachowiak ve ark., (2024) ise yeniden granüle edilmiş PP+CE karışımlarında çekme ve darbe dayanımlarının büyük oranda korunduğunu, ancak eriyik akış indeksinde (MFI) belirgin bir artış gözlendiğini bildirmiştir. PA6 esaslı malzemelerde ise nem, sıcaklık ve geri dönüşüm döngüleri, zincir bozulmalarına bağlı olarak yapısal değişimleri hızlandırmaktadır. Petrascu ve Pascu (2023), %30 cam elyaf katkısının PA6'nın çekme dayanımını %50'den fazla artırdığını; buna karşın darbe dayanımındaki kazancın sınırlı kaldığını göstermiştir. Ayrıca Dağlı ve ark., (2024) geri dönüşüm ürünlerinin proses şartlarıyla mekanik özelliklerinin arttırılabileceğini tespit etmişlerdir. Del Barco Valdivia (2025), geri dönüşüm döngüleri arttıkça polimer zincir uzunluğunun azaldığını ve bunun çekme ile darbe dayanımında belirgin düşüşlere yol açtığını vurgulamıştır.

Bu çalışmada, alt ve üst yapı sistemlerinde kullanılan mekanik bağlantı elemanlarının plastik kaplaması prosesinde kullanılan PP ve PA6 malzemelerinden elde edilen ürünlerin üretim atıkları (yolluk ve benzeri hurda parçalar) geri dönüştürülerek yeniden granül hale getirilmiş ve bu geri kazanılmış hammaddelerin mekanik özellikleri değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen %30 cam elyaf katkılı PP ile PA6 numunelerinin çekme, darbe, yoğunluk ve erime akış hızı (MFI) parametreleri analiz edilerek, geri dönüşümün malzeme davranışı üzerindeki etkileri sistematik biçimde incelenmiştir. Elde edilen bulgular, mühendislik uygulamalarında geri dönüştürülmüş polimerlerin güvenli kullanımına yönelik performans–sürdürülebilirlik dengesinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

MALZEME VE YÖNTEM

Malzeme

Deneysel çalışma kapsamında kullanılan hammaddeler, %30 cam elyaf (CE) katkılı Polipropilen (PP+%30CE) ve %30 cam elyaf katkılı Poliamid 6 (PA6+%30CE) polimerleridir. Teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Her iki malzemenin de orijinal (virgin) ve %100 geri dönüştürülmüş formları kullanılmıştır. Geri dönüştürülmüş hammaddeler, mamul ürün üretim sürecinde oluşan yolluk ve hatalı parçaların yeniden granülasyonuyla elde edilmiştir.

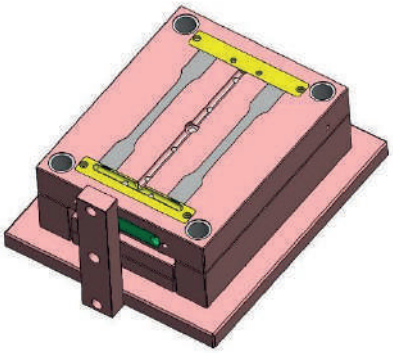
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 1. Malzemelerin teknik özellikleri

Parametreler	**Birim**	**PP (%30 Cam Elyaf Takviyeli**	**PA6 (%30 Cam Elyaf Takviyeli**
Yoğunluk (23°C)	g/cm³	1,09-1,13	1,34-1,36
Erime İndeksi (MFI) (23°C)	g/10min	6,5	-
Çekme Dayanımı (23°C)	MPa	50-70	80-110
Kopmadaki Uzama (23°C)	%	>4	3-4
Elastikiyet Modülü (23°C)	MPa	4000-5500	9000-10000
Çentikli İzod Darbe Değeri (23°C)	kJ/m²	13-18	15-20

Yöntem

Bu çalışmada, kullanılan malzemelerin orijinal ve geri dönüştürülmüş formları kullanılarak, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle ISO 527-2 Tip 1A standardına uygun olarak imal edilmiş çekme testi numunesi kalıbı (Şekil 1) ile numuneler üretilmiştir. Üretim öncesinde granüller, enjeksiyon presinde bulunan kurutucu siloda 80 °C sıcaklıkta 4 saat süreyle kurutularak nemden arındırılarak şartlandırılmştır. Elde edilen numuneler, çekme testi, darbe testi, eriyik akış indeksi (MFI) ve yoğunluk ölçümlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 1. Çekme test numunesi kalıbı görseli

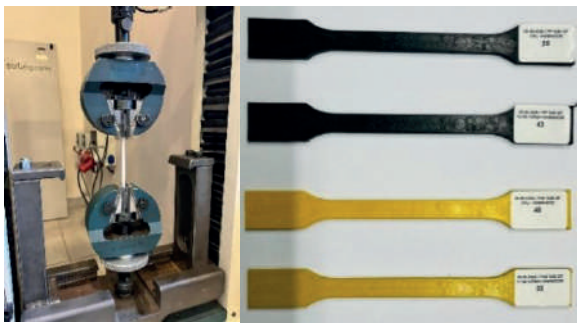
Deneysel Çalışmalar

Çekme Testi

Elde edilen deney numuneleri, Tinius Olsen çekme test cihazında çekme hızı 5 mm/dk ±1 mm/min olacak şekilde her malzeme grubu (PP+%30CE orijinal, PP+%30CE geri dönüştürülmüş, PA6+%30CE orijinal, PA6+%30CE geri dönüştürülmüş) için beş adet numune hasara uğrayana kadar

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

çekme kuvveti uygulanmıştır (Şekil 2). Numunelerden sarı renkli olanlar PA6+%30CE; siyah renkli olan ise PP+%30CE malzemedendir.

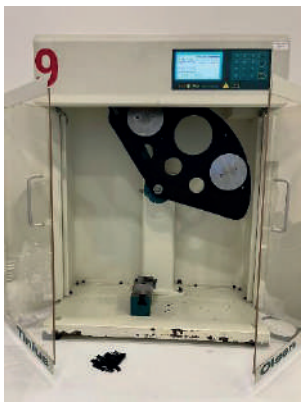


a) b)

Şekil 2. a) Çekme cihazı görseli b) Deney numunesi görseli

Darbe Testi

Darbe deneyi, ISO 180 standardına uygun olarak hazırlanmış 4×10×80 mm boyutlarındaki numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tinius Olsen Impact 503 cihazıyla (Şekil 3) uygulanan darbe testinde, numunenin kırılması için gerekli enerji miktarı belirlenmiştir. Her malzeme grubu (PP+%30CE orijinal, PP+%30CE geri dönüştürülmüş, PA6+%30CE orijinal, PA6+%30CE geri dönüştürülmüş) için beş numune test edilmiş ve sonuçlar aritmetik ortalama olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Darbe test cihazı görseli

Erime Akış İndeksi (MFI) ve Yoğunluk Ölçümü

Deneysel çalışmada kullanılan %30 cam elyaf katkılı PP ve PA6 malzemelerin hem orijinal hem de geri dönüştürülmüş formlarına ait erime akış indeksi (MFI) değerleri, ISO 1133 standardına göre 230 °C sıcaklık ve 2,16 kg yük altında Tinius Olsen MP600 cihazında (Şekil 4a) ölçülmüştür. Yoğunluk ölçümleri ise ISO 1183 standardına uygun olarak, Percisa XB 220A cihazı (Şekil 4b) kullanılarak piknometre yöntemi ile 23 ± 2 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Her iki testte de üç tekrar yapılmış ve sonuçlar aritmetik ortalama olarak değerlendirilmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

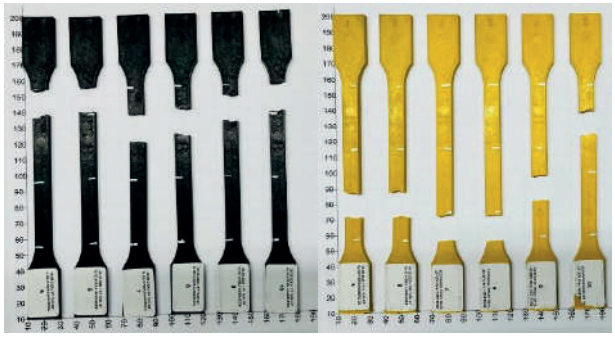


a) b)

Şekil 4. a) Erime akış indeksi ölçüm cihazı görseli b) Yoğunluk ölçüm cihazı görseli

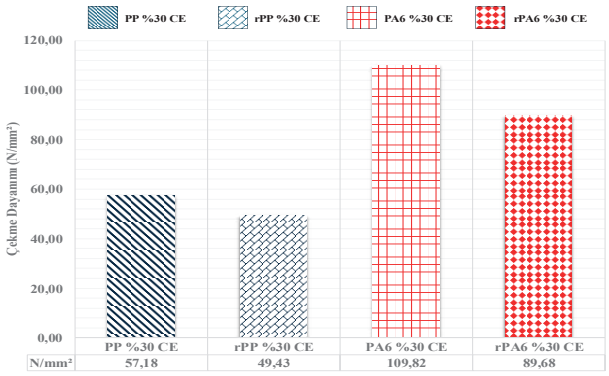
BULGULAR

Çekme Testi Sonuçları



Şekil 5. Çekme testi sonrası numune görseli

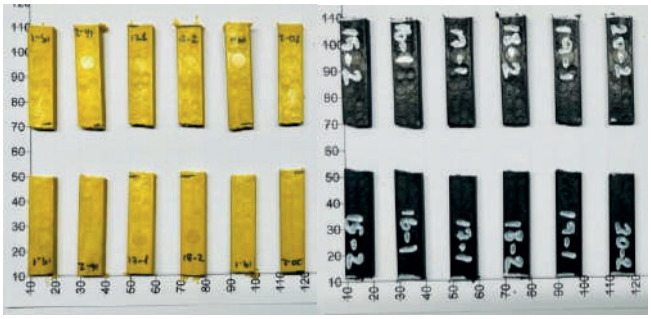
Şekil 5'de çekme testi sonrası elde edilen numunelere ait kırılmış görselleri verilmiştir. Çekme testi sonrası orijinal ve geri dönüştürülmüş numunelere ait ortalama çekme dayanımı değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Grafikte PP+%30 CE malzemenin çekme dayanımı 57,18 N/mm², rPP+%30 CE malzemenin 49,43 N/mm², PA6+%30 CE malzemenin 109,82 N/mm² ve rPA6+%30 CE malzemenin ise 89,68 N/mm² gelmektedir. Geri dönüştürülmüş numunelerde çekme dayanımındaki düşüşün, polimer zincir uzunluğunun azalması ve elyaf–matris ara yüzey bağının zayıflamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Çekme dayanımı sonuçları

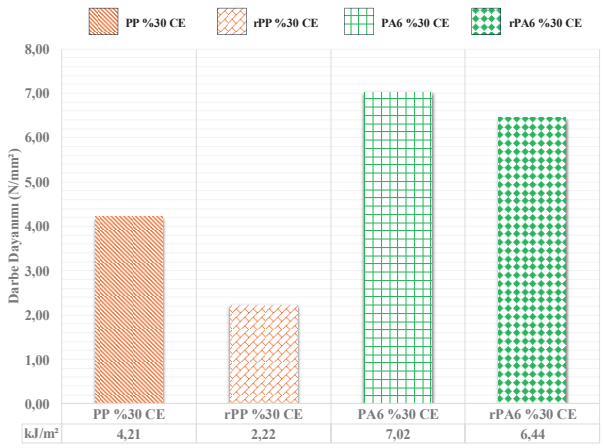
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Darbe Testi Sonuçları



Şekil 7. Darbe testi sonrası numune görseli

Şekil 7'de darbe testi sonrası elde edilen numunelere ait kırılmış görselleri verilmiştir. Darbe testi sonrası orijinal ve geri dönüştürülmüş numunelere ait ortalama darbe dayanımı değerleri Şekil 8'de verilmiş olup değerleri incelediğimizde PP+%30 CE malzeme 4,21 kJ/m², rPP+%30 CE 2,22 kJ/m², PA6+%30 CE 7,02 kJ/m², ve rPA6+%30 CE 6,44 kJ/m² darbe dayanımı göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre geri dönüştürülmüş malzemelerde darbe dayanımının azaldığını, ancak PA6 esaslı kompozitlerin PP esaslı numunelere göre daha yüksek enerji absorpsiyonu sergilediğini göstermektedir.



Şekil 8. Darbe dayanımı sonuçları

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Erime Akış İndeksi (MFI) ve Yoğunluk Sonuçları

Tablo 2. Orijinal ve geri dönüştürülmüş malzemelere ait MFI ve yoğunluk değerleri

Malzeme	MFI Değeri (g/10min)	Yoğunluk (g/cm^3)
PP+%30 CE	5,195	1,124
rPP+%30 CE	7,508	1,119
PA6+%30 CE	5,840	1,341
rPA6+%30 CE	8,725	1,318

Tablo 2'de orijinal ve geri dönüştürülmüş PP+%30CE ve PA6+%30CE malzemelere ait MFI ve yoğunluk değerleri verilmiştir. PP+%30CE malzemede MFI değeri 5,195 g/10 min'den 7,508 g/10 min'e; PA6+%30CE malzemede ise 5,840 g/10 min'den 8,725 g/10min'e yükselmiştir. Bu artış, geri dönüşüm sürecinde polimer zincirlerinin kısalmasıyla malzemenin akışkanlığının artmasından kaynaklanmaktadır. Yoğunluk değerleri incelendiğinde ise PP+%30CE için 1,124 g/cm^3'ten 1,119 g/cm^3'e; PA6+%30CE için 1,341 g/cm^3'ten 1,318 g/cm^3'e düşüş gözlenmiştir. Bu durum, geri dönüşümde lif–matris etkileşiminin zayıflaması ve lif dağılımındaki düzensizliklerle ilişkilendirilebilir.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, orijinal ve geri dönüştürülmüş %30 cam elyaf katkılı PP ile PA6 hammaddeleri kullanılarak enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen çekme ve darbe test numunelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, geri dönüşümün her iki hammadde türünde de malzeme davranışını anlamlı ölçüde etkilediğini göstermektedir.

- Çekme testi sonuçlarına göre; PP+%30 CE malzemede dayanım %13, PA6+%30 CE malzemede ise %18 oranında azalmıştır. Bu düşüş, geri dönüşüm sürecinde polimer zincir uzunluğunun kısalması ve erime sırasında elyaf–matris ara yüzey bağlarının zayıflamasıyla ilişkilendirilebilir.

- Darbe testlerinde de benzer bir eğilim gözlenmiş; PP malzemede darbe dayanımı %47, PA6 malzemede ise %8 oranında azalmıştır. Bu fark, PA6'nın kristalin yapısının ve daha güçlü moleküler bağlarının, geri dönüşümden kaynaklanan mekanik zayıflamayı kısmen telafi ettiğini göstermektedir.

- Erime akış indeksi (MFI) değerlerinde ise belirgin bir artış gözlenmiştir. PP için MFI değeri yaklaşık %31, PA6 için ise %33 oranında artmıştır. Bu artış, zincir kısalması sonucu akışkanlığın artmasından kaynaklanmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Yoğunluk değerlerinde ise PP'de %0,4, PA6'da %2 oranında azalma tespit edilmiştir; bu durum, geri dönüşüm sırasında malzeme içinde oluşan mikro boşluklar ve lif dağılımındaki düzensizliklerle ilişkilendirilmektedir.

Sonuç olarak, %100 geri dönüştürülmüş PP+%30CE malzemelerde çekme dayanımı PA6+%30CE'a göre daha az etkilenirken darbe dayanımında çok daha fazla etkilendiği darbeye maruz yerlerde %100 geri dönüşümlü ürünün kullanımdan kaçınılması gerektiği söylenebilir. %100 geri dönüştürülmüş PA6+%30 CE numuneler de ise darbe dayanımı mekanik özelliklerinde çok daha az etkilendiği (%8) geri dönüşümde daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bu durum, geri dönüştürülmüş mühendislik plastiklerinin uygun proses parametreleriyle sürdürülebilir üretim süreçlerinde yeniden değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Ben Amor, R., Ghamgui, S., & Bouaziz, J. (2023). Effect of mechanical recycling on the structural and mechanical properties of glass fiber reinforced polypropylene composites. Materials Today: Proceedings, 80, 219–227. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.01.157

Chiou, H. C., & Lin, S. P. (2023). Study on mechanical behavior of short glass fiber reinforced recycled polypropylene composites. Polymer Testing, 120, 108013. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108013

Dağlı M., Demirer A., Uçar R. (2024). Geri Dönüştürülmüş YYPE Parçaların Enjeksiyon Kalıplama Proses Şartları ile Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi.-Improving Mechanical Properties of Recycled HDPE Parts Via Injectıon Molding Process Parameters. 10thInternational Aegean Conferences on Innovatiof Technologies & Engineering, 05-07 October 2024 Izmir, Türkiye, ISBN: 978-625-367-874-6.

Del Barco Valdivia, A. (2025). Mechanical and thermal degradation of recycled engineering polymers. Journal of Polymer Research, 32(4), 562–574. https://doi.org/10.1007/s10965-025-04012-1

Güllü, A., Özdemir, M., & Özdemir, Ş. (2006). Cam elyaf takviyeli termoplastiklerin mekanik özelliklerinin incelenmesi. Journal of Engineering Sciences, 12(2), 145–153. https://doi.org/10.1007/s11837-006-0172-9

Khakbaz, M., Jalali-Arani, A., & Hassanpour, H. (2024). Hydrothermal aging effects on mechanical and morphological properties of glass fiber reinforced PA6 composites. Polymer Degradation and Stability, 220, 110534. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2024.110534

Mushtaq, M., & Khan, M. I. (2021). Fiber–matrix interfacial adhesion and mechanical performance of glass fiber reinforced polyamide composites. Composites Science and Technology, 214, 108952. https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108952

Petrascu, H., & Pascu, A. (2023). Mechanical performance of PA6 composites reinforced with 30% glass fiber under tensile loading. Materials Today: Proceedings, 72, 404–410. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.214

Stachowiak, T., Kwiatkowski, D., Chmielarz, P., & Grzesiczak, M. (2024). Regranulated polypropylene-glass fiber mixtures: Mechanical performance and rheological behavior. Journal of Applied Polymer Science, 141(7), 55210. https://doi.org/10.1002/app.55210

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FORENSIC MICROSCOPY EDUCATION: STUDENT APPLICATIONS IN THE EXAMINATION OF BODY FLUIDS AND THEIR FORENSIC SIGNIFICANCE

Fatma Ebru Bekiroglu[1], Lecturer

[1] Department of Forensic Sciences, Kutahya Health Sciences University, Kutahya, Türkiye.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1666-5416

ABSTRACT

Practical training in forensic biology education is crucial for combining theoretical knowledge with laboratory experience. Among these, microscopic staining techniques provide valuable insights into cellular-level structures and contribute to understanding the scientific foundations of forensic evidence. In this study, various staining methods performed by students (Eosin–Nigrosin, Papanicolaou, Giemsa, Shorr, and Christmas Tree) were examined. These techniques serve as valuable educational yools for identifying the morphological features of sperm cells, evaluating cell viability, and verifying forensic samples.

Microscopic staining plays a particularly critical role in sexual assault cases. In some instances, the perpetrator may be azoospermic, have a history of vasectomy, or the time elapsed since the incident may result in insufficient sperm cells for DNA analysis. In such cases, the identification of sperm cells under a microscope in vaginal smears or in anal intercourse samples can serve as a gold standard for confirming the act, even when DNA profiling is not possible. Additionally, in male victims, the simultaneous presence of epithelial cells and sperm cells provides essential evidence, as microscopic observation aids in the interpretation of mixed DNA profiles where epithelial contribution cannot be tested by biochemical assays.

The findings demonstrate that students improved their skills in microscopic techniques, developed disciplined laboratory practices, and gained a more concrete understanding of forensic biology applications. Furthermore, these practices reinforced key academic skills such as teamwork, problem-solving, and analytical thinking. Therefore, integrating microscopic staining techniques into forensic biology education strengthens student learning outcomes both in terms of professional competence and forensic-specific practical skills.

Keywords: Forensic Microscopy, Staining Techniques, Forensic Biology Education, Body Fluids, Sexual Assault Evidence

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Adli mikroskopi eğitimi: Vücut sıvılarının incelenmesinde öğrenci uygulamaları ve adli önemi

ÖZET

Adli biyoloji eğitiminde öğrenci uygulamaları, öğrencilerin teorik bilgilerini laboratuvar pratiğiyle birleştirmeleri açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle mikroskobik boyama teknikleri, hem hücresel düzeyde biyolojik yapıları anlamaya hem de adli delillerin bilimsel temellerini kavramaya katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, öğrenciler tarafından uygulanan çeşitli boyama yöntemleri (Eosin–Nigrosin, Papanicolaou, Giemsa, Shorr ve Christmas Tree boyaları) incelenmiştir. Boyama teknikleri, sperm hücrelerinin morfolojik yapılarının belirlenmesinde, canlılık durumunun değerlendirilmesinde ve adli örneklerin doğrulanmasında eğitimsel bir araç olarak kullanılmıştır.

Mikroskobik boyama teknikleri, özellikle cinsel saldırı vakalarında kritik önem taşımaktadır. Bazı olgularda failin azospermik olması, vazektomi öyküsü bulunması ya da zaman aşımı nedeniyle DNA analizleri için yeterli sayıda sperm hücresi elde edilememektedir. Bu gibi durumlarda, vajinal sürüntü preparatlarında veya anal ilişkilerde elde edilen örneklerde sperm hücrelerinin mikroskop altında tespit edilmesi, DNA analizi yapılamasa dahi fiilin gerçekleştiğini ortaya koymakta ve adli süreçlerde altın standart rolü üstlenmektedir. Ayrıca erkek mağdurlarda epitel hücreleri ile sperm hücrelerinin bir arada bulunması, karışık DNA profillerinin yorumlanmasında mikroskobik incelemeyi vazgeçilmez hale getirmektedir.

Elde edilen sonuçlar, öğrencilerin mikroskobik tekniklere ilişkin becerilerinin geliştiğini, laboratuvar ortamında disiplinli çalışma alışkanlığı kazandıklarını ve adli biyolojiye özgü uygulamaları daha somut şekilde kavrayabildiklerini göstermektedir. Ayrıca, uygulamaların grup çalışması, problem çözme ve analitik düşünme gibi akademik becerilerin pekiştirilmesine de katkı sunduğu görülmüştür. Bu kapsamda, mikroskobik boyama tekniklerinin eğitim süreçlerine entegrasyonu, öğrenci öğrenme çıktılarının hem mesleki yeterlilik hem de adli bilimlere özgü uygulama becerileri açısından güçlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adli Mikroskopi, Boyama Teknikleri, Adli Biyoloji Eğitimi, Vücut Sıvıları, Cinsel Saldırı Delilleri

GİRİŞ

Adli mikroskopi, biyolojik delillerin değerlendirilmesinde DNA analizleri kadar kritik bir yere sahiptir. Her ne kadar klasik bir yöntem gibi görünse de, olay yeri ve laboratuvar süreçlerinde hâlâ en güvenilir tanımlama araçlarından biridir (Virkler & Lednev, 2009). Vücut sıvılarının mikroskop altında incelenmesi, hızlı ve düşük maliyetli ön değerlendirme olanağı sunar. Bu yöntem, olayın biyolojik izlerini doğrulamada çoğu zaman ilk güvenilirlik adımı olarak kabul edilir.

Tipik bir ejakülasyonda 2–5 mL semen bulunur ve bu hacim yaklaşık 160 milyon sperm hücresi içerir (WHO, 2021; Agarwal et al., 2022). Her spermde ortalama 3 pg DNA yer aldığı düşünülürse,

toplamda 480.000 ng civarında DNA elde edilebilir. STR temelli profilleme için yalnızca 1 ng DNA gerektiği göz önüne alındığında, 350 sperm hücresi dahi bir DNA profilinin oluşturulması için yeterlidir (Virkler & Lednev, 2009). Bu bilgiler, mikroskopik ön değerlendirmenin DNA analizi öncesinde ne kadar belirleyici olabileceğini göstermektedir.

Gerçek vakalarda ise işler her zaman teorideki gibi gitmez. Azospermi, vazektomi veya ergenlik öncesi dönem gibi durumlarda sperm miktarı az olabilir; ayrıca yıkanmış, kontamine ya da bozulmuş örneklerde DNA verimi oldukça düşer (Bamberg et al., 2022). Böyle durumlarda mikroskop altında tek bir sperm hücresinin bile tespit edilmesi, temasın gerçekleştiğini ortaya koyan değerli bir bulgudur.

Sperm hücrelerinin hareketliliği (motilitesi) cinsel temasın zamanlamasını anlamada önemli bir ipucudur. Yapılan çalışmalar, vajinal örneklerde hareketli spermlerin 6–8 saat, morfolojik bütünlüğünü koruyan hareketsiz hücrelerin ise 24–72 saat arası saptanabildiğini göstermektedir (Astrup et al., 2012; Saukko & Knight, 2016). Ağız içi örneklerde bu süre 3–5 saat arasında değişmekte, fakat hücre bütünlüğü 12 saate kadar korunabilmektedir (Avicenna et al., 2023). Tekstil yüzeylerinde ise koşullara göre bu süre birkaç dakikayla birkaç saat arasında değişir; ancak kuyruk ve baş kısmı bozulmuş hücreler günler sonra bile mikroskop altında ayırt edilebilir (Nabi et al., 2021; Ispan, 2018). Mikroskop, bu hareketliliği doğrudan gözlemleme avantajıyla diğer biyokimyasal testlerden ayrılır.

Bu bulgular, mikroskobik incelemenin yalnızca "var veya yok" tespitiyle sınırlı kalmadığını; delilin kaynağı, aktarım yönü ve zamanına dair de bilgi verdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin, karışık DNA profili elde edilen bir vakada mikroskop, hangi hücrelerin sperm, epitel veya kan hücresi olduğunu ayırt ederek profillerin mağdur ya da şüpheliye ait olabileceği yönünde ipuçları sağlar (Bamberg et al., 2022; Virkler & Lednev, 2009). Benzer şekilde, tekstil üzerinde az miktarda biyolojik materyalin kökeninin belirlenmesi, biyolojik temasın yönünü anlamak açısından kritik olabilir.

Sonuç olarak, adli mikroskopi DNA analizine giden sürecin sadece ön adımı değil, kimi zaman olayın varlığını ve zamanını tek başına aydınlatabilen bir bilimsel araçtır. Eğitim açısından bakıldığında ise mikroskop çalışmaları, öğrencilerin teorik bilgiyi uygulamaya dökmesine, hücresel yapıları tanımasına ve kayıt tutma disiplini kazanmasına katkı sağlar (Brunelli & Macirella, 2021; Almutairi et al., 2024).

Mikroskop altında vücut sıvılarını tanımlamak, yalnızca biyolojik bir tespit değildir; aynı zamanda olayın dinamiklerini anlamaya yönelik bütüncül bir analizdir. Bu bağlamda, adli mikroskopi delilin güvenilirliğini artıran stratejik bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma, adli biyoloji eğitiminde kullanılan mikroskobik boyama yöntemlerinin hem öğretimsel hem de adli değerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Literatürde bu konuya ilişkin yayımlanmış araştırmalar sistematik biçimde taranmıştır. Arama süreci PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library ve MDPI gibi uluslararası veri tabanlarını kapsamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Aramalarda kullanılan anahtar kelimeler şunlardır:

- forensic microscopy,
- body fluid identification,
- staining techniques,
- spermatozoa detection,
- Papanicolaou, Eosin–Nigrosin, Shorr, Christmas Tree Stain,
- forensic biology education,
- microscopic analysis in forensic science.

Tarama kapsamında 2000–2024 yılları arasında yayımlanmış İngilizce ve Türkçe makaleler incelenmiştir. Dahil edilme ölçütleri arasında mikroskobik boyama yöntemlerinin adli veya eğitim amaçlı kullanımı yer alırken; erişilemeyen, yalnızca teorik modelleme içeren ya da konu dışı çalışmalar dışarıda bırakılmıştır.

Seçilen yayınlar, kullanılan boyama türü, örnek tipi (sperm, epitel, kan, tükürük vb.), görsel tanı başarısı, eğitimsel kazanımlar ve adli uygulanabilirlik kriterleri açısından sınıflandırılmıştır. Ayrıca, farklı araştırmalar arasındaki metodolojik farklar, boyama kalitesi, sonuçların adli yorumlamaya katkısı ve öğrenci eğitimine etkileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir (Virkler & Lednev, 2009; Björndahl et al., 2003; French et al., 2008).

BULGULAR

Literatür incelemesi sonucunda, adli mikroskopi ile boyama tekniklerinin hem kanıtın doğrulanması hem de öğrenci eğitimi bakımından önemli katkılar sunduğu görülmüştür. Farklı araştırmalar (Virkler & Lednev, 2009; Van Steendam et al., 2012), DNA analizinden önce yapılan mikroskobik incelemelerin hata oranını azalttığını ve karışık biyolojik örneklerde fail ile mağdura ait hücrelerin ayrımını kolaylaştırdığını bildirmektedir. Hücre tipinin (örneğin sperm, epitel, kan veya mukus hücresi) tanımlanması, karışık DNA profillerinde biyolojik bağlamın yeniden kurulmasını da mümkün kılar.

Eğitimsel bulgular

Uygulamalı laboratuvar çalışmalarına dayanan araştırmalar (Brunelli & Macirella, 2021; Almutairi et al., 2024), mikroskop eğitimi alan öğrencilerin hücre morfolojisi, boyama farklılıkları ve örnek türleri arasındaki görsel farkları daha doğru değerlendirdiğini ortaya koymuştur. Deneysel süreçlerde öğrencilerin özellikle; uygun fiksasyon, boyama süresinin doğru ayarlanması, örnek hazırlama ve lam-lamel yerleşimi gibi noktalarda daha dikkatli davrandıkları gözlenmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Mikroskop altında hareketli ve hareketsiz hücreleri birbirinden ayırt etme becerisi, öğrencilerin hem teknik hassasiyetini hem de biyolojik gözlem yeteneğini geliştirmiştir. Ayrıca grup çalışması, laboratuvar güvenliği ve kayıt tutma konularında da belirgin gelişmeler kaydedilmiştir.

Teknik bulgular

Karşılaştırmalı boyama çalışmalarında; Christmas Tree, Shorr ve Papanicolaou tekniklerinin sperm hücrelerinin morfolojik bütünlüğünü koruduğu ve epitel hücrelerinden ayrımını kolaylaştırdığı bildirilmektedir (Danis & Samplaski, 2019; Björndahl et al., 2003). Eosin–Nigrosin yöntemi canlı ve ölü hücreler arasında belirgin renk kontrastı oluşturduğu için vitalite analizlerinde özellikle yararlı bulunmuştur (Agarwal et al., 2022).Giemsa boyası, kan, tükürük ve vajinal örnekler gibi farklı hücre tiplerinin tanımlanmasında genel amaçlı bir morfoloji boyası olarak etkili olmuştur (French et al., 2008). Christmas Tree yöntemi ise düşük sperm yoğunluğuna sahip örneklerde bile yüksek kontrast sağlaması nedeniyle uzun süredir "altın standart" olarak kabul edilmektedir (Ispan, 2018).

Adli bulgular ve zaman ilişkisi

Cinsel saldırı vakalarına yönelik literatür (Bamberg et al., 2022; Tanurup Das et al., 2021), mikroskobik incelemenin DNA elde edilemediği durumlarda dahi fiilin gerçekleştiğine dair doğrudan biyolojik kanıt sunabildiğini göstermektedir. Hareketli sperm hücrelerinin mikroskopta gözlenmesi, temasın yakın zamanda olduğunu gösterebilirken; bütünlüğünü koruyan ancak hareketsiz hücrelerin tespiti, olayın üzerinden 24–72 saat geçtiğine işaret eder (Astrup et al., 2012; Saukko & Knight, 2016).

Tekstil yüzeylerinde bulunan inaktif spermatozoaların ise çevresel koşullara rağmen günler boyunca tanımlanabilir kaldığı bildirilmektedir (Nabi et al., 2021). Bu bulgular, mikroskobinin temas zamanlamasının belirlenmesinde biyokimyasal testleri destekleyen önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır.

Modern yöntemlerle ilişki

Yeni nesil teknikler arasında yer alan Raman spektroskopisi, ATR-FTIR ve floresans mikroskopisi, klasik boyama yöntemlerinin özgüllüğünü artıran tamamlayıcı yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir (Zapata et al., 2016; Tanurup Das et al., 2021). Bununla birlikte, bu yöntemlerin yüksek maliyetli olması ve eğitim laboratuvarlarında uzmanlık gerektirmesi, doğrudan entegrasyonlarını zorlaştırmaktadır. Buna karşın, klasik mikroskopi yöntemleri düşük maliyet, kolay erişim ve öğretimsel süreklilik açısından hâlen en güvenilir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Genel değerlendirme

Elde edilen verilerin bütünsel analizi, mikroskopi eğitiminin yalnızca teknik beceri kazandırmadığını; aynı zamanda adli düşünme, etik farkındalık ve delil yorumlama yetkinliklerini de güçlendirdiğini göstermektedir. Günümüzün dijitalleşen laboratuvar ortamında bile mikroskop, kanıta doğrudan

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

bakma ve biyolojik hikâyeyi okuma gücünü koruyan en somut bilimsel araçlardan biri olmaya devam etmektedir.

TARTIŞMA

Bu çalışmanın bulguları, mikroskobik boyama yöntemlerinin adli biyoloji alanında yalnızca bir ön inceleme basamağı olarak değil, kanıtın bütünlüğünü doğrulayan ve olayın biyolojik bağlamını yeniden kurmaya yardımcı bir bilimsel araç olarak kullanıldığını göstermektedir. Özellikle cinsel saldırı gibi yüksek duyarlılık gerektiren olgularda, mikroskopi delilin varlığı, kaynağı ve zamansal özelliklerinin anlaşılmasında temel bir rol oynamaktadır (Virkler & Lednev, 2009).

DNA analizleri günümüzde oldukça yüksek hassasiyetle yürütülse de, mikroskobik inceleme genellikle "ilk doğrulama" aşaması olarak kabul edilir (Van Steendam et al., 2012). Spermatozoa yapılarına ait morfolojik tanımlamalar, asit fosfataz veya PSA/P30 gibi biyokimyasal testlerin sonuçlarını destekleyerek yanlış pozitif ya da negatif sonuç olasılığını azaltır (Peonim et al., 2013). Böylece mikroskopi, olay yerinden elde edilen karışık ya da kısmi DNA profillerinin hangi hücre tiplerine ait olabileceğini aydınlatarak biyolojik profillemenin doğruluk düzeyini artırır.

Sperm hücrelerinin hareketliliği (motilite), mikroskopide yalnızca bir gözlem parametresi değil, aynı zamanda olayın gerçekleştiği zaman aralığını anlamada "biyolojik saat" işlevi gören bir göstergedir. Literatürde, hareketli sperm hücrelerinin genellikle 6–8 saatlik yakın temas sürecine işaret ettiği; buna karşın, bütünlüğü korunmuş fakat hareketsiz spermatozoaların 24–72 saate kadar tespit edilebildiği bildirilmektedir (Astrup et al., 2012; Saukko & Knight, 2016). Bu durum, mikroskobik gözlemin yalnızca bir "varlık tespiti" değil, olayın kronolojik çözümünde de etkin bir araç olduğunu ortaya koyar.

Tekstil, iç çamaşırı veya yatak örtüsü gibi yüzeylerde yapılan incelemelerde çevresel faktörler (örneğin ısı, deterjan, nem) sperm motilitesini hızla ortadan kaldırsa da, hücre başı ve kuyruğu gibi mikroskobik izlerin uzun süre korunabildiği saptanmıştır (Nabi et al., 2021). Bu gözlem, yıkanmış veya temizlenmiş materyallerde bile mikroskobik analizlerin adli sürece anlamlı katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Böylece mikroskopi, DNA'nın bozulduğu ya da tamamen kaybolduğu örneklerde dahi görsel kanıt niteliğini korur.

Eğitim boyutunda ise mikroskop laboratuvarı, öğrenciler için yalnızca teknik bir uygulama alanı değil, aynı zamanda kanıta dayalı düşünme ve bilimsel muhakeme pratiği kazandıran bir öğrenme ortamı olarak öne çıkmaktadır (Brunelli & Macirella, 2021; Almutairi et al., 2024). Hücresel yapıların doğrudan incelenmesi, öğrencilerin soyut kavramlar yerine gözlenebilir biyolojik veriler üzerinden değerlendirme yapmalarını sağlar. Bu yaklaşım, gelecekte adli raporlama süreçlerinde hatalı yorumların önüne geçilmesine katkı sunar.

Teknik karşılaştırmalar, Christmas Tree ve Papanicolaou boyalarının düşük sperm konsantrasyonlu ya da kontamine örneklerde dahi yüksek kontrast ve tanısal güvenilirlik sunduğunu göstermektedir

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(Danis & Samplaski, 2019; Björndahl et al., 2003). Eosin–Nigrosin boyası, canlı–ölü hücre ayrımında sağladığı netlik nedeniyle hem adli hem klinik laboratuvarlarda vitalite analizlerinde tercih edilmektedir (Agarwal et al., 2022). Giemsa ve Shorr boyalarının ise genel morfolojik değerlendirmelerde geniş kullanım alanı bulduğu bildirilmiştir (French et al., 2008). Bu çeşitlilik, farklı örnek türlerinde hem kanıtın bütünlüğünü korumakta hem de tanısal özgüllüğü artırmaktadır.

Yeni nesil teknikler (Raman, ATR-FTIR ve floresans mikroskopi), klasik yöntemlerle birlikte kullanıldığında tanısal doğruluğu güçlendirmekte ve örneğin kimyasal bileşimi hakkında ek bilgi sağlamaktadır (Zapata et al., 2016; Tanurup Das et al., 2021). Ancak bu teknolojilerin yüksek maliyeti ve özel uzmanlık gerektirmesi, özellikle lisans düzeyinde eğitimde kullanımını sınırlandırmaktadır. Buna karşın, klasik boyama temelli mikroskop eğitimi, sürdürülebilirliği ve erişilebilirliği nedeniyle hâlâ en uygulanabilir öğretim modeli olarak kabul edilmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen genel çıkarımlar, mikroskobik eğitimin adli biyoloji müfredatında yalnızca teknik bir beceri değil, aynı zamanda adalet sisteminde hata payını azaltan bir yetkinlik olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Mikroskop, bu yönüyle yalnızca bir araç değil, aynı zamanda kanıtın "sessiz tanığıdır." Öğrencilerin mikroskopla kazandıkları her deneyim, olay yerinden mahkeme salonuna uzanan adli zincirde doğruluk payını bir adım daha güçlendirir.

Sonuç olarak, mikroskobik boyama tekniklerinin eğitime entegre edilmesi;

- Adli kanıtların erken evrede güvenilir şekilde değerlendirilmesini,
- Öğrencilerin teknik ve etik farkındalık düzeylerinin artmasını,
- Laboratuvar standardizasyonu ve delil yorumlama süreçlerinin güçlenmesini sağlamaktadır.

SONUÇ

Adli mikroskopi, biyolojik delillerin incelenmesinde yalnızca destekleyici bir yöntem değil, adaletin güvenilirliğini doğrudan etkileyen temel bir analiz basamağıdır. Özellikle cinsel saldırı, fiziksel temas ve şiddet içeren vakalarda, vücut sıvılarının mikroskop altında tanımlanması olayın hem varlığını hem de zaman aralığını ortaya koymada kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma, mikroskobik boyama yöntemlerinin adli biyoloji alanında taşıdığı tanısal değerin yanı sıra, öğretimsel yönünü de ortaya koymuştur. Literatürde yer alan bulgular, Papanicolaou, Eosin–Nigrosin, Shorr, Giemsa ve özellikle Christmas Tree boyalarının farklı vücut sıvılarının morfolojik tanımlanmasında yüksek özgüllük ve doğruluk sunduğunu göstermektedir. Düşük sperm sayılı ya da kısmen bozulmuş örneklerde bile bu boyalar, hücresel bütünlüğün korunmasına yardımcı olarak erken dönemde güvenilir tanımlama olanağı sağlamaktadır.

Mikroskopi eğitimi yalnızca teknik bir becerinin kazandırılmasıyla sınırlı değildir. Bu süreç, öğrencilerin disiplinli gözlem yapma alışkanlığını, analitik düşünme yetisini ve etik farkındalığını

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

güçlendirir. Hücresel yapıların doğrudan incelenmesi, ilerideki adli yorumlama süreçlerinde hata olasılığını azaltacak bir bilimsel refleks kazandırır.

Klasik mikroskobik yöntemlerin Raman, ATR-FTIR ve floresan mikroskopi gibi yeni nesil teknolojilerle birlikte değerlendirilmesi, delil güvenilirliği ve tanısal doğruluk açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Ancak maliyet, erişim ve uzmanlık gereksinimleri göz önüne alındığında, klasik mikroskopi hâlâ hem eğitimsel hem adli uygulamalarda en sürdürülebilir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Sonuçta, adli mikroskopi eğitimi; doğru kanıt yorumunun, dolayısıyla adaletin ilk adımıdır. Bu becerinin erken dönemde kazandırılması, geleceğin adli bilimcilerinin yalnızca teknik açıdan değil, etik sorumluluk bakımından da donanımlı bireyler olmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda, ülkemizde adli laboratuvar uygulamalarında standardizasyonun artmasına ve delil güvenilirliğinin güçlenmesine katkıda bulunacaktır.

Mikroskop, bu yönüyle bir araçtan çok daha fazlasıdır; bilimin gözü, adaletin sessiz tanığıdır.

KAYNAKÇA

Agarwal, A., Nada, H., & Maurya, L. (2022). *Standardized laboratory procedures, quality control and assurance in semen analysis*. **World Journal of Men's Health, 40(2)**, 228-242. https://doi.org/10.5534/wjmh.210022

Almutairi, H. A. S., Almesawa, I. H., Alharbi, A. S., Alhusayni, A. F., Alhazmy, T. I., Ibrahem, T., Alrehaili, A. A., Alsharif, M. M., & Alharbi, A. A. (2024). *The role of laboratory-based theories in enhancing forensic evidence interpretation*. **Journal of International Crisis and Risk Communication Research, 7(S7)**, 784–798. https://doi.org/10.63278/jicrcr.vi.1445

Astrup, B. S., Thomsen, J. L., Lauritsen, J., & Ravn, P. (2012). *Detection of spermatozoa following consensual sexual intercourse*. **Forensic Science International, 221(1–3)**, 137–141. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.04.024

Avicenna, F., Yudianto, A., I'tishom, R., & Wungu, C. D. K. (2023). *Effect of machine-washing semen-stained fabrics on the persistence of human spermatozoa DNA: A systematic review of five articles.* **Legal Medicine, 60**, 102179. https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2022.102179

Bamberg, M., Bruder, M., Dierig, L., Kunz, S. N., Schwender, M., & Wiegand, P. (2022). *Best of both: A simultaneous analysis of mRNA and miRNA markers for body fluid identification.* **Forensic Science International: Genetics, 59**, 102707. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102707

Björndahl, L., Söderlund, I., & Kvist, U. (2003). *Evaluation of the one-step eosin–nigrosin staining technique for human sperm vitality assessment*. **Human Reproduction, 18(4)**, 813-816. https://doi.org/10.1093/humrep/deg199

Brunelli, E., & Macirella, R. (2021). Exploring the critical points of teaching STEM subjects in the time of COVID-19: The experience of the course "Microscopy Techniques for Forensic Biology". F1000Research, 10, 89. https://doi.org/10.12688/f1000research.28455.2

Danis, R. B., & Samplaski, M. K. (2019). *Sperm morphology: History, challenges, and impact on natural and assisted fertility*. **Current Urology Reports, 20(43)**. https://doi.org/10.1007/s11934-019-0911-7

French, C. E. V., Jensen, C. G., Vintiner, S. K., Elliot, D. A., & McGlashan, S. R. (2008). *A novel histological technique for distinguishing between epithelial cells in forensic casework.* **Forensic Science International, 178(1)**, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2008.01.010

Ispan, D. A. (2018). *Validation of 'Christmas tree' staining method for microscopic observation of spermatozoa*. Master's Thesis, Universidade de Santiago de Compostela.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Nabi, A. G., Mateen, R. M., Khalid, A., Tariq, A., & Parveen, R. (2021). *Persistence of semen on five different fabric types in various water environments.* **Forensic Science International, 327**, 110944. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2021.110944

Peonim, V., Worasuwannarak, W., Sujirachato, K., Teerakamchai, S., Srisont, S., Udnoon, J., & Chudoung, U. (2013). *Comparison between prostate specific antigen and acid phosphatase for detection of semen in vaginal swabs from raped women*. **Journal of Forensic and Legal Medicine, 20(6)**, 578–581. https://doi.org/10.1016/j.jflm.2013.06.009

Saukko, P. J., & Knight, B. (2016). *Knight's forensic pathology* (4th ed.). **CRC Press**.

Tanurup Das, A., Mahato, K. K., Rai, N., & Dixit, S. (2021). *Vibrational spectroscopic approaches for semen analysis in forensic investigation: State of the art and way forward*. **Microchemical Journal, 171**, 106810. https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106810

Van Steendam, K., De Ceuleneer, M., Dhaenens, M., Van Hoofstat, D., & Deforce, D. (2012). *Mass spectrometry-based proteomics as a tool to identify biological matrices in forensic science.* **International Journal of Legal Medicine, 127(2)**, 287-298. https://doi.org/10.1007/s00414-012-0747-x

Virkler, K., & Lednev, I. K. (2009). *Raman spectroscopic signature of semen and its potential application to forensic body fluid identification*. **Forensic Science International, 193(1–3)**, 56–62. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2009.09.005

World Health Organization (WHO). (2021). *WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen* (6th ed.). Geneva: WHO Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816567-3.00011-0

Zapata, F., Fernández de la Ossa, M. Á., & García-Ruiz, C. (2016). Differentiation of body fluid stains on fabrics using external reflection Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) and chemometrics. Applied Spectroscopy, 70(4), 654-665. https://doi.org/10.1177/0003702816631303

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DİNAMİK VOLTAJ REGÜLATÖRLERİNİN GÜÇ KALİTESİNE ETKİSİ: ENDÜSTRİYEL UYGULAMALAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Prof. Dr. Okan BİNGÖL[1], Fatih YOLDAŞ[2*]

[1]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi , Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Isparta, Türkiye.
[*2]Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Burdur, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0002-5173-0973

ÖZET

Bu bildiri, dinamik gerilim regülatörlerinin (DVR) güç kalitesi iyileştirme süreçlerindeki rolünü teknik, mimari ve uygulama düzeyinde ele almaktadır. DVR sistemlerinin temel yapısı, gerilim düşmesi senaryolarındaki tepkisi ve mikroişlemci tabanlı kontrol mimarisi detaylı şekilde açıklanmıştır. Ayrıca, endüstriyel tesisler, tıbbi cihazlar, otomotiv elektroniği ve iletişim altyapısı gibi farklı uygulama alanlarında DVR entegrasyonuna yönelik teknik diyagramlar sunulmuştur. Yapay zekâ ve IoT tabanlı DVR sistem mimarileri ile DVR'ların veri analizi, uzaktan erişim ve optimum düzeltme stratejileri geliştirme yetenekleri vurgulanmıştır. Son olarak, DVR teknolojisinin avantajları ve dezavantajları karşılaştırmalı grafiklerle değerlendirilmiş; geleneksel voltaj regülatörleriyle kıyaslanarak sistem mühendisliği açısından öneriler sunulmuştur.

Keywords: Güç Kalitesi, Dinamik Gerilim Regülatörü, Akıllı Şebeke Entegrasyonu

EFFECT OF DYNAMIC VOLTAGE REGULATORS ON POWER QUALITY: INDUSTRIAL APPLICATIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

ABSTRACT

This paper presents a comprehensive analysis of Dynamic Voltage Restorer (DVR) systems in the context of power quality improvement, covering technical structure, control architecture, and application domains. The fundamental operation of DVRs, their response to voltage sag events, and microprocessor-based control mechanisms are detailed. Technical diagrams illustrate DVR integration across various sectors, including industrial facilities, medical devices, automotive electronics, and communication infrastructure. Advanced architectures such as AI-supported and IoT-based DVR systems are introduced, highlighting capabilities in data analysis, remote access, and optimal correction strategy development. Finally, the advantages and disadvantages of DVR technology are evaluated through comparative graphics, offering insights into its performance relative to conventional voltage regulators.

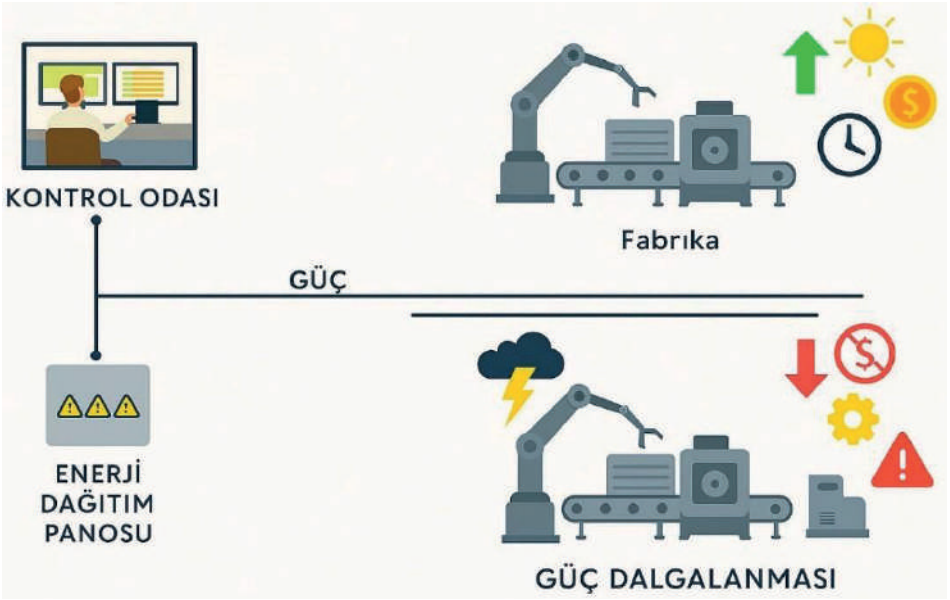
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Keywords: Power Quality, Dynamic Voltage Restorer, Smart Grid Integration

1. GİRİŞ

1.1. Elektrik Enerjisinin Sürekliliği ve Kalitesinin Önemi

Günümüzün dijitalleşen ve otomasyonun yoğunlaştığı endüstriyel dünyasında elektrik enerjisinin sürekliliği ve kalitesi, üretim süreçlerinin verimliliği, güvenilirliği ve karlılığı açısından kritik bir öneme sahiptir. Enerji kesintileri veya kalitesindeki bozulmalar, yalnızca üretim hatlarında duruşlara ve ciddi mali kayıplara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda hassas ekipmanlara zarar vererek uzun vadeli operasyonel sorunlara da sebep olabilir. Bu nedenle, endüstriyel tesislerde kesintisiz ve yüksek kaliteli enerji arzı sağlamak, operasyonel mükemmelliğin temel taşlarından biridir. Özellikle modern üretim sistemlerinde kullanılan karmaşık elektronik kontrol üniteleri, hassas sensörler ve yüksek performanslı motorlar, belirlenmiş gerilim ve frekans toleransları dahilinde çalışmaya ihtiyaç duyar. Bu toleransların dışına çıkılması, arızalara, veri kayıplarına ve istenmeyen üretim sonuçlarına yol açabilir [1]. Şekil 1' de endüstriyel bir tesiste kesintisiz ve kaliteli enerji arzının önemini gösteren görsel verilmiştir.



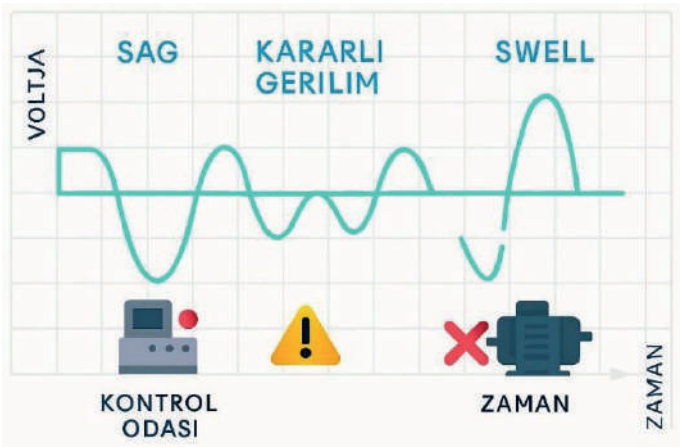
Şekil 1: Endüstriyel bir tesiste kesintisiz ve kaliteli enerji arzının önemi

1.2. Gerilim Düşmeleri ve Dalgalanmaların Endüstriyel Sistemlere Etkisi

Endüstriyel ortamlar, şebekeden kaynaklanan veya tesis içi yük değişimlerinden ileri gelen gerilim düşmeleri ve dalgalanmaları gibi güç kalitesi sorunlarına karşı oldukça hassastır. Bu tür bozulmalar, hassas elektronik cihazların beklenmedik şekilde kapanmasına, programlarının bozulmasına, motorların tork kaybı yaşamasına ve hatta sistemlerin tamamen devre dışı kalmasına neden olabilir. Özellikle, ani yük çekişleri (örneğin, büyük motorların ilk kalkış anları, kaynak makinelerinin

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

çalıştırılması) veya şebekedeki dengesizlikler, gerilim seviyelerinde geçici veya kalıcı düşüşlere yol açabilir [2]. Bu durumlar, üretim verimliliğini düşürmenin yanı sıra, ekipmanların ömrünü kısaltabilir ve öngörülemeyen bakım maliyetlerini artırabilir. Ayrıca, bu tür bozulmalar, ürün kalitesini olumsuz etkileyerek toplu iade veya hurda oranlarında artışa da neden olabilir [1]. Şekil 2' de gerilim düşmesi ve dalgalanmaların endüstriyel bir sisteme etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2: Gerilim düşmesi ve dalgalanmaların endüstriyel bir sisteme etkisi

1.3. Dinamik Voltaj Regülatörlerinin Temel Amacı

Endüstriyel sistemlerde karşılaşılan bu tür güç kalitesi sorunlarına karşı etkili bir çözüm olarak Dinamik Voltaj Regülatörleri (DVR) geliştirilmiştir. DVR teknolojisinin temel amacı, şebeke gerilimindeki dalgalanmaları, kesintileri ve diğer bozulmaları algılayarak, sisteme anında müdahale etmek ve yüke her zaman stabil, temiz ve doğru gerilim seviyesini sağlamaktır. Bu teknoloji, harici bir güç kaynağı (genellikle bir invertör ve depolama birimi) kullanarak, şebeke gerilimindeki sapmaları telafi eder. Böylece, DVR, endüstriyel tesisleri dış etkenlerden kaynaklanan gerilim problemlerine karşı koruyarak, operasyonel sürekliliği ve ekipmanların sağlığını güvence altına alır [1]. İlk ortaya çıktığı dönemlerden itibaren, DVR' lar, kritik öneme sahip endüstriyel uygulamalarda (veri merkezleri, yarı iletken üretim tesisleri, petrokimya endüstrisi vb.) güç kalitesi sorunlarının giderilmesinde önemli bir rol oynamaya başlamıştır [2].

Günümüzün dijitalleşen ve otomasyonun her alanda hissedildiği endüstriyel dünyasında, elektrik enerjisinin sürekliliği ve kalitesi artık lüks olmaktan çıkıp temel bir gereklilik haline gelmiştir. [1] Kesintisiz ve stabil bir enerji akışı, üretim süreçlerinin verimliliğini doğrudan etkilerken, aynı zamanda hassas elektronik ekipmanların korunması için de hayati önem taşır. Enerjideki ani kesintiler,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

dalgalanmalar veya harmonikler, üretimde duruşlara, ekipman arızalarına ve ciddi ekonomik kayıplara yol açabilir [2].

Özellikle endüstriyel sistemlerde gerilim düşmeleri ve dalgalanmalar, makinelerin beklenmedik şekilde durmasına, hassas kontrol sistemlerinin yanlış veri işlemesine ve sonuç olarak ürün kalitesinin düşmesine neden olabilir [1]. Büyük ölçekli üretim tesislerinde bu tür aksaklıklar, sadece zaman kaybına değil, aynı zamanda onarım maliyetlerinin artmasına ve üretim programlarının aksamasına da sebep olur. Örneğin, bir otomotiv fabrikasında, kaynak robotlarının ani bir gerilim düşmesiyle devre dışı kalması, tüm üretim hattını durdurabilir ve günlerce süren bir telafi sürecine yol açabilir [3].

Bu zorluklara karşı geliştirilen çözümlerden biri de DVR teknolojisidir. Gerilim düşmeleri, aşırı gerilimler ve harmonikler gibi güç kalitesi sorunlarını anında tespit edip düzeltebilen DVR'lar, endüstriyel sistemlerin kararlılığını ve verimliliğini artırmak amacıyla ortaya çıkmıştır [1]. DVR'ın temel amacı, şebekeden gelen enerjinin kalitesini sürekli olarak izleyerek, anlık sapmaları telafi etmek ve bağlı yüklere her zaman ideal seviyede bir gerilim sağlamaktır [2]. Şekil 3' de DVR' a ait temel blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 3: DVR blok diyagramı

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Dinamik Voltaj Regülatörü Nedir?

Dinamik Voltaj Regülatörü (DVR), güç kalitesi sorunlarını gidermek ve özellikle endüstriyel tesislerde kesintisiz ve kaliteli enerji sağlamak amacıyla kullanılan gelişmiş bir güç elektroniği cihazıdır. Geleneksel regülatörlerden farklı olarak, anlık gerilim değişimlerine hızla tepki vererek yükü besleyen gerilimi stabil tutma yeteneğine sahiptir [4].

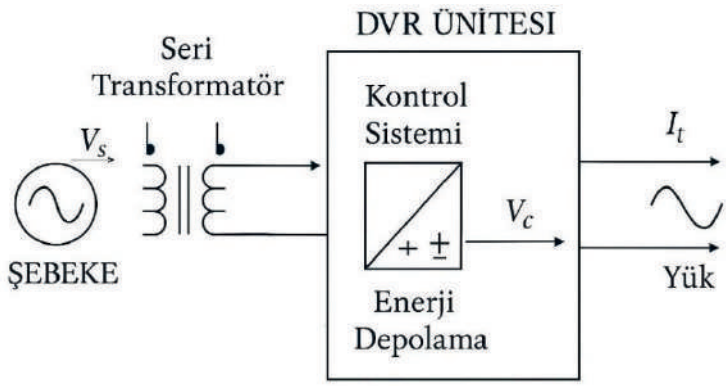
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DVR, temel olarak şebekedeki veya yüke giden gerilimdeki sapmaları (düşme, aşırı gerilim, harmonikler) algılayarak, bu sapmaları telafi edecek şekilde enjekte edilen veya çekilen bir gerilim üreten aktif bir güç kalitesi iyileştirme cihazıdır. Şekil 4' de DVR temel yapısı gösterilmiştir. Bir DVR sistemi genellikle şu temel bileşenlerden oluşur:

- Enerji Depolama Birimi (Energy Storage Unit - ESU): Bu birim, sistemin ihtiyaç duyduğu enerjiyi anlık olarak sağlayarak veya fazlalık enerjiyi depolayarak DVR'ın hızlı tepki vermesini sağlar. Genellikle süperkapasitörler, bataryalar veya akış pilleri gibi teknolojiler kullanılır. Enerji depolama birimi, gerilim düşmesi sırasında sisteme enerji enjekte ederek gerilimin normal seviyede kalmasını sağlar [7].

- İnverter (Inverter): Enerji depolama biriminden gelen DC enerjiyi veya şebekeden alınan enerjiyi işleyerek, istenen büyüklükte ve faz açısında AC gerilim üreten anahtar bileşendir. Yüksek hızlı anahtarlama elemanları (IGBT, MOSFET gibi) kullanılarak, şebeke gerilimine seri olarak eklenerek veya çıkarılarak gerilim sapmaları telafi edilir [5].

- Kontrol Sistemi (Control System): DVR'ın beyni olarak görev yapan bu sistem, şebeke gerilimini sürekli izler, sapmaları analiz eder ve invertere hangi büyüklükte ve faz açısında gerilim üretmesi gerektiği komutunu verir. Gelişmiş algoritmalar ve mikrodenetleyiciler kullanılarak hassas ve hızlı kontrol sağlanır [5].



Şekil 4: DVR temel yapısı

2.2 DVR ile Geleneksel Regülatörlerin Farkları

Geleneksel regülatörler (örneğin, servo motorlu veya reaktif güç kompanzasyon cihazları), genellikle belirli bir aralıkta gerilim dalgalanmalarını düzeltebilir veya sadece belirli türdeki güç kalitesi sorunlarına müdahale edebilirler. Ancak DVR'lar, bu geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek çok daha hızlı ve kapsamlı bir çözüm sunar:

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Hız ve Tepki Süresi: DVR'lar, milisaniyeler mertebesinde tepki vererek anlık gerilim düşmeleri ve yükselmelerini dahi anında telafi edebilir. Geleneksel regülatörler ise bu kadar hızlı tepki veremeyebilir [2].

- Etki Alanı: DVR'lar sadece gerilimin genliğini değil, aynı zamanda faz açısını da düzeltebilir. Bu sayede hem gerilim düşmeleri hem de harmonikler gibi karmaşık güç kalitesi sorunlarına çözüm sunar. Geleneksel yöntemler genellikle sadece genlik regülasyonu ile sınırlıdır.

- Aktif Müdahale: DVR, "aktif" bir cihazdır. Yani, şebekeden bağımsız olarak kendi gerilimini üreterek sisteme ekler veya çıkarır. Geleneksel regülatörler ise daha pasif yöntemlerle çalışır.

- Esneklik: DVR'lar, programlanabilir kontrol algoritmaları sayesinde farklı endüstriyel ihtiyaçlara göre kolayca adapte edilebilir [2].

2.3. Statik ve Dinamik Regülasyon Arasındaki Farklılar

Güç kalitesi regülasyonunda iki temel yaklaşım bulunur:

- Statik Regülasyon: Bu yöntemde, gerilim regülasyonu genellikle elektronik anahtarlama elemanları (örneğin, tristörler veya IGBT'ler) aracılığıyla, ancak daha yavaş ve adım adım gerçekleştirilir. Statik Var Kompanzatörleri (SVC) veya Aktif Güç Filtreleri (APF) bu kategoriye girer. Gerilimdeki büyük değişimlere hızlı tepki verme yetenekleri sınırlıdır [6].

- Dinamik Regülasyon: DVR'lar, dinamik regülasyon prensibine dayanır. Enerji depolama birimlerinin desteğiyle, inverterler tarafından üretilen gerilim, şebeke gerilimine anlık olarak eklenir veya çıkarılır. Bu sayede çok hızlı ve hassas bir şekilde gerilim seviyesi istenen değerde tutulur. Dinamik regülasyon, özellikle ani yük değişimlerinin olduğu veya kararsız şebeke koşullarının yaşandığı durumlarda üstün performans gösterir [4].

2.4. Çalışma Prensibi

Bu bölümde, DVR temel çalışma prensibi, gerilim düşüşlerini milisaniyeler içinde nasıl düzelttiği, teknik özellikleri ve kontrol sistemlerinin avantajları detaylı bir şekilde açıklanacaktır [2].

2.5. Hızlı Gerilim Düzeltme Kabiliyeti

DVR'nin en kritik özelliklerinden biri, şebekedeki gerilim düşüşlerini milisaniyeler düzeyinde algılayıp anında telafi etme yeteneğidir. Bu hızlı tepki süresi, endüstriyel ekipmanların hassas çalışma gereksinimlerini karşılamak için hayati önem taşır. Sistem, sürekli olarak giriş gerilimini izler ve herhangi bir sapma tespit ettiğinde, depoladığı enerjiyi kullanarak gerekli düzeltmeyi yapar. Bu sayede, üretim süreçlerinde kesinti veya arıza riski minimize edilir [1].

2.6. Teknik Özellikler ve Performans

DVR'ler, geniş bir giriş gerilim aralığında etkin bir şekilde çalışabilirler. Örneğin, tipik bir DVR, 130–270 VAC aralığındaki dalgalanmaları tolere edebilir ve bu düzeltmeyi 5000 V/s gibi yüksek bir hızda

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

gerçekleştirebilir. Bu, şebekedeki ani ve büyük gerilim değişimlerine karşı dahi güçlü bir koruma sağlar. Düzeltme hızı, DVR'nin gerilim sapmalarını ne kadar çabuk telafi edebileceğini gösterir ve endüstriyel uygulamalarda hassas cihazların zarar görmesini engellemede kilit rol oynar [7].

2.7. Mikroişlemci Tabanlı Kontrol Sistemleri

Günümüz DVR sistemleri, mikroişlemci tabanlı gelişmiş kontrol sistemleri ile donatılmıştır. Bu sistemler, DVR'nin performansını optimize etmek için aşağıdaki avantajları sunar [8]:

- Hızlı ve Hassas Kontrol: Mikroişlemciler, gerilim verilerini anlık olarak işleyerek DVR'nin tepki süresini kısaltır ve düzeltmeleri çok daha hassas bir şekilde gerçekleştirir.
- Esneklik ve Programlanabilirlik: Kontrol algoritmaları, farklı endüstriyel ihtiyaçlara göre kolayca programlanabilir ve güncellenebilir.
- Veri Kaydı ve Analizi: Sistem, çalışma verilerini kaydederek gerilim kalitesi sorunlarının analiz edilmesine ve gelecekteki iyileştirmeler için veri tabanı oluşturulmasına olanak tanır.
- Otomatik Tanılama: Olası arızaları erken tespit ederek bakım süreçlerini kolaylaştırır ve sistemin güvenilirliğini artırır.
- İletişim Yetenekleri: SCADA gibi üst düzey kontrol sistemleriyle entegre olarak uzaktan izleme ve yönetim imkânı sunar.

2.8. Uygulama Alanları

Bu bölümde, DVR çeşitli endüstriyel ve kritik uygulamalardaki önemini ve sağladığı faydalarını ele alacaktır. DVR'ler, güç kalitesi sorunlarına karşı etkili bir çözüm sunarak bu alanlarda operasyonel sürekliliği ve cihaz güvenilirliğini artırmaktadır [8].

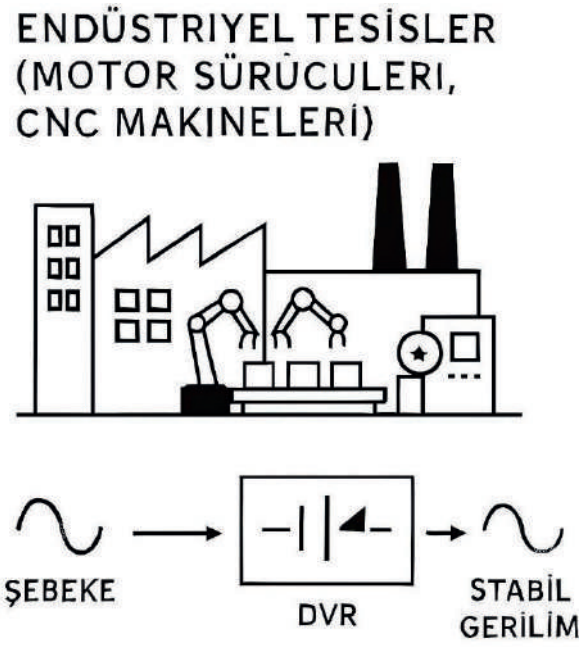
2.8.1. Endüstriyel tesisler

Endüstriyel tesislerde, üretim süreçlerinin kesintisizliği ve hassasiyeti büyük önem taşır. Elektrik şebekesindeki voltaj dalgalanmaları, özellikle motor sürücüleri ve CNC makineleri gibi hassas ekipmanlar üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açabilir [9].

- Motor Sürücüleri: Voltaj düşüşleri, motorların tork kaybına, durmasına veya aşırı ısınmasına neden olabilir. Bu durum üretimde aksamalara, ekipman hasarına ve enerji israfına yol açar. DVR'ler, bu tür dalgalanmaları anında düzelterek motorların nominal güçte çalışmasını sağlar ve ömrünü uzatır.
- CNC Makineleri: Hassas kontrol gerektiren CNC makineleri, voltaj dalgalanmalarına karşı oldukça duyarlıdır. Dalgalanmalar, işleme hassasiyetini düşürebilir, hatalı üretimlere neden olabilir ve en önemlisi, pahalı takım ve iş parçalarının zarar görmesine yol açabilir. DVR'ler, bu makineler için stabil bir besleme gerilimi sağlayarak üretim kalitesini ve verimliliğini maksimize eder. Endüstriyel tesislerde (motor sürücüleri, CNC makineleri vb.) hassas ekipmanların kararlı çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılan DVR (Dinamik Gerilim Regülatörü) sisteminin genel yapısı. Şebekeden gelen

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

elektrik enerjisi, DVR üzerinden geçirilerek gerilim dalgalanmaları giderilir ve yük tarafına stabil gerilim iletilir. Bu yapı, özellikle ani gerilim düşümleri ve harmonik bozulmaların ekipman performansını olumsuz etkilediği ortamlarda kritik öneme sahiptir [9]. Şekil 5' da endüstriyel tesislerde DVR kullanımıyla şebekeden gelen gerilim stabilize edilmesine ait görsel verilmiştir.



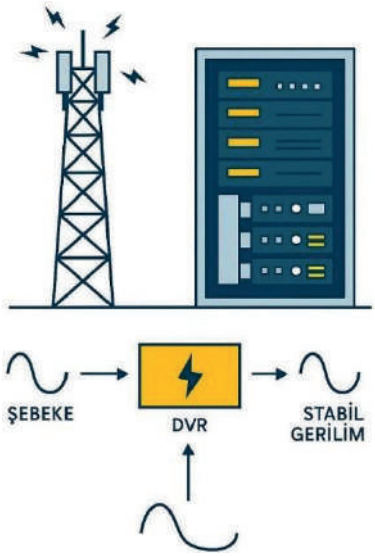
Şekil 5: Endüstriyel tesislerde DVR kullanımıyla şebekeden gelen gerilim stabilize edilmesi

2.8.2. Telekomünikasyon Altyapısı

Telekomünikasyon sistemleri, 24/7 kesintisiz çalışma zorunluluğu olan kritik altyapılardır. Baz istasyonları, veri merkezleri ve iletişim santralleri gibi bileşenler, sürekli ve stabil bir güç kaynağına ihtiyaç duyar [7]. Şekil 6' de bir baz istasyonuna veya iletişim santraline giden güç hattına bağlı bir DVR ünitesi verilmiştir.

- Kesintisiz Hizmet: Voltaj dalgalanmaları, iletişim ekipmanlarının arızalanmasına, veri kayıplarına ve hizmet kesintilerine neden olabilir. Bu durum, finansal kayıpların yanı sıra kullanıcı memnuniyetsizliğine de yol açar.
- Ekipman Ömrü: DVR'ler, hassas elektronik bileşenleri voltaj dalgalanmalarının olumsuz etkilerinden koruyarak telekomünikasyon ekipmanlarının ömrünü uzatır ve bakım maliyetlerini düşürür.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



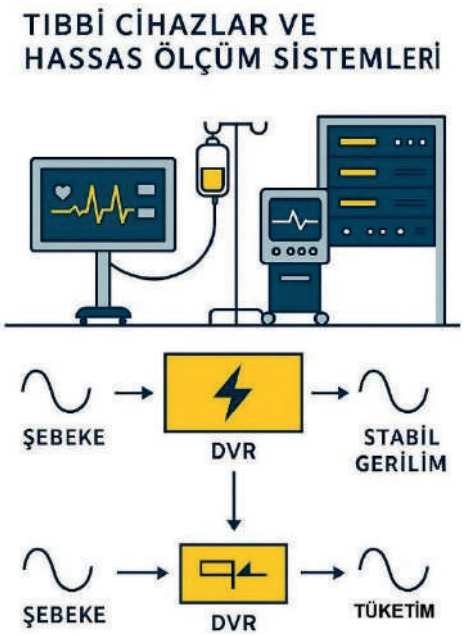
Şekil 6: bir baz istasyonuna veya iletişim santraline giden güç hattına bağlı bir DVR ünitesi

2.8.3. Tıbbi cihazlar ve hassas ölçüm sistemleri

Hastaneler ve araştırma laboratuvarları gibi ortamlarda kullanılan tıbbi cihazlar (MR cihazları, EKG makineleri, cerrahi ekipmanlar vb.) ve hassas ölçüm sistemleri, en ufak bir güç kalitesi sorununda bile hayati riskler oluşturabilecek veya bilimsel verilerin doğruluğunu tehlikeye atabilecek cihazlardır [10]. Şekil 7' de laboratuvar ortamında hassas ölçüm cihazları ve yanında bir DVR ünitesi verilmiştir.

- Hasta Güvenliği: Tıbbi cihazların aniden durması veya yanlış çalışması, hasta sağlığı için doğrudan bir tehdittir. DVR'ler, bu cihazlara kesintisiz ve temiz güç sağlayarak hasta güvenliğini en üst düzeye çıkarır.
- Ölçüm Doğruluğu: Laboratuvarlardaki hassas ölçüm cihazları, kararsız bir güç kaynağı nedeniyle yanlış sonuçlar üretebilir. Bu durum, bilimsel araştırmaların tekrarlanabilirliğini ve güvenilirliğini zedeler. DVR'ler, bu cihazlar için gerekli olan stabil gerilim ortamını sağlar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 7: laboratuvar ortamında hassas ölçüm cihazları ve yanında bir DVR ünitesi

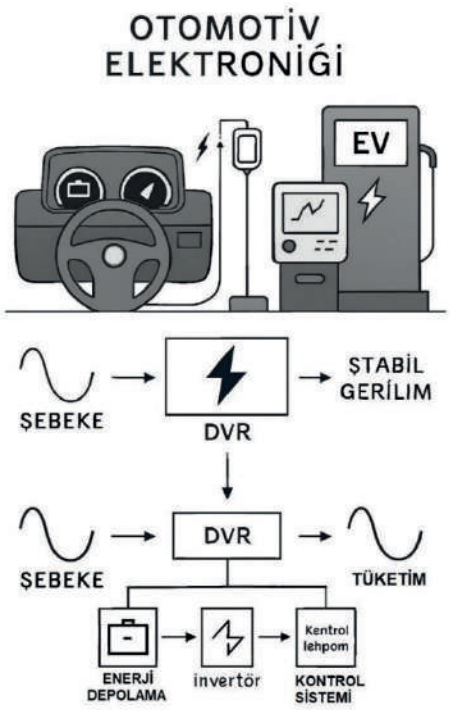
2.8.4. Otomotiv elektroniği

Modern otomobiller, gelişmiş sürüş asistan sistemleri, bilgi-eğlence sistemleri ve motor kontrol üniteleri gibi yüzlerce elektronik kontrol ünitesi (ECU) ile donatılmıştır. Bu sistemlerin kararlı çalışması, araç güvenliği ve performansı için kritik öneme sahiptir [11]. Şekil 8' da araç içindeki bir ECU'y a veya şarj istasyonunun güç girişine bağlı bir DVR gösterilmiştir.

Sistem Kararlılığı: Araç çalışırken veya şarj olurken meydana gelebilecek voltaj dalgalanmaları, ECU'ların yanlış çalışmasına, sistem hatalarına ve hatta sürüş sırasında beklenmedik davranışlara neden olabilir.

Şarj İstasyonları: Elektrikli araç şarj istasyonları da şebeke dalgalanmalarından etkilenebilir. DVR'ler, hem araç elektroniğini hem de şarj altyapısını koruyarak güvenli ve verimli bir şarj süreci sağlar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 8: Araç içindeki bir ECU'ya veya şarj istasyonunun güç girişine bağlı bir DVR

2.9. Avantaj ve Dezavantajları

DVR, sağladığı üstün güç kalitesi ve sistem kararlılığı ile endüstriyel uygulamalarda önemli avantajlar sunarken, bazı dezavantajları da beraberinde getirir. Bu bölümde, DVR teknolojisinin sunduğu faydalar ve dikkat edilmesi gereken hususlar detaylı bir şekilde incelenecektir [2]. Tablo 2.1' de DVR ve geleneksel regülatörlerin karşılaştırması verilmiştir.

2.9.1. Avantajları

DVR'nin sağladığı başlıca avantajlar şunlardır:

- Üstün Güç Kalitesi: DVR'ler, gerilim düşmeleri, dalgalanmalar, harmonikler ve diğer güç kalitesi sorunlarını anında düzelterek yüklere kararlı ve temiz bir enerji sağlar. Bu, özellikle hassas endüstriyel ekipmanların ve elektronik cihazların sorunsuz çalışması için kritik öneme sahiptir [11].
- Artan Sistem Güvenilirliği ve Verimliliği: Güç kalitesindeki iyileşme, ekipman arızalarını azaltır, bakım maliyetlerini düşürür ve üretim kesintilerini minimize eder. Bu da genel sistem güvenilirliğini ve operasyonel verimliliği artırır.
- Hızlı Tepki Süresi: Geleneksel regülatörlerin aksine, DVR'ler milisaniyeler içinde tepki vererek en hızlı gerilim değişimlerini bile telafi edebilir. Bu, dinamik yüklerin bulunduğu sistemlerde büyük bir avantajdır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Enerji Depolama Esnekliği: Entegre enerji depolama birimi (örneğin, süperkapasitörler veya bataryalar) sayesinde, DVR'ler anlık enerji ihtiyaçlarını karşılayabilir ve şebekeden bağımsız olarak çalışabilme yeteneği sunar [12].

- Gelişmiş Kontrol Yetenekleri: Mikroişlemci tabanlı kontrol sistemleri, DVR'nin karmaşık güç kalitesi sorunlarını dahi hassas bir şekilde yönetmesini sağlar. Bu, özelleştirilebilir çalışma modları ve uzaktan izleme/kontrol imkanları sunar [12].

2.9.2. Dezavantajları

DVR teknolojisinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır:

- Yüksek Maliyet: Gelişmiş teknolojisi ve karmaşık yapısı nedeniyle, DVR sistemlerinin ilk yatırım maliyeti geleneksel regülatörlere göre daha yüksektir.

- Kurulum ve Bakım Karmaşıklığı: DVR sistemlerinin kurulumu, entegrasyonu ve bakımı, daha basit regülatörlere kıyasla daha fazla uzmanlık gerektirebilir [5].

- Enerji Kayıpları: DVR'nin içindeki inverter ve diğer bileşenler, çalışma sırasında bir miktar enerji kaybına neden olabilir. Ancak bu kayıplar, sağlanan faydalarla genellikle dengelenir.

- Boyut ve Ağırlık: Özellikle yüksek güçlü uygulamalar için DVR üniteleri, geleneksel regülatörlere göre daha büyük ve ağır olabilir, bu da yerleşim ve montaj kısıtlamaları yaratabilir.

- Enerji Depolama Birimi Kısıtlamaları: Kullanılan enerji depolama teknolojisine bağlı olarak (örneğin, bataryalar), ömür, şarj/deşarj döngüsü sayısı ve sıcaklık hassasiyeti gibi kısıtlamalar olabilir [5].

Özellik	DVR	Geleneksel Regülatör
Güç Kalitesi Düzeltme Yeteneği	✓	✗
Tepki Süresi	✓	✗
Maliyet	✗	✓
Kurulum Karmaşıklığı	✗	✓
Enerji Depolama	✓	✗
Esneklik	✓	✗

Tablo 2.1: DVR ve Geleneksel regülatörlerin karşılaştırması

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3. SONUÇ

DVR gelecekteki potansiyelini ve teknolojik gelişmelerle nasıl entegre olacağını ele alacağız. Özellikle akıllı şebekeler, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve yapay zekâ (AI) gibi modern teknolojilerin DVR sistemlerine entegrasyonu, güç kalitesi yönetiminde yeni ufuklar açacaktır.

Akıllı şebekeler, geleneksel elektrik şebekelerinin dijital teknolojilerle donatılmasıyla oluşan, iki yönlü veri iletişimi ve otomasyon yeteneklerine sahip gelişmiş sistemlerdir. Bu şebekelerde, yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr vb.) değişken doğası ve artan elektrikli araç (EV) şarj talepleri gibi faktörler, şebeke kararlılığını ve güç kalitesini daha karmaşık hale getirmektedir [4].

DVR'lar, akıllı şebekelerin temel bir bileşeni haline gelebilir. Şebekeden gelen verileri (gerilim seviyeleri, frekans değişimleri, yük akımları vb.) gerçek zamanlı olarak analiz ederek, güç kalitesi bozukluklarını proaktif bir şekilde tespit edip düzeltebilirler. Bu entegrasyon sayesinde:

- Daha Stabil Şebeke İşleyişi: Yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonundan kaynaklanan dalgalanmalar, DVR'lar tarafından anında dengelenebilir.
- Yük Dengeleme: Elektrikli araç şarj istasyonları gibi büyük yüklerin şebekeye etkileri, DVR'lar aracılığıyla yönetilebilir.
- Otomatik Arıza Tespiti ve Müdahalesi: Şebekede meydana gelen ani gerilim düşmeleri veya yükselmeleri, DVR'lar tarafından otomatik olarak giderilerek kesintilerin önüne geçilebilir.
- Enerji Verimliliği: Güç kalitesinin iyileştirilmesi, ekipmanların daha verimli çalışmasını sağlayarak genel enerji israfını azaltır.

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel cihazların internet üzerinden birbirine bağlanması ve veri alışverişi yapması prensibine dayanır. DVR sistemlerinin IoT ile entegrasyonu, uzaktan izleme, teşhis ve kontrol imkanlarını genişletecektir [3].

IoT tabanlı bir DVR sistemi şu yeteneklere sahip olacaktır:

- Uzaktan İzleme ve Yönetim: Operatörler, coğrafi konumlarından bağımsız olarak DVR sistemlerinin performansını gerçek zamanlı olarak izleyebilir, veri loglarını analiz edebilir ve gerekli ayarlamaları yapabilir.
- Öngörücü Bakım: Cihazdan toplanan veriler (sıcaklık, çalışma döngüleri, gerilim değişimleri vb.), yapay zekâ algoritmalarıyla analiz edilerek olası arızalar önceden tespit edilebilir ve bakım planlaması optimize edilebilir.
- Modüler ve Ölçeklenebilir Sistemler: IoT platformları, farklı kapasitelerdeki DVR modüllerinin kolayca sisteme entegre edilmesine olanak tanır.
- Gelişmiş Güvenlik: Veri şifreleme ve güvenli iletişim protokolleri sayesinde, sistemin siber saldırılara karşı korunması sağlanır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Yapay zekâ (AI), özellikle makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) teknikleri, karmaşık veri setlerini analiz etme ve desenleri tanıma konusunda üstün yeteneklere sahiptir. DVR sistemlerinde AI kullanımı, güç kalitesi sorunlarının daha derinlemesine anlaşılmasını ve daha akıllı çözümler geliştirilmesini sağlayacaktır [3].

AI destekli analizlerin potansiyel uygulamaları şunlardır:

- Anomali Tespiti: ML algoritmaları, şebeke verilerindeki normal dışı desenleri tespit ederek henüz oluşmamış güç kalitesi sorunlarını öngörebilir.
- Neden-Sonuç Analizi: AI, gerilim düşmelerine veya dalgalanmalarına neden olan temel faktörleri (örneğin, belirli bir makinenin çalışma şekli, şebeke yapısındaki bir zayıflık) belirlemede yardımcı olabilir.
- Optimum Düzeltme Stratejileri: AI, geçmiş verilere dayanarak en etkili düzeltme stratejisini belirleyebilir. Hangi durumlarda ne kadar gerilim enjekte edilmesi gerektiği gibi kararlar daha akıllıca verilebilir.
- Tahmine Dayalı Kontrol: Gelecekteki yük talepleri ve şebeke koşulları tahmin edilerek, DVR'ın önleyici tedbirler alması sağlanabilir.

KAYNAKÇA

Ahmed, F., Elmoursi, M., Zahawi, B., Al Hosani, K., & Khan, A. (2021b). Switching-cell buck-boost AC-AC converter with common-ground and noninverting/inverting operations. ***IEEE Transactions on Power Electronics***, *36*(12), 13944–13957.

Biricik, S., & Komurcugil, H. (2017). Time-varying and constant switching frequency-based sliding-mode control methods for transformerless DVR employing half-bridge VSI. ***IEEE Transactions on Industrial Electronics***, *64*(4), 2570–2579.

Tarek, I. E.-S., Abdel-Mon'em, M., Mahmoud, A. E.-G., & Amr, Y. A.-G. (2010). A Dynamic Voltage Restorer for Voltage Sag Mitigation in a Refinery with Induction Motors Loads. ***American Journal of Engineering and Applied Sciences***, *3*(1), 144–151. https://doi.org/10.3844/ajeassp.2010.144.151

Nourmohamadi, H., Sabahi, M., Balsara, P. T., Babaei, E., Hosseini, S. H., & Fakhim-Babaei, A. (2020). New concept for fault current limiter with voltage restoration capability. ***IEEE Transactions on Industrial Electronics***, *67*(12), 10001–10010.

Li, P., Wang, Y., Savaghebi, M., Lu, J., Pan, X., & Blaabjerg, F. (2021). Identification design for dynamic voltage restorer to mitigate voltage sag based on the elliptical transformation. ***IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics***, *9*(5), 5672–5686.

Khan, U. A., Khan, A. A., Cha, H., Kim, H. G., Kim, J., & Baek, J. W. (2018). Dual-buck AC-AC converter with inverting and non-inverting operations. ***IEEE Transactions on Power Electronics***, *33*(11), 9432–9443.

Guo, Q., Tu, C., Jiang, F., Zhu, R., & Gao, J. (2021). Improved dual-functional DVR with integrated auxiliary capacitor for capacity optimization. ***IEEE Transactions on Industrial Electronics***, *68*(10), 9755–9766.

Eskandar, H., Sadollah, A., Bahreininejad, A., & Hamdi, M. (2012). Water cycle algorithm – A novel metaheuristic optimization method for solving constrained engineering optimization problems. ***Computers & Structures***, *110-111*, 151–166. https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2012.07.010

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tu, C., Guo, Q., Jiang, F., Wang, H., & Shuai, Z. (2020). A comprehensive study to mitigate voltage sags and phase jumps using a dynamic voltage restorer. ***IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics***, *8*(2), 1490–1502.

Naidu, T. A., Arya, S. R., & Maurya, R. (2019b). Multiobjective dynamic voltage restorer with modified EPLL control and optimized PI-controller gains. ***IEEE Transactions on Power Electronics***, *34*(3), 2181–2192.

Khergade, A. V., Satputaley, R. J., Borghate, V. B., & Raghava, B. V. S. (2020). Harmonics reduction of adjustable speed drive using transistor clamped H-bridge inverter based DVR with enhanced capacitor voltage balancing. ***IEEE Transactions on Industry Applications***, *56*(6), 6744–6755.

De Almeida Carlos, G. A., Dos Santos, E. C., Jacobina, C. B., & Mello, J. (2016). Dynamic voltage restorer based on three-phase inverters cascaded through an open-end winding transformer. ***IEEE Transactions on Power Electronics***, *31*(1), 188–199.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL ANTİOKSİDAN KULLANIMININ İLERİ GLİKASYON SON ÜRÜNLERİNE ETKİSİ

Kübra Öztürk[1*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

[1*]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[2]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[3]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
ORCID Code: [1*] 0000-0003-1357-3900
ORCID Code: [2] 0000-0001-6720-7231
ORCID Code: [3] 0000-0001-6340-828X

ÖZET

Gıdaların üretiminde uygulanan işlemlere bağlı olarak çok sayıda reaksiyon gerçekleşmekte ve bu reaksiyonlar sayesinde ürüne özgü karakteristikler oluşmaktadır. Maillard reaksiyonu gıda endüstrisinde gıdaların muhafazası ve ısıl işleme tabi tutulması sırasında gerçekleşen reaksiyonlardan biridir. İndirgen şekerler ve amino asitlerin amino grupları arasında gerçekleşen bu reaksiyon ile gıdalarda renk ve aroma gelişmekte ve ürünlere karakteristik özellikler kazandırılmaktadır. Ayrıca bu reaksiyon zincirinde antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip bileşikler oluşabilmektedir. Maillard reaksiyonunda bu pozitif etkilerin yanı sıra mutajenik veya kanserojenik bileşikler de oluşabilmektedir. Bu bileşiklerden ileri glikasyon son ürünleri (AGE, Advanced Glycation End products), dokularda birikerek hücresel işlevin bozulmasına, oksidatif stresin artmasına ve Alzheimer, diyabet ve böbrek yetmezliği gibi pek çok kronik hastalığın oluşmasına neden olmaktadır. Glikotoksin veya ileri lipit oksidasyon ürünleri olarak da adlandırılan AGE'lerin oluşumunda protein ve lipit oksidasyonunun da önemli rol oynadığı ve özellikle yüksek protein ve yağ içeriğine sahip hayvansal kaynaklı gıdaların AGE'ler açısından önemli kaynaklar olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle bu ürünlerde AGE'lerin inhibisyonuna yönelik olarak antioksidan kullanımı önem arz etmektedir. Sentetik antioksidanlar tüketicilerde endişeye sebep olduğundan, AGE'lerin inhibisyonuna yönelik araştırmalar daha ziyade doğal antioksidanların etkilerini belirlemeye yöneliktir. Bu çalışmada, doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanların, et ve et ürünlerinde AGE oluşumunun inhibisyonundaki rollerine yönelik çalışmalar incelenmiş ve derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, et, et ürünleri, ileri glikasyon son ürünleri, AGE, Maillard reaksiyonu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF USING NATURAL ANTIOXIDANT ON ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS IN MEAT AND MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Numerous reactions occur depending on the processes applied in food production, and these reactions result in product-specific characteristics. The Maillard reaction is one of the reactions that occur in the food industry during the preservation and heat treatment of foods. This reaction, which occurs between reducing sugars and the amino groups of amino acids, develops color and aroma in foods and imparts characteristic properties to products. Furthermore, this reaction chain can also form compounds with antimicrobial and antioxidant activity. In addition to these positive effects, the Maillard reaction can also form mutagenic or carcinogenic compounds. Among these compounds, advanced glycation end products (AGEs) accumulate in tissues, leading to impaired cellular function, increased oxidative stress, and the development of many chronic diseases such as Alzheimer's, diabetes, and kidney failure. Protein and lipid oxidation also play a significant role in the formation of AGEs, also known as glycotoxins or advanced lipid oxidation products, and animal-derived foods, particularly those with high protein and fat content, are significant sources of AGEs. Therefore, the use of antioxidants to inhibit AGEs in these products is crucial. Because synthetic antioxidants have caused concern among consumers, research on AGE inhibition has focused primarily on determining the effects of natural antioxidants. This study examines and compiles studies on the role of antioxidants derived from natural sources in inhibiting AGE formation in meat and meat products.

Keywords: Antioxidants, meat, meat products, advanced glycation end products, AGE, Maillard reaction

GİRİŞ

Gıda üretim proseslerinin planlanmasında, sağlıklı, besleyici ve kolay tüketilebilen değişik gıdalara yönelik artan tüketici beklentilerinin karşılanmasının yanı sıra gıdaların besin değeri ve duyusal özelliklerinin korunması ve gıda güvenliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir (Zhang vd., 2025). Et, yüksek biyolojik değerliliğe sahip proteinleri ile insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Et, demir, çinko, selenyum, fosfor ve B_{12} vitamini gibi mikro besin öğeleri açısından da zengin bir kaynaktır (Biesalski, 2005; Pereira ve Vincente, 2013). Et ve et ürünlerinde, üretimden tüketime kadar geçen süreçte uygulanan üretim teknolojilerine bağlı olarak çeşitli kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar hem ürünün besleyici değerini hem de sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini doğrudan etkileyebilmektedir (Zhang vd., 2025). Maillard reaksiyonu, gıdaların üretimi ve muhafazası sırasında gerçekleşen reaksiyonlardan biri olup indirgen şekerler ve amino asitlerin amino grupları arasında gerçekleşen enzimatik olmayan bir reaksiyondur. Bu reaksiyon, gıda endüstrisinde ürüne özgü karakteristiklerin kazandırılmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak bu reaksiyon sırasında indirgen şekerlerle reaksiyona giren amino asit veya

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

protein, insan metabolizmasında kullanılabilme özelliğini kaybetmekte ve gıdalarda besin kaybı oluşmaktadır (Arena vd., 2013). Diğer taraftan Maillard reaksiyonu sırasında oluşan ara ürünler, protein veya peptitlerin yan zincirleri ile reaksiyona girerek heterojen bir grup olan ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE, Advanced Glycation End Products) oluşumuna neden olmaktadır (Bayrak Kul vd., 2021; Öztürk vd., 2023).

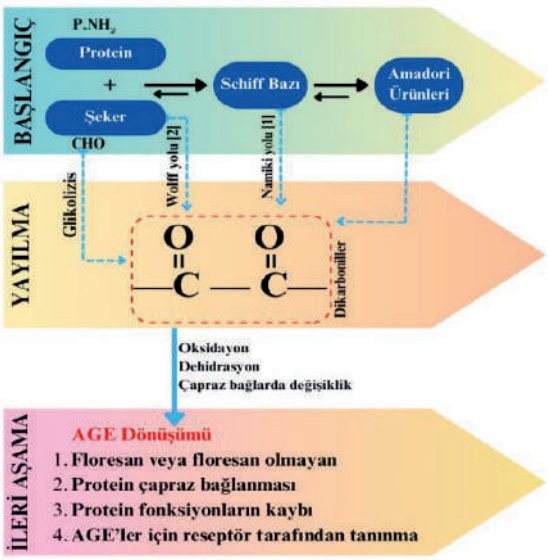
Normal metabolizmanın parçası olmasına rağmen dokularda ve dolaşımda yüksek AGE seviyeleri, patojenik ve toksijenik olarak tanımlanmaktadır (Arena vd., 2013; Ott vd., 2014; Kuzan, 2021). AGE'ler hücrelerin yüzeylerinde yer alan reseptörlere ya da vücuttaki proteinlere çapraz bağlanarak bu yapıların işlevlerini bozmaktadır (Yalçın ve Rakıcıoğlu, 2022). Ayrıca Maillard reaksiyonu, oksidatif stresle ilişkilendirilmekte ve bu stres, serbest radikaller (oksijen ve nitrojen türevleri) ile antioksidanlar arasındaki dengenin bozulması ve antioksidanların serbest radikallere karşı yeterli derecede yanıt verememesine neden olmaktadır. Bu süreçte artan reaktif karbonil bileşiklerinin birikimi veya bu bileşiklerin bozunma/atılım süreçlerindeki azalma, karbonil stres faktörlerini de tetiklemektedir. Bu unsurlar, reaktif oksijen türlerinin düzeyini artırarak, dolaylı olarak AGE'lerin oluşumuna neden olmaktadır (Wu ve Yen, 2005). Süreç sonunda bozunan yapılar, oksidatif strese ve inflamasyona neden olmaktadır (Chen ve Smith, 2015; Chen vd., 2017; Inan-Eroglu vd., 2020). AGE'ler vücutta birikerek Alzheimer, böbrek yetmezliği, diyabet ve hatta kanser gibi çeşitli hastalıklara yol açabilmektedir (Goldberg vd., 2004; Uribarri vd., 2010; Arena vd., 2013; Kellow vd., 2018; Lu vd., 2022).

Maillard reaksiyonunun yanı sıra oksidatif stresin artmasıyla glikozun otooksidasyonu ve lipitlerin dikarbonil türevlerine peroksidasyonu yoluyla da AGE'ler oluşabilmektedir (Yu vd., 2018; Duman ve Kurban, 2022). Ette protein ve lipit içeriğinin yüksek olması nedeniyle AGE'lerin oluşumunun engellenmesi, gıda güvenliğini artırmak ve kronik hastalıklarla ilişkili sağlık risklerini azaltmak açısından önemlidir (Song vd., 2021; Bellucci vd., 2022). Bu çalışmada, doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanların, et ve et ürünlerinde AGE oluşumunun inhibisyonundaki rollerine yönelik çalışmalar incelenmiş ve derlenmiştir.

AGE'LERİN OLUŞUM MEKANİZMASI

AGE'lerin oluşumunda, ilk aşama Schiff bazları oluşmasıdır. İkinci aşamada ise Schiff bazların yeniden düzenlenerek erken glikasyon ürünleri olarak da adlandırılan Amadori ürünleri oluşmaktadır (Şekil 1). Amadori ürünleri daha kararlı bileşikler olmasına karşın ancak reaksiyon, geri dönüşümlüdür. Amadori ürünleri, oksidasyon, indirgeme ve hidrasyon sonucunda çapraz bağlı proteinler oluşturmaktadır. Son aşamada ise AGE'ler oluşmaktadır ki bu bileşikler çok kararlıdır. Hücrelerin hem içinde hem de dışında birikmekte ve proteinlerin fonksiyonlarını etkilemektedir (Şekil 1) (Rodda, 2000; de Oliviera vd., 2016; Etxabide vd., 2021).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 1. AGE oluşum yolları (Wu vd., 2011).

AGE'ler, şeker, protein ve lipitçe zengin gıdaların yüksek sıcaklıklarla pişirme, gıda işleme ve muhafazası sırasında meydan gelebilmektedir. Özellikle de yüksek protein ve yağ içeriğine sahip hayvansal gıdalar, AGE oluşumu için önemli kaynaklardır (Hull vd., 2012; Jia vd., 2023). Et ve et ürünlerinde AGE'lerin miktarı etin türü ve bileşimi, pH, sıcaklık, zaman, nem ve serbest karbonil gruplarının varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Inan-Eroglu vd., 2020). Gıdalarda ve özellikle de işlenmiş et ürünlerinde Nε-karboksimetil-lisin (CML), Nε-karboksietil-lisin (CEL), glioksal- lisindimer (GOLD), metilglioksal-lisindimer (MOLD), glioksal (GO), metilglioksal (MGO), 3 deoksiglikozon (3-DG), pentosidin ve piralin gibi AGE'ler yaygın olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte gıdalarda AGE varlığının indikatör olarak CML ve CEL dikkate alınmaktadır (Chen ve Smith, 2015; Zhu vd., 2020).

AGE'LERİN İNHİBİSYONUNDA ANTİOKSİDANLARIN ROLÜ

Et ve et ürünlerinde AGE'lerin oluşumunun inhibisyonu, hem gıda güvenliğinin sağlanması hem de kronik hastalıklarla ilişkili sağlık risklerinin azaltılması açısından önemli bir adımdır. Bu noktada antioksidan uygulamaları AGE seviyelerinin minimize edilmesinde en etkili yöntemlerdendir. Günümüzde sentetik antioksidanların uzun süreli kullanımının sağlık açısında olumsuz etkilere neden olması, tüketicilerde endişeye yol açmakta ve yeşil etiketli gıda ürünlerine yönelik talepler giderek artmaktadır. Bu nedenle son yıllarda sentetik antioksidanlara alternatif olarak doğal kaynaklı antioksidanlar kullanılmaya başlanmıştır (Manessis vd., 2020; Bellucci vd., 2022). Doğal antioksidanlar, bitkilerin yaprak, gövde, kök, tohum, meyve ve kabuk dahil olmak üzere değişik kısımlarında bulunmaktadır. Doğal antioksidanların aktivitesi, antioksidanların konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve işlem gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Taghvaei ve Jafari, 2015).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AGE oluşumunu potansiyel olarak inhibe eden bu doğal bileşikler, yapısal özelliklerine göre polifenoller, polisakkaritler, terpenoidler, vitaminler, alkaloidler ve peptitler olmak üzere 6 sınıfa ayrılmaktadırlar. AGE oluşumunun engellenmesinde doğal antioksidanların etki mekanizmalarının, glikasyon bölgelerini kaplama, oksidatif serbest radikalleri nötralize etme, AGE reseptörlerini düzenleme, aktif karbonil bileşikleri yakalama, metal iyonları şelatlama, aldoz redüktazı inhibe etme ve glikoz seviyesini düşürme ile bağlantılı olduğu belirtilmektedir (Song vd., 2021). Ancak antioksidanların ana mekanizmaları aktif karbonil bileşikleri azaltma ve oksidatif serbest radikalleri uzaklaştırmak olarak ifade edilmektedir (Song vd., 2021; Bellucci vd., 2022).

Et endüstrisinde hem doğal hem de sentetik antioksidanlar kullanılabilmektedir. Doğal antioksidanlar doğrudan veya içerdikleri antioksidan maddelerin ekstraksiyonu ve saflaştırılmasından sonra ürüne ilave edilmektedir. Ancak, Avrupa Birliğinin ilgili yönetmeliğinde, biberiye ekstraktlarının yalnızca belirli et ürünlerinde kullanılmasına müsaade edilmektedir. Bu yönetmeliğe göre, biberiye (E392), askorbik asit (E300) ve tokoferoller (E306–E309), AB tarafından gıda katkı maddesi olarak tanımlanan doğal antioksidanlardır (Gutiérrez-del-Río vd., 2021). Lezzetleri için gıdalarda ve fizyolojik etkileri için tıbbi karışımlarda kullanılan baharat ve bitkiler, genellikle güçlü hidrojen verici aktiviteye sahip yüksek konsantrasyonlarda fenolik bileşikler içermektedir. Farklı baharat çeşitlerinde kafeik, p-kumarik, ferulik ve neoklorojenik asitlerin yanı sıra kuersetin, luteolin, apigenin, kaempferol ve izoramnetin gibi bileşikler bulunmaktadır (Brewer, 2011). Farklı baharat çeşitlerinin (karabiber, tarçın, kimyon, kekik, zerdeçal, gül, biberiye, karanfil ve sarımsak) köftede AGE inhibitörü olarak etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, kullanılan baharat çeşitlerinin AGE oluşumunu önemli ölçüde inhibe ettiği tespit edilmiştir (Pradeep vd., 2022).

Doğal antioksidanların, özellikle ısıl işlem sırasında oluşan zararlı bileşiklerin oluşumunu etkili bir şekilde engellediği diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir (Lin vd., 2022; Jia vd., 2023; Li vd., 2023; Xu vd., 2023; Wang vd., 2024). Li vd. (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı baharat (kırmızı biber, sarı hardal, karabiber ve sarımsak) çeşitlerinin sosislerde AGE oluşumuna etkileri araştırılmış ve incelenen baharat çeşitlerinden sadece hardalın AGE oluşumunu azalttığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada pişirme işleminin sosislerde AGE seviyesi önemli ölçüde artırdığı da bildirilmiştir. Diğer bir araştırmada ise biberiye, zerdeçal ve defne yaprağının sığır köftelerinde AGE oluşumuna etkisi incelenmiş ve yüksek antioksidan içeriğine sahip bu baharat çeşitlerinin %0,5 seviyesinde kullanılması ile oksidatif reaksiyonların engellenerek bu bileşiklerin oluşumunun önemli ölçüde azaltılabildiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada biberiyenin diğer baharatlara göre daha güçlü bir inhibisyona neden olduğu da vurgulanmıştır (Yu vd., 2024).

Tahıl kepeğinin (buğday, tritikale ve çavdar) köftede CML oluşumuna etkisini belirlemek üzere yürütülen bir araştırmada ise CML seviyesinin pişirme sıcaklığı ve yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği, tahıl kepeği kullanımının AGE seviyesini kontrol gruplarına göre önemli ölçüde azalttığı ve bu sonucun tahıl kepeklerinin antioksidan aktivitelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Chen vd.,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2017). Köftede zencefil ekstraktının biyoaktif bileşenleri ile AGE oluşumunu engellediği de diğer bir çalışmada rapor edilmiştir (Xu vd., 2022). Diğer taraftan köftede pişirme sırasında oluşan AGE'lerin zencefil ve zerdeçal kullanılarak önemli bir şekilde azaltılabildiği, inhibitör etkinin zencefil ve zerdeçal konsantrasyonlarının artışı ile arttığı ve inhibitör etkinin bu baharat çeşitlerindeki polifenoller, flavonoidler ve terpenoidlerin antioksidan aktivitelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Xue vd., 2022). Turunçgil kabuklarından elde edilen ekstraktların da köftede AGE oluşumu engellediği de rapor edilmiştir (Xu vd., 2024).

Çay ve üzüm çekirdeği gibi doğal ürünlerin ekstraktları, antioksidan bileşenleri içermektedir (Brewer, 2011). Nitekim üzüm çekirdeği ekstraktının kullanıldığı bir çalışmada, farklı pişirme yöntemleri uygulanan tavuk etlerinde AGE indikatörü olarak CML ve CEL seviyeleri belirlenmiş ve ilave edilen ekstrakt oranının önemli bir faktör olduğu, inhibisyon etkisinin pişirme yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Zhu vd., 2021a). Tavuk köftesinde de guava yaprağı polifenolleri ve çay polifenollerinin lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu, Maillard reaksiyonu ve AGE'lerin oluşumuna etkileri incelenmiş ve guava yaprağı polifenollerinin dondurulmuş tavuk köftelerindeki CML, glioksal, pentosidin ve floresan AGE'lerin seviyelerinde önemli düşüşlere yol açtığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada guava yaprağı polifenollerinin seviyesinin artması ile inhibisyon etkinin arttığı ve AGE seviyesinin lipit ve protein oksidasyonu ile pozitif korelasyon sergilediği tespit edilmiştir (Zhao vd., 2022). Model sistemde tavuk göğsünde yürütülen bir çalışmada ise yeşil çay kaynaklı kateşinlerin (epigallokateşin, epigallokateşin-3-gallat, epikateşin ve epikateşin-3-gallat) anti-agregasyon ve antioksidasyon özellikleri ile lisin ve serbest amino gruplarını etkileyerek, Maillard reaksiyonunu yavaşlattığı ve AGE oluşumunu engellediği bildirilmiştir (Zhu vd., 2021b).

Farklı ön pişirme aşamaları ve baharatların, kuzu etinde haşlama sırasında oluşan AGE'ler üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, haşlama yöntemi ve süresinin AGE oluşumu üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu, baharat ilavesinin AGE oluşumunu önemli ölçüde baskıladığı tespit edilmiş ve baharatta bulunan galangin, hesperidin ve narirutin gibi flavonoidlerin, bu engelleyici mekanizmalara katkı sağladığı vurgulanmıştır (Chen vd., 2024).

Su ürünlerinde AGE oluşumuna yönelik yürütülen araştırmalarda da önemli sonuçlar elde edilmiştir. Yılan balığından hazırlanan köfte üzerinde yürütülen bir çalışmada, farklı pişirme sıcaklıklarında (220°C ve 250°C) doğal antioksidan olan kuersetin (%0,05) ile L-askorbik asidin (C vitamini) (%0,05) AGE'lerin inhibisyonuna etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda sıcaklığın artmasıyla AGE bileşiklerinin seviyelerinin arttığı ve L-askorbik asitin, kuersetine kıyasla daha belirgin bir inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir (Chu vd., 2024). Diğer bir çalışmada da sebze ekstraktlarının fırınlanmış uskumruda AGE oluşumunu önemli ölçüde azalttığı ve ayrıca lipit ve portein oksidasyonuna karşı koruyucu bir etki sergilediği bildirilmiştir (Zhang vd., 2023). Çay polifenollerinin marine edilmiş bir balık türünde (*Eleutheronema Tetradactylum*) fırında pişirme sırasında AGE oluşumunu %35,48 oranında azalttığı rapor edilmiştir (Wang vd., 2024).

SONUÇ

İleri lipit oksidasyon ürünleri olarak da bilinen AGE'lerin özellikle yağ ve proteince zengin gıdaların işlenmesi sırasında oluşumunun azaltılması halk sağlığı açısından önemli bir husustur. Yapılan çalışmalar, doğal antioksidanların gıdalardaki AGE oluşumunu azaltmada etkin bir rol oynadığını göstermektedir. Bu açıdan doğal antioksidan uygulaması AGE tüketimiyle ilişkili sağlık risklerini azaltmak için umut verici bir strateji olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, AGE oluşumunun engellenmesinde özellikle antioksidanların kullanım dozlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Arena S, Salzano AM, Renzone G, Dambrosio C, Scaloni A 2013. Non-enzymatic glycation and glycoxidation protein products in foods and diseases: An interconnected, complex scenario fully open to innovative proteomic studies. Mass Spectrometry Reviews, 33: 49-77. https://doi.org/10.1002/mas.21378

Bayrak Kul D, Anlar P, Yılmaz Oral ZF, Kaya M, Kaban G 2021. Furosine and Nε carboxymethyl-lysine in cooked meat product (kavurma): Effects of salt and fat levels during storage. Journal of Stored Products Research, 93: 101856. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101856

Bellucci ERB, Bis-Souza CV, Domínguez R, Bermúdez R, Barretto, ACDS 2022. Addition of natural extracts with antioxidant function to preserve the quality of meat products. Biomolecules, 12(10): 1506. https://doi.org/10.3390/biom12101506

Biesalski HK 2005. Meat as a component of a healthy diet–are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. Meat Science, 70(3): 509-524. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.017

Brewer MS 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(4): 221-247.https://10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x

Chen G, Madl RL, Smith JS 2017. Inhibition of advanced glycation end products in cooked beef patties by cereal bran addition. Food Control, 73: 847-853. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.037

Chen G, Smith JS 2015. Determination of advanced glycation end products in cooked meat products. Food Chemistry, 168: 190-195. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.081

Chen Q, Lu K, He J, Zhou Q, Li S, Xu H, Su Y, Wang M 2024. Effects of seasoning addition and cooking conditions on the formation of free and protein-bound heterocyclic amines and advanced glycation end products in braised lamb. Food Chemistry, 446: 138850. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138850

Chu J, Lin S, Yuan Y, Zhang S, Zhang S 2024. Effects of quercetin and l-ascorbic acid on heterocyclic amines and advanced glycation end products production in roasted eel and lipid-mediated inhibition mechanism analysis. Food Chemistry, 441: 138394. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138394

de AR Oliveira G, de Oliveira AE, da Conceição EC, Leles MI 2016. Multiresponse optimization of an extraction procedure of carnosol and rosmarinic and carnosic acids from rosemary. Food Chemistry, 211: 465-473. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.042

Duman E, Kurban H 2022. Investigation of in vitro formation of advanced lipoxidation end products and advanced glycation end products precursors in high-fat processed meat products. Food Science and Technology, 42: e110921. https://doi.org/10.1590/fst.110921

Etxabide A, Kilmartin PA, Maté JI, Prabakar S, Brimble M, Naffa R 2021. Analysis of advanced glycation end products in ribose-, glucose-and lactose-crosslinked gelatin to correlate the physical changes induced by Maillard reaction in films. Food Hydrocolloids, 117: 106736. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106736

Goldberg T, Cai W, Peppa M, Dardaine V, Baliga BS, Uribarri J, Vlassara H 2004. Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods. Journal of the American Dietetic Association, 104(8): 1287-1291. https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.05.214

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Gutiérrez-del-Río I, López-Ibáñez S, Magadán-Corpas P, Fernández-Calleja L, Pérez-Valero Á, Tuñón-Granda M, Minguélez EM, Lombó F 2021. Terpenoids and polyphenols as natural antioxidant agents in food preservation. Antioxidants, 10(8): 1264. https://doi.org/10.3390/antiox10081264

Hull GL, Woodside J, Ames, JM, Cuskelly GJ 2012. Nε-(carboxymethyl)lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet. Food Chemistry, 131: 170-174. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.055

Inan-Eroglu E, Ayaz A, Buyuktuncer Z 2020. Formation of advanced glycation end products in foods during cooking process and underlying mechanisms: A comprehensive review of experimental studies. Nutrition Research Reviews, 33(1): 77-89. doi:10.1017/S0954422419000209

Jia W, Guo A, Zhang R, Shi L 2023. Mechanism of natural antioxidants regulating advanced glycosylation end products of Maillard reaction. Food Chemistry, 404:134541. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134541

Kellow NJ, Coughlan MT, Reid CM 2018. Association between habitual dietary and lifestyle behaviours and skin autofluorescence (SAF), a marker of tissue accumulation of advanced glycation end products (AGEs), in healthy adults. European Journal of Nutrition, 57: 2209-2216. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1495-y

Kuzan A 2021. Toxicity of advanced glycation end products. Biomedical Reports, 14(5): 1-8. https://doi.org/10.3892/br.2021.1422

Li Y, Li H, Zhu Y, Feng C, He Z, Chen J, Zeng M 2023. Processing stage-induced formation of advanced glycation end products in cooked sausages with the addition of spices. Foods, 12(20): 3788. https://doi.org/10.3390/foods12203788

Lin H, Lai K, Zhang J, Wang F, Liu Y, Rasco BA, Huang Y 2022. Heat-induced formation of advanced glycation end-products in ground pork as affected by the addition of acetic acid or citric acid and the storage duration prior to the heat treatments. Food Chemistry: X, 15: 100387. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100387

Lu J, Li M, Huang Y, Xie J, Shen M, Xie M 2022. A comprehensive review of advanced glycosylation end products and N- Nitrosamines in thermally processed meat products. Food Control, 131: 108449. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108449

Manessis G, Kalogianni AI, Lazou T, Moschovas M, Bossis I, Gelasakis AI 2020. Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. Antioxidants, 9(12): 1215. https://doi.org/10.3390/antiox9121215

Ott C, Jacobs K, Haucke E, Santos AN, Grune T, Simm A 2014. Role of advanced glycation end products in cellular signaling. Redox Biology, 2: 411-429. https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.12.016

Öztürk K, Yılmaz Oral ZF, Kaya M, Kaban G 2023. The effects of sheep tail fat, fat level, and cooking time on the formation of Nε- (carboxymethyl) lysine and volatile compounds in beef meatballs. Foods, 12(15): 2834. https://doi.org/10.3390/foods12152834

Pereira PMDCC, Vicente AFDRB 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. Meat Science, 93(3): 586-592. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018

Pradeep M, Kiflemariam FK, Tareke E 2022. Individual and combined effects of food components in attenuating the formation of advanced glycation end products (AGEs). Food and Nutrition Sciences, 13(1): 17-25. doi: 10.4236/fns.2022.131003.

Rodda N 2000. Protein cross-linking in the maillard reaction. The Open University Oxford Research Unit, 1-15 pp. https://www.proquest.com/dissertations-theses/protein-cross-linking-maillard-reaction/docview/2322130864/se-2?accountid=8403

Song Q, Liu J, Dong L, Wang X, Zhang X 2021. Novel advances in inhibiting advanced glycation end product formation using natural compounds. Biomedicine and Pharmacotherapy, 140: 111750. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111750

Taghvaei M, Jafari SM 2015. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. Journal of Food Science and Technology, 52: 1272-1282. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1080-1

Uribarri J, Woodruff S, Goodman S, Cai W, Chen X, Pyzık R, Yong A, Striker GE, Vlassara H 2010. Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. Journal of the American Dietetic Association, 110(6): 911-916. https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.03.018

Wang R, Lin S, Chu J, Yuan Y, Zhang S 2024. Effect of tea extracts on heterocyclic aromatic amines and advanced glycation end products in roasting *Eleutheronema Tetradactylum* and lipid-mediated inhibition mechanism analysis. Food Bioscience, 59: 103979. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103979

Wu CH, Huang SM, Lin JA, Yen GC 2011. Inhibition of advanced glycation endproduct formation by foodstuffs. Food and Function, 2(5): 224-234. doi: 10.1039/C1FO10026B

Wu CH, Yen GC 2005. Inhibitory effect of naturally occurring flavonoids on the formation of advanced glycation end products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(8): 3167-3173. https://doi.org/10.1021/jf048550u

Xu Y, Jiao Y, Luo J, He Z, Zeng M, Shen Q, Chen J, Quan W 2022. The influence of deep eutectic solvents extract from ginger on the formation of heterocyclic amines and advanced glycation end products in roast beef patties. Foods, 11(20): 3161. https://doi.org/10.3390/foods11203161

Xu Y, Li G, Mo L, Li M, Luo J, Shen Q, Quan W 2023. Citrus peel extracts: Effective inhibitors of heterocyclic amines and advanced glycation end products in grilled pork meat patties. Foods, 13(1): 114. https://doi.org/10.3390/foods13010114

Xu Y, Li G, Mo L, Li M, Luo J, Shen Q, Quan W 2024. Citrus peel extracts: Effective inhibitors of heterocyclic amines and advanced glycation end products in grilled pork meat patties. Foods, 13: 114. https://doi.org/10.3390/ foods13010114

Yalçın E, Rakıcıoğlu N 2022. Besinlerde oluşan ileri glikasyon son ürünlerine polifenollerin etkisi. Beslenme ve Diyet Dergisi, 50(2): 66-75. https://doi.org/10.33076/2022.BDD.1554

Yu L, Chai M, Zeng M, He Z, Chen J 2018. Effect of lipid oxidation on the formation of Nε-carboxymethyl-lysine and Nε-carboxyethyl-lysine in Chinese-style sausage during storage. Food Chemistry, 269: 466-472. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.051

Yu Z, Lu Y, Wei F, Zhang Y, Dong L, Wang S 2024. The impact of natural spices additions on hazards development and quality control in roast beef patties. Food Chemistry, 435: 137644. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137644

Zhang F, Yu X, Tian Y, Zeng J, Zhuang P, Jia W, Zhang Y 2025. Joint control of multiple food processing contaminants in Maillard reaction: A comprehensive review of health risks and prevention. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 24(2): e70138. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70138

Zhang S, Wang R, Chu J, Sun C, Lin S 2023. Vegetable extracts: Effective inhibitors of heterocyclic aromatic amines and advanced glycation end products in roasted Mackerel. Food Chemistry, 412: 135559. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135559

Zhao M, Li Y, Bai X, Feng J, Xia X, Li F 2022. Inhibitory effect of guava leaf polyphenols on advanced glycation end products of frozen chicken meatballs (-18°C) and its mechanism analysis. Foods, 11(16): 2509. https://doi.org/10.3390/foods11162509

Zhu Z, Bassey AP, Khan IA, Huang M, Zhang X 2021b. Inhibitory mechanism of catechins against advanced glycation end products of glycated myofibrillar protein through anti-aggregation and anti-oxidation. LWT, 147: 111550. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111550

Zhu Z, Fang R, Yang J, Khan IA, Huang J, Huang M 2021a. Air frying combined with grape seed extract inhibits Nε-carboxymethyllysine and Nε-carboxyethyllysine by controlling oxidation and glycosylation. Poultry Science, 100(2): 1308-1318. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.056

Zhu Z, Huang M, Cheng Y, Khan IA, Huang J 2020. A comprehensive review of Nε-carboxymethyllysine and Nε-carboxyethyllysine in thermal processed meat products. Trends in Food Science and Technology, 98: 30-40. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.021

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL RENK MADDELERİ

Kübra Öztürk[1,*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

[1*]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[2]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[3]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
ORCID Code: [1*] 0000-0003-1357-3900
ORCID Code: [2] 0000-0001-6720-7231
ORCID Code: [3] 0000-0001-6340-828X

ÖZET

Emülsiyon tipi et ürünleri, hammaddenin çeşitli katkı maddeleriyle emülsiye edilerek, doğal veya sentetik kılıflara doldurulması ve ardından ısıl işleme tabi tutulmasıyla elde edilen ürünlerdir. Tüketime hazır bu ürünler, yüksek pH ve su aktivitesi değerine sahip ürünler olduğundan soğukta muhafaza edilmektedir. Türkiye'de frankfurter, hotdog ve wiener gibi küçük kalibrasyonlu ürünler, sosis; Bologna, mortedella ve lyoner gibi büyük kalibrasyonlu ürünler ise salam olarak adlandırılmaktadır. Salam ve sosis arasında kıyılma derecesi açısından önemli farklılık söz konusu olup salamda daha kaba bir emülsiyon yapılmaktadır. Bu ürünlerin rengi, tüketici algısı ve satın alma tercihi üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle bu ürünlerde doğal ve sentetik renklendiriciler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bazı sentetik renklendiricilerin sağlık üzerinde olumsuz etkilerinin olması tüketicide endişelere yol açmaktadır. Bu nedenle sosis ve salam gibi emülsifiye et ürünlerinde doğal renklendiricilerin kullanımına yönelik araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Doğal renklendiriciler bu ürünlerin duyusal kalitesini iyileştirmenin yanı sıra tüketici endişelerini gidererek sağlıklı alternatifler sunmaktadır. Ancak doğal renklendiricilerin fonksiyonel özelliklerinin kapsamlı şekilde değerlendirilmesi ve bu maddelerin endüstriyel üretim süreçlerine entegrasyonu, hem ürün kalitesinin iyileştirilmesi hem de tüketicilerin endişelerinin giderilmesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, doğal renklendiricilerin gösterdiği antioksidan ve antimikrobiyal etkiler, bu katkı maddelerinin sadece renk verici olarak değil, aynı zamanda fonksiyonel bileşenler olarak da potansiyelini artırmaktadır. Bu çalışmada emülsiyon tipi et ürünlerinde doğal renk maddelerinin kullanımı üzerine yürütülen çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal renklendiriciler, emülsifiye et ürünü, sentetik renklendiriciler, sosis, salam

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NATURAL COLORANTS IN EMULSION-TYPE MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Emulsion-type meat products are obtained by emulsifying raw materials with various additives, filling them with natural or synthetic casings, and then heat-treating them. These ready-to-eat products are stored cold because they have high pH and water activity. In Türkiye, small-sized products like frankfurters, hotdog, and wieners are called “sosis”, while larger-sized products like bologna, mortedella, and lyoner are called “salam”. There is a significant difference between salam and sosis in terms of the degree of mincing, with salam creating a coarser emulsion. The color of these products plays a significant role in consumer perception and purchasing decisions. Therefore, natural and synthetic colorants are widely used in these products. However, the adverse health effects of some synthetic colorants raise consumer concerns. Therefore, research into the use of natural colorants in emulsified meat products like sosis and salam is increasing. Natural colorants not only improve the sensory quality of these products but also address consumer concerns, offering healthier alternatives. However, comprehensively evaluating the functional properties of natural colorants and integrating them into industrial production processes is crucial for both improving product quality and addressing consumer concerns. Furthermore, the antioxidant and antimicrobial effects of natural colorants enhance their potential not only as colorants but also as functional ingredients. This study examines and evaluates studies on the use of natural colorants in emulsion-type meat products.

Keywords: Natural colorants, emulsified meat product, synthetic colorants, frankfurter, Bologna type sausage

GİRİŞ

Organoleptik özellikler, gıdaların kabulünü, seçimini ve tüketimini büyük ölçüde belirlemektedir. Renk ise gıdaların en etkileyici ve çekici özelliklerinden biri olarak kabul edilebilmektedir (Novais vd., 2022). Gıdaların renklendirilmesi M.Ö. 1500’lu yıllara dayanmakta ve renklendirici maddeler doğadan elde edilmekteydi. Bugün de halen safran, kırmızı biber, zerdeçal ve çeşitli çiçekler renklendirici olarak kullanılmaktadır (Sigurdson vd., 2017). Doğal gıda ürünlerinin kendi renkleri olmasına rağmen, uygulanan işlemler, oksijen, metal, ışık, pH ve su aktivitesi gibi faktörler, renkte istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir (Novais vd., 2022). Bundan dolayı, gıda endüstrisinde hammadde renklerini standartlaştırmak, renksiz gıdalara renk kimliği kazandırmak ve işleme veya depolama sırasında oluşan kayıpları telafi etmek amacıyla renklendiriciler kullanılmakta (Sigurdson vd., 2017) ve buna paralel olarak da iyi üretim uygulamaları ve tüketici sağlığını korumaya yönelik mevzuatlar güncellenmektedir (Novais vd., 2022).

Emülsifiye et ürünleri, sığır, domuz ve kanatlı etleri ile bu etlerin yan ürünlerinin, çeşitli katkı maddeleri ile karıştırılarak emülsiyon teknolojisine uygun şekilde işlenip, doğal veya sentetik kılıflara doldurulduktan sonra ısıl işleme tabi tutulmasıyla elde edilen ürünlerdir (Kaban ve Kaya, 2010;

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Gökalp vd., 2012). Bu tip et ürünleri, etin kıyılma derecesi ve bileşimi, kimyasal bileşimi, kılıf kalibrasyonu, baharat ve katkı maddelerinin içeriği gibi faktörlere bağlı olarak farklı sınıflara ayrılmaktadır. Türkiye'de frankfurter, wiener ve hotdog gibi küçük kalibrasyonlu ürünler, sosis; Bologna ve lyoner gibi büyük kalibrasyonlu ürünler ise salam olarak adlandırılmaktadır. Sosis ve salam üretiminde kullanılan etlerin kıyılma derecesi birbirinden farklılık arz etmekte ve salam gibi ürünlerde daha kaba bir emülsiyon oluşturulmaktadır (Kaban ve Kaya, 2010).

Renk, tüketiciler tarafından genellikle gıda ürününün lezzet, besin değeri ve hijyenik kalitesi gibi çeşitli niteliklerinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Sigurdson vd., 2017). Renkte meydana gelen değişiklikler, tüketici tercihini olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı gıda sektöründe önemli bir kalite kriteri olan rengin korunması hem tüketici memnuniyetini artırmak hem de rekabet avantajı sağlamak açısından önemlidir (Dutta ve Nath, 2024). Dolayısıyla gıda renklendiricilerinin sürekli yenilenmesi ve geliştirilmesi gıda sektöründe önem arz etmektedir (Mariano vd., 2024).

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından renklendirici katkı maddesi veya gıda renklendiricisi, bir gıdaya, ilaca, kozmetiğe ya da insan vücuduna eklendiğinde veya uygulandığında, tek başına veya diğer maddelerle reaksiyona girerek renk verme yeteneğine sahip herhangi bir renklendirici, pigment veya madde olarak tanımlanmaktadır (FDA, 2025). Renklendiriciler, kimyasal yapı, kaynak ve kullanım amacı gibi kriterlere göre sınıflandırılabildiği gibi kaynak açısından doğal, doğala özdeş veya sentetik veya organik ve inorganik olarak da sınıflandırılabilmektedir. Çözünürlük açısından ise çözünür ve çözünmez olmak üzere iki grup söz konusudur. Bu katkı maddeleri saydam ve opak olmak üzere iki grupta da toplanabilmektedir. Ancak renklendiriciler yaygın bir şekilde doğal ve yapay olmak üzere iki temel grupta sınıflandırılmaktadır. Doğal renklendiriciler, bitki dokularından (örneğin kurkumin, karotenoidler, antosiyaninler, betalainler ve klorofiller), hayvansal hücrelerden (karminik asit ve kermesik asit), mikroorganizma metabolitlerinden (karotenoidler ve klorofiller) ya da mineral kaynaklardan (titanyum dioksit veya kalsiyum karbonat) elde edilmektedir. Öte yandan, yapay renklendiriciler kimyasal sentez yoluyla üretilmekte olup doğada doğal halleriyle bulunmamaktadır (Novais vd., 2022). Bu çalışmada emülsiyon tipi et ürünlerinde doğal renk maddelerinin kullanımı üzerine yürütülen çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE SENTETİK RENK MADDELERİ

Et ürünlerinde renk, ürün kalitesinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamakta ve tüketici algısı üzerinde doğrudan etkili bir kalite göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Mancini ve Hunt, 2005; Zhou vd., 2012; Su vd., 2024). Et pigmentlerinin kimyasal kararlılığı pH, sıcaklık, ışık, oksijen, enzimler, proteinler ve metal iyonlar gibi çevresel faktörlerden etkilenmekte ve bu durum teknolojik uygulamalarda çeşitli kısıtlamalara neden olmaktadır (Silva vd., 2022). Emülsiyon tipi et ürünlerinde homojen ve stabil bir renk oluşumunun sağlanması ve üretim prosesi ile muhafaza süresince ortaya

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

çıkan kayıpların engellenmesi için çeşitli sentetik renklendiricilerden yararlanılmaktadır (Silva vd., 2021).

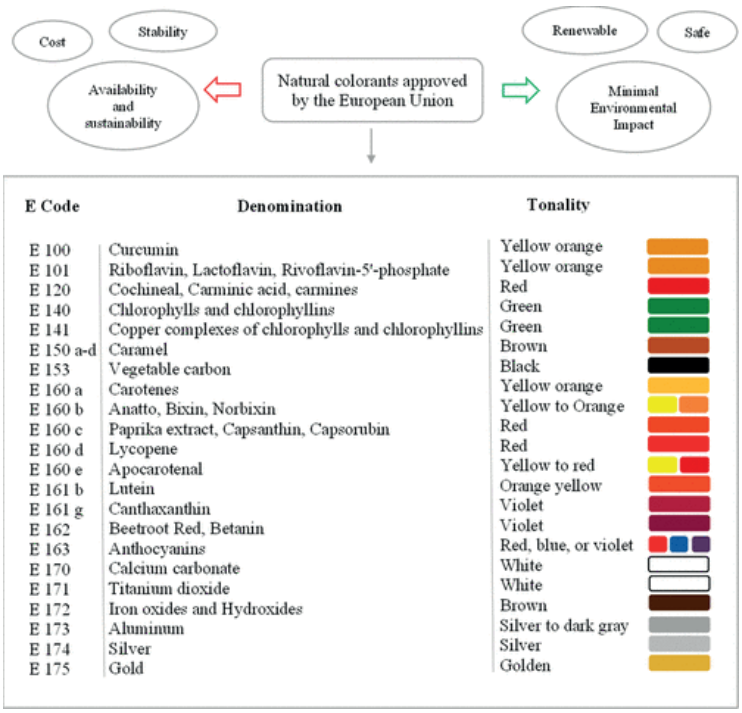
Sentetik gıda renklendiricileri, koku, tat, stabilite, kolay temin edilebilirlik ve düşük maliyet gibi avantajlarından dolayı tercih edilmektedir (Barciela vd., 2023). Ayrıca sentetik renklendiriciler renk profilindeki çeşitlilik açısından da kullanım kolaylığı sunmaktadır (Gautam, 2014; Zahrah vd., 2020). Ancak bu renklendiricilerden bazıları sağlık açısından çeşitli dezavantajlar da taşımaktadır. Bu maddeler, belirgin yan etkileri, kısa ve uzun vadede ortaya çıkan toksisite ve potansiyel kanserojen etkileri tüketicide büyük bir endişe kaynağı oluşturmaktadır (Martins vd., 2016). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından belirlenen kullanım sınırları ve koşulları doğrultusunda bu maddelerin kullanımı hâlen izinli olup, İzin Verilen Günlük Alım (ADI) miktarlarının altında alındığında sentetik gıda renklendiricilerinin güvenli olduğu kabul edilmektedir (Silva vd., 2021; Barciela vd., 2023). Et ürünlerinde yaygın olarak kullanılan ve sağlık açısından olumsuz reaksiyonlara yol açabileceği için düzenlemeye tabi tutulan sentetik renklendiriciler arasında amaranth S, ponceau, allura kırmızısı, karmoisine, eritrosin ve sudan gibi maddeler bulunmaktadır (Mariona vd., 2024). Diğer taraftan emülsiyon tipi et ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılan nitrit de renk oluşumunda temel rol oynayan katkı maddelerindendir. Nitrit renk oluşumunun yanı sıra antimikrobiyal, antioksidan, tipik tat ve aroma gibi birçok avantaj sağladığı için önem arz etmektedir (Aykın Dinçer vd., 2020; Sallan vd., 2020; Yılmaz Oral vd., 2024). Emülsifiye et ürünlerinde yegane kürleme ajanı olan nitritin redüksiyonu sonucu oluşan nitrik oksit miyoglobin ile birleşerek nitrosomiyoglobini oluşturmaktadır. Bu ürünlere uygulanan ısıl işlem sonucunda nitrosomiyoglobin, nitrosohemokroma dönüşmekte ve oluşan bu bileşik ürüne tüketici tarafından arzu edilen pembemsi kırmızı rengi kazandırmaktadır (Bellucci, 2019; Hastaoğlu, 2019; Jin ve Lee, 2024).

EMÜLSİYON TİPİ ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL RENK MADDELERİ

Gıda renklendiricileri tarihsel olarak doğal kaynaklardan elde edilmiştir. Safran, orcein, koşineal, karamel, kırmızı pancar, alizarin ve çivit gibi pigmentler, bitkilerden, böceklerden veya mineral kökenli kaynaklardan türetilmiştir. Günümüzde ise kurkumin (E100), karminik asit (E120), klorofiller ve klorofilinler (E140, E141), annatto (E160b), paprika ekstraktı (E160c), antosiyaninler (E163) ve betalainler (E162) gibi doğal pigmentlerin kullanımı öne çıkmaktadır (Şekil 1) (Novais vd., 2022). Bu doğal bileşikler bitkiler, çiçekler, meyveler ve mikroorganizmalar (bakteri, maya ve küf) gibi çeşitli biyolojik kaynaklardan ileri ekstraksiyon ve saflaştırma yöntemleriyle elde edilmektedir (Magalhães vd., 2024). Doğal pigmentler yalnızca görsel çekicilik sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda sağlık odaklı gıda formülasyonlarında işlevsel bileşenler olarak da değerlendirilmektedir. Antimikrobiyal, antioksidan, antiproliferatif ve antiinflamatuar gibi potansiyel biyoaktif özellikler de sergileyerek gıdalara işlevsel katkılar da sunmaktadır (Zahrah vd., 2020; Novais vd., 2022). Ancak yüksek üretim maliyetleri ve çevresel faktörlere (ışık, sıcaklık, pH) karşı düşük stabiliteleri, doğal renklendiricilerin kullanımını sınırlandırmaktadır (Olas vd., 2021). Bu düşük stabilite, ürünün renginin yanı sıra tat ve

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

tekstür gibi duyusal özelliklerini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca raf ömrünü de olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Patel, 2025).



Şekil 1. Gıdalarda kullanılan doğal renk maddeleri (Novais vd., 2022)

Sosis üretiminde farklı renklendiricilerin (kontrol, karmin, pancar ekstraktı ve pancar ekstraktı tozu) etkilerinin incelendiği bir araştırmada pancar ekstraktı ve tozunun, sosislerin renk stabilitesini ve duyusal özelliklerini olumlu yönde etkilediği ve lipit oksidasyonunu engellediği rapor edilmiştir. Sonuç olarak ise pancar ekstraktının hem renklendirici ve hem de antioksidan olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Aykın Dinçer vd., 2020). Tunus kahverengi deniz yosunundan (*Cystoseira barbat)* ekstrakte edilen fukoksantinin hindi sosisi üretiminde kullanımının incelendiği bir araştırmada, fukoksantinin renk stabilitesini etkili bir şekilde artırarak muhafaza süresi boyunca arzu edilen kırmızımsı renk tonunu koruduğu rapor edilmiştir (Sellimi vd., 2017). Deniz yosununun renklendirici olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise *Sargassum sp.*'den elde edilen fukoksantinin farklı oranları (%0, %1, %2, %3 ve %4) yayın balığı sosislerinde kullanılmıştır. Analizler sonucunda fukoksantin kullanımının parlaklığın ölçüsü olan *L** değeri ile pH ve peroksit değerlerini düşürdüğü, duyusal açıdan %1 fukoksantin ilave edilen sosisin en çok tercih edilen grup olduğu ve fukoksantinin, yayın balığı sosislerinde renk ve kaliteyi iyileştirmek için etkili bir doğal renklendirici ve aynı zamanda antioksidan olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır (Aditya vd., 2020). Mavi yengeç kabuklarından elde edilen, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip karotenoprotein ekstraktının hindi sosis üretiminde farklı oranlarda (%0,1, %0,25 ve %0,50) kullanımının ürünün kalite özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise söz konusu ekstraktın

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

soğukta muhafaza sırasında (4°C'de 10 gün) lipit oksidasyonunu yavaşlattığı, mikrobiyal çoğalmayı inhibe ettiği rapor edilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada ekstraktın serbest yağ asidi miktarının düşürdüğü, renk stabilitesini artırdığı ancak ürünün enstrümental renk değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı da vurgulanmıştır (Hamdi vd., 2018).

Sosis üretiminde kırmızı pancar tozunun farklı oranlarının (%0,5 ve %1,0) sodyum nitrit yerine kullanıldığı bir çalışmada, kırmızı pancar tozu ilavesinin ürünün *L** değerini düşürdüğü, kırmızı rengin göstergesi olan *a** değerinin önemli ölçüde arttırdığı, duyusal değerlendirmede renk üzerinde belirgin bir etki gösterdiği, ancak lezzet ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal özelliklere önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Jin vd., 2014). Karmin içeren ve renklendirici içermeyen kontrol grupları ile *Berberis vulgaris* (BV) ekstraktının üç farklı oranı (%0,75, %1,5 ve %3,0) kullanılarak üretilen frankfurterlerin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, BV ekstraktının sosislerin pH ve TBARS değerleri üzerinde önemli düzeyde etki gösterdiği, ekstraktın oranı arttıkça toplam fenolik madde içeriği ve antiradikal aktivitenin de arttığı, ayrıca BV ekstraktı içeren örneklerin daha yüksek enstrümental renk puanları aldığı, ancak asidik tadı artırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca BV ekstraktının lipit oksidasyonun göstergesi olan hekzanalın seviyesini düşürdüğü, ancak bu doğal ekstraktın üründe kükürtlü bileşikler ile terpenlerin seviyelerinde artışa neden olduğu vurgulanmıştır (Jaberi vd., 2020).

Nitrit kullanılmayan ürünler grubunda yer alan taze sosislerde de renklendirici kullanımına yönelik araştırmalar yürütülmüştür. Baldin vd. (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada, karmine (koşineal) alternatif olarak antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip mikroenkapsüle edilmiş jabuticaba ekstraktının (%0, %2, ve %4 MJE-*Myrciaria cauliflora*) taze sosislerin bazı kalite özelliklerine etkileri depolama süresince incelenmiş ve %2 ve %4 MJE kullanımının lipit oksidasyonunu önemli ölçüde azalttığı, özellikle %2 MJE'nin depolama süresi boyunca daha düşük TBARS değerleri ve mikrobiyal sayılar gösterdiği, %4 MJE ilavesinin ise sosislerde renk, doku ve genel kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir. Aynı araştırmada sonuç olarak da %2 MJE oranının duyusal açıdan daha kabul edilebilir değerler gösterdiği bildirilmiştir. Nitrit ilave edilmeden üretilen ve "Harbin red sosis" olarak adlandırılan diğer bir sosis çeşidinde de kurkumin içeren nano emülsiyonun (Cur@QCS/SA) farklı seviyelerinin (%0, %0,05, %0,10 ve %0,15) kullanımının etkileri incelenmiş ve %0,15 Cur@QCS/SA ilavesinin sosislerin raf ömrünün 3 günden 6 güne kadar uzatabildiği, pH, ağırlık kaybı, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal stabiliteyi arttırdığı, *L** ve *a** değerlerinde daha stabil etki gösterdiği, lipit oksidasyonunu ve proteolitik aktiviteyi engellediği, tekstür profili ve duyusal analizlerde de en iyi sonuçları verdiği rapor edilmiştir (Zhu vd., 2024).

Sosiste sentetik sodyum nitrite ikame olarak nitrit açısından zengin kereviz tozu (%0,8), pigment açısından zengin mor tatlı patates (%0,4) ve kırmızı pancar tozunun (%0,4) kullanıldığı bir araştırmada, doğal katkıların sosis gruplarının pH, parlaklık ve tekstürel özelliklerini olumsuz etkilediği, mor tatlı patates tozu ve kırmızı pancar tozunun örneklerin renk değişimlerini hızlandırdığı,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

antioksidan etki bakımından sentetik nitritin daha iyi sonuçlar verdiği ve kereviz tozunun sentetik nitrite benzer şekilde daha stabil bir etki gösterdiği bildirilmiştir (Jin ve Kim, 2023). Doğal renklendiricilerin (betalain ve karmin) Brezilya sosisine (linguiça) ilavesiyle azaltılmış nitrit konsantrasyonlarının etkisinin incelendiği bir çalışmada ise betalain + 75 mg/kg nitrit içeren sosis örneklerinin en yüksek *a** değerini gösterdiği, doğal renklendiricilerin ilavesiyle üründe renk ve genel kabul edilebilirliğin arttığı ancak oksidatif stabilitenin etkilenmediği rapor edilmiştir (Bellucci vd., 2019).

SONUÇ

Gıdalarda renk önemli bir kalite kriteridir. Bu kriter, tüketicinin tercihinde de önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle gıda üretim proseslerinde renklendirici kullanımına ayrı bir önem verilmektedir. Emülsifiye et ürünlerinde renk oluşumunda nitrit önemli bir faktör olmakla birlikte doğal ve sentetik renklendiricilere de ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketicilerin doğal ürünlere talebinden dolayı doğal renklendiricilere yönelik araştırmalar son yıllarda önemli ölçüde artış göstermiştir. Araştırmalar sonucunda renk stabilitesi ve ürün özelliklerine yönelik önemli bulgulara erişilmiştir. Bununla birlikte bu doğal renk maddelerinin özellikle depolama sırasındaki etkilerine yönelik araştırmalara halen ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Aditya NW, Amin MNG, Alamsjah MA 2020. The effect of fucoxanthin as coloring agent on the quality of catfish sausage. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 441(1): 012080. https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012080

Aykın-Dinçer E, Güngör KK, Çağlar E, Erbaş M 2020. The use of beetroot extract and extract powder in sausages as natural food colorant. International Journal of Food Engineering, 17(1): 75-82. https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0052

Baldin JC, Michelin EC, Polizer YJ, Rodrigues I, de Godoy SHS, Fregonesi RP, Pires MA, Carvalho LT, Fávaro-Trindade CS, de Lima CG, Fernandes AM, Trindade MA 2016. Microencapsulated jabuticaba (Myrciaria cauliflora) extract added to fresh sausage as natural dye with antioxidant and antimicrobial activity. Meat Science, 118: 15-21. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.03.016

Barciela P, Perez-Vazquez A, Prieto MA 2023. Azo dyes in the food industry: Features, classification, toxicity, alternatives, and regulation. Food and Chemical Toxicology, 178: 113935. https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113935

Bellucci ERB, Barretto TL, Rodriguez JML, Bis-Souza CV, Barba FJ, Barretto ACDS 2019. Natural colorants improved the physicochemical and sensorial properties of frozen Brazilian sausage (linguiça) with reduced nitrite. Scientia Agricola, 78: e20190211. http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0211

Dutta K, Nath R 2024. Application of colorimetry in food industries. Intech Open, 238. doi: 10.5772/intechopen.112099, ISBN 978-1-83769-184-5

Gautam N 2014. Food colorants and their toxicology: An overview. Sunsari Technical College Journal, 2(1): 69–75. https://doi.org/10.3126/stcj.v2i1.14803

Gökalp HY, Kaya M, Tülek Y, Zorba Ö 2012. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuar uygulama kılavuzu. Atatürk Üniv. Yayın No:751, Ziraat Fak. Yayın No:318, Ders Kitapları Serisi, No: 69, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.

Hamdi M, Nasri R, Dridi N, Moussa H, Ashour L, Nasri M 2018. Improvement of the quality and the shelf life of reduced-nitrites turkey meat sausages incorporated with carotenoproteins from blue crabs shells. Food Control, 91: 148-159. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.03.048

Hastaoğlu E 2019. Doğal esansiyel yağlar ve doğal ekstraktlar ile emülsifiye et ürünleri üretimi ve kalite özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Jaberi R, Kaban G, Kaya M 2020. The effect of barberry (Berberis vulgaris L.) extract on the physicochemical properties, sensory characteristics, and volatile compounds of chicken frankfurters. Journal of Food Processing and Preservation, 44(7): e14501. https://doi.org/10.1111/jfpp.14501

Jin SK, Choi JS, Moon SS, Jeong JY, Kim GD 2014. The assessment of red beet as a natural colorant, and evaluation of quality properties of emulsified pork sausage containing red beet powder during cold storage. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 34(4): 472. https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.4.472

Jin SK, Kim GD 2023. Effects of nitrite-rich and pigment-rich substitutes for sodium nitrite on the quality characteristics of emulsion-type pork sausages during cold storage. Meat Science, 201: 109193. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109193

Jin SK, Lee SY 2024. Influence of combination treatment with natural colorant and additives on the physicochemical properties of emulsified pork sausages during storage. Journal of Food Science and Technology, 61(12): 2310-2317. https://doi.org/10.1007/s13197-024-05996-0

Kaban G, Kaya M 2010. Et ürünleri teknolojisi II. et ve et ürünlerinde kalite kontrolü. Anadolu Üniversitesi, Yayın No:2080. Açıköğretim Fakültesi, Yayın No:1114, Eskişehir.

Magalhães D, Gonçalves R, Rodrigues CV, Rocha HR, Pintado M, Coelho MC 2024. Natural pigments recovery from food by-products: Health benefits towards the food ındustry. Foods, 13(14): 2276. https://doi.org/10.3390/foods13142276

Mancini RA, Hunt MC 2005. Current research in meat color. Meat Science, 71: 100-121. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003

Mariano Jr E, Yun SH, Lee J, Choi Y, Park J, Han D, Kim JS, Hur SJ 2024. The color-developing methods for cultivated meat and meat analogues: A mini-review. Food Science of Animal Resources, 44(2): 356. https://doi.org/10.5851/kosfa.2024.e14

Martins N, Roriz CL, Morales P, Barros L, Ferreira IC 2016. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. Trends in Food Science and Technology, 52: 1-15. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009

Novais C, Molina AK, Abreu RM, Santo-Buelga C, Ferreira IC, Pereira C, Barros L 2022. Natural food colorants and preservatives: A review, a demand, and a challenge. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(9): 2789-2805. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c07533

Olas B, Białecki J, Urbańska K, Bryś M 2021. The effects of natural and synthetic blue dyes on human health: A review of current knowledge and therapeutic perspectives. Advances in Nutrition, 12(6): 2301–2311. https://doi.org/10.1093/advances/nmab081

Patel K 2025. Carcinogenic potential of synthetic food dyes and safer alternatives: A detailed review of risks, mechanisms, and natural substitutes for the food industry. International Journal of Pharmaceutical Research and Applications, 10(1):16-18. doi: 10.35629/4494-10011618

Sallan S, Kaban G, Oğraş ŞŞ, Çelik M, Kaya M 2020. Nitrosamine formation in a semi-dry fermented sausage: Effects of nitrite, ascorbate and starter culture and role of cooking. Meat Science, 159: 107917. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.129

Sellimi S, Ksouda G, Benslima A, Nasri R, Rinaudo M, Nasri M, Hajji M 2017. Enhancing colour and oxidative stabilities of reduced-nitrite turkey meat sausages during refrigerated storage using fucoxanthin purified from the Tunisian seaweed Cystoseira barbata. Food and Chemical Toxicology, 107: 620-629. https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.04.001

Sigurdson GT, Tang P, Giusti MM 2017. Natural colorants: Food colorants from natural sources. Annual Review of Food Science and Technology, 8(1): 261-280. https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923

Silva LJ, Pereira AR, Pereira AM, Pena A, Lino CM 2021. Carmines (E120) in coloured yoghurts: A case-study contribution for human risk assessment. Food Additives and Contaminants: Part A, 38(8): 1316-1323. https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1923820

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Silva MM, Reboredo FH, Lidon FC 2022. Food colour additives: A synoptical overview on their chemical properties, applications in food products, and health side effects. Foods, 11(3), 379. https://doi.org/10.3390/foods11030379

Su L, Zhao Z, Xia J, Xia J, Nian Y, Shan K, Zhao D, He H, Li C 2024. Protecting meat color: The interplay of betanin red and myoglobin through antioxidation and coloration. Food Chemistry, 442: 138410. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138410

US Food and Drug Administration (n.d.). Color additives. Available at: https://www.fda.gov/industry/color-additives [27.09.2025]

Yılmaz Oral ZF, Kaya M, Kaban G 2024. Using celery powder in a semi-dry fermented sausage 'Heat-treated sucuk': Nitrosamine formation, lipid oxidation, and volatile compounds. Foods, 13(20): 3306. https://doi.org/10.3390/foods13203306

Zahrah Z, Amin MNG, Alamsjah MA 2020. The effect of fucoxanthin as coloring agent on the quality of Shrimp Paste. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 441(1): 012079. https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012079

Zhou C, Zhang L, Wang H, Chen C 2012. Effect of amaranthus pigments on quality characteristics of pork sausages. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 25(10): 1493–1498. https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12152

Zhu YA, Li F, Wang M, Cao Y, Kong B, Liu Q, Wang H, Chen Q 2024. Improving the storage quality of Harbin red sausages by quaternized chitosan/sodium alginate coating curcumin nano-emulsion. Meat Science, 216: 109585. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109585

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ET VE ET ÜRÜNLERİNDE DOĞAL ANTİOKSİDAN KULLANIMININ İLERİ GLİKASYON SON ÜRÜNLERİNE ETKİSİ

Kübra Öztürk[1*], Güzin Kaban[2], Mükerrem Kaya[3]

[1*]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[2]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
[3]Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, Türkiye
ORCID Code: [1*] 0000-0003-1357-3900
ORCID Code: [2] 0000-0001-6720-7231
ORCID Code: [3] 0000-0001-6340-828X

ÖZET

Gıdaların üretiminde uygulanan işlemlere bağlı olarak çok sayıda reaksiyon gerçekleşmekte ve bu reaksiyonlar sayesinde ürüne özgü karakteristikler oluşmaktadır. Maillard reaksiyonu gıda endüstrisinde gıdaların muhafazası ve ısıl işleme tabi tutulması sırasında gerçekleşen reaksiyonlardan biridir. İndirgen şekerler ve amino asitlerin amino grupları arasında gerçekleşen bu reaksiyon ile gıdalarda renk ve aroma gelişmekte ve ürünlere karakteristik özellikler kazandırılmaktadır. Ayrıca bu reaksiyon zincirinde antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteye sahip bileşikler oluşabilmektedir. Maillard reaksiyonunda bu pozitif etkilerin yanı sıra mutajenik veya kanserojenik bileşikler de oluşabilmektedir. Bu bileşiklerden ileri glikasyon son ürünleri (AGE, Advanced Glycation End products), dokularda birikerek hücresel işlevin bozulmasına, oksidatif stresin artmasına ve Alzheimer, diyabet ve böbrek yetmezliği gibi pek çok kronik hastalığın oluşmasına neden olmaktadır. Glikotoksin veya ileri lipit oksidasyon ürünleri olarak da adlandırılan AGE'lerin oluşumunda protein ve lipit oksidasyonunun da önemli rol oynadığı ve özellikle yüksek protein ve yağ içeriğine sahip hayvansal kaynaklı gıdaların AGE'ler açısından önemli kaynaklar olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle bu ürünlerde AGE'lerin inhibisyonuna yönelik olarak antioksidan kullanımı önem arz etmektedir. Sentetik antioksidanlar tüketicilerde endişeye sebep olduğundan, AGE'lerin inhibisyonuna yönelik araştırmalar daha ziyade doğal antioksidanların etkilerini belirlemeye yöneliktir. Bu çalışmada, doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanların, et ve et ürünlerinde AGE oluşumunun inhibisyonundaki rollerine yönelik çalışmalar incelenmiş ve derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, et, et ürünleri, ileri glikasyon son ürünleri, AGE, Maillard reaksiyonu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF USING NATURAL ANTIOXIDANT ON ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS IN MEAT AND MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Numerous reactions occur depending on the processes applied in food production, and these reactions result in product-specific characteristics. The Maillard reaction is one of the reactions that occur in the food industry during the preservation and heat treatment of foods. This reaction, which occurs between reducing sugars and the amino groups of amino acids, develops color and aroma in foods and imparts characteristic properties to products. Furthermore, this reaction chain can also form compounds with antimicrobial and antioxidant activity. In addition to these positive effects, the Maillard reaction can also form mutagenic or carcinogenic compounds. Among these compounds, advanced glycation end products (AGEs) accumulate in tissues, leading to impaired cellular function, increased oxidative stress, and the development of many chronic diseases such as Alzheimer's, diabetes, and kidney failure. Protein and lipid oxidation also play a significant role in the formation of AGEs, also known as glycotoxins or advanced lipid oxidation products, and animal-derived foods, particularly those with high protein and fat content, are significant sources of AGEs. Therefore, the use of antioxidants to inhibit AGEs in these products is crucial. Because synthetic antioxidants have caused concern among consumers, research on AGE inhibition has focused primarily on determining the effects of natural antioxidants. This study examines and compiles studies on the role of antioxidants derived from natural sources in inhibiting AGE formation in meat and meat products.

Keywords: Antioxidants, meat, meat products, advanced glycation end products, AGE, Maillard reaction

GİRİŞ

Gıda üretim proseslerinin planlanmasında, sağlıklı, besleyici ve kolay tüketilebilen değişik gıdalara yönelik artan tüketici beklentilerinin karşılanmasının yanı sıra gıdaların besin değeri ve duyusal özelliklerinin korunması ve gıda güvenliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir (Zhang vd., 2025). Et, yüksek biyolojik değerliliğe sahip proteinleri ile insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Et, demir, çinko, selenyum, fosfor ve B_{12} vitamini gibi mikro besin öğeleri açısından da zengin bir kaynaktır (Biesalski, 2005; Pereira ve Vincente, 2013). Et ve et ürünlerinde, üretimden tüketime kadar geçen süreçte uygulanan üretim teknolojilerine bağlı olarak çeşitli kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar hem ürünün besleyici değerini hem de sağlık üzerindeki potansiyel etkilerini doğrudan etkileyebilmektedir (Zhang vd., 2025). Maillard reaksiyonu, gıdaların üretimi ve muhafazası sırasında gerçekleşen reaksiyonlardan biri olup indirgen şekerler ve amino asitlerin amino grupları arasında gerçekleşen enzimatik olmayan bir reaksiyondur. Bu reaksiyon, gıda endüstrisinde ürüne özgü karakteristiklerin kazandırılmasında önemli rol oynamaktadır. Ancak bu reaksiyon sırasında indirgen şekerlerle reaksiyona giren amino asit veya

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

protein, insan metabolizmasında kullanılabilme özelliğini kaybetmekte ve gıdalarda besin kaybı oluşmaktadır (Arena vd., 2013). Diğer taraftan Maillard reaksiyonu sırasında oluşan ara ürünler, protein veya peptitlerin yan zincirleri ile reaksiyona girerek heterojen bir grup olan ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE, Advanced Glycation End Products) oluşumuna neden olmaktadır (Bayrak Kul vd., 2021; Öztürk vd., 2023).

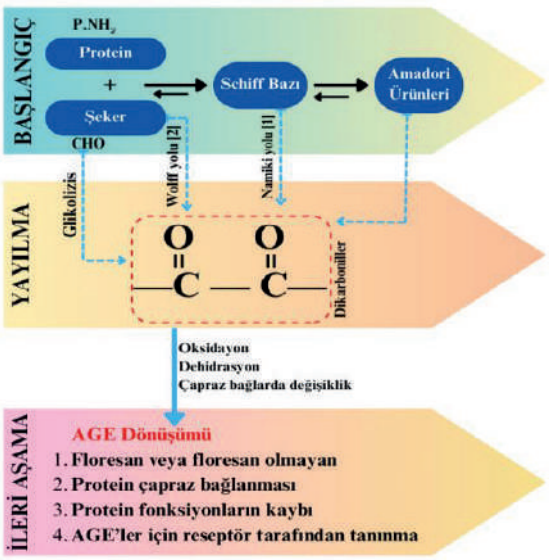
Normal metabolizmanın parçası olmasına rağmen dokularda ve dolaşımda yüksek AGE seviyeleri, patojenik ve toksijenik olarak tanımlanmaktadır (Arena vd., 2013; Ott vd., 2014; Kuzan, 2021). AGE'ler hücrelerin yüzeylerinde yer alan reseptörlere ya da vücuttaki proteinlere çapraz bağlanarak bu yapıların işlevlerini bozmaktadır (Yalçın ve Rakıcıoğlu, 2022). Ayrıca Maillard reaksiyonu, oksidatif stresle ilişkilendirilmekte ve bu stres, serbest radikaller (oksijen ve nitrojen türevleri) ile antioksidanlar arasındaki dengenin bozulması ve antioksidanların serbest radikallere karşı yeterli derecede yanıt verememesine neden olmaktadır. Bu süreçte artan reaktif karbonil bileşiklerinin birikimi veya bu bileşiklerin bozunma/atılım süreçlerindeki azalma, karbonil stres faktörlerini de tetiklemektedir. Bu unsurlar, reaktif oksijen türlerinin düzeyini artırarak, dolaylı olarak AGE'lerin oluşumuna neden olmaktadır (Wu ve Yen, 2005). Süreç sonunda bozunan yapılar, oksidatif strese ve inflamasyona neden olmaktadır (Chen ve Smith, 2015; Chen vd., 2017; Inan-Eroglu vd., 2020). AGE'lerin vücutta birikerek Alzheimer, böbrek yetmezliği, diyabet ve hatta kanser gibi çeşitli hastalıklara yol açabilmektedir (Goldberg vd., 2004; Uribarri vd., 2010; Arena vd., 2013; Kellow vd., 2018; Lu vd., 2022).

Maillard reaksiyonunun yanı sıra oksidatif stresin artmasıyla glikozun otooksidasyonu ve lipitlerin dikarbonil türevlerine peroksidasyonu yoluyla da AGE'ler oluşabilmektedir (Yu vd., 2018; Duman ve Kurban, 2022). Ette protein ve lipit içeriğinin yüksek olması nedeniyle AGE'lerin oluşumunun engellenmesi, gıda güvenliğini artırmak ve kronik hastalıklarla ilişkili sağlık risklerini azaltmak açısından önemlidir (Song vd., 2021; Bellucci vd., 2022). Bu çalışmada, doğal kaynaklardan elde edilen antioksidanların, et ve et ürünlerinde AGE oluşumunun inhibisyonundaki rollerine yönelik çalışmalar incelenmiş ve derlenmiştir.

AGE'LERİN OLUŞUM MEKANİZMASI

AGE'lerin oluşumunda, ilk aşama Schiff bazları oluşmasıdır. İkinci aşamada ise Schiff bazların yeniden düzenlenerek erken glikasyon ürünleri olarak da adlandırılan Amadori ürünleri oluşmaktadır (Şekil 1). Amadori ürünleri daha kararlı bileşikler olmasına karşın ancak reaksiyon, geri dönüşümlüdür. Amadori ürünleri, oksidasyon, indirgeme ve hidrasyon sonucunda çapraz bağlı proteinler oluşturmaktadır. Son aşamada ise AGE'ler oluşmaktadır ki bu bileşikler çok kararlıdır. Hücrelerin hem içinde hem de dışında birikmekte ve proteinlerin fonksiyonlarını etkilemektedir (Şekil 1) (Rodda, 2000; de Oliviera vd., 2016; Etxabide vd., 2021).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 1. AGE oluşum yolları (Wu vd., 2011).

AGE'ler, şeker, protein ve lipitçe zengin gıdaların yüksek sıcaklıklarla pişirme, gıda işleme ve muhafazası sırasında meydan gelebilmektedir. Özellikle de yüksek protein ve yağ içeriğine sahip hayvansal gıdalar, AGE oluşumu için önemli kaynaklardır (Hull vd., 2012; Jia vd., 2023). Et ve et ürünlerinde AGE'lerin miktarı etin türü ve bileşimi, pH, sıcaklık, zaman, nem ve serbest karbonil gruplarının varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Inan-Eroglu vd., 2020). Gıdalarda ve özellikle de işlenmiş et ürünlerinde Nε-karboksimetil-lisin (CML), Nε-karboksietil-lisin (CEL), glioksal- lisindimer (GOLD), metilglioksal-lisindimer (MOLD), glioksal (GO), metilglioksal (MGO), 3 deoksiglikozon (3-DG), pentosidin ve piralin gibi AGE'ler yaygın olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte gıdalarda AGE varlığının indikatör olarak CML ve CEL dikkate alınmaktadır (Chen ve Smith, 2015; Zhu vd., 2020).

AGE'LERİN İNHİBİSYONUNDA ANTİOKSİDANLARIN ROLÜ

Et ve et ürünlerinde AGE'lerin oluşumunun inhibisyonu, hem gıda güvenliğinin sağlanması hem de kronik hastalıklarla ilişkili sağlık risklerinin azaltılması açısından önemli bir adımdır. Bu noktada antioksidan uygulamaları AGE seviyelerinin minimize edilmesinde en etkili yöntemlerdendir. Günümüzde sentetik antioksidanların uzun süreli kullanımının sağlık açısında olumsuz etkilere neden olması, tüketicilerde endişeye yol açmakta ve yeşil etiketli gıda ürünlerine yönelik talepler giderek artmaktadır. Bu nedenle son yıllarda sentetik antioksidanlara alternatif olarak doğal kaynaklı antioksidanlar kullanılmaya başlanmıştır (Manessis vd., 2020; Bellucci vd., 2022). Doğal antioksidanlar, bitkilerin yaprak, gövde, kök, tohum, meyve ve kabuk dahil olmak üzere değişik kısımlarında bulunmaktadır. Doğal antioksidanların aktivitesi, antioksidanların konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve işlem gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Taghvaei ve Jafari, 2015).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AGE oluşumunu potansiyel olarak inhibe eden bu doğal bileşikler, yapısal özelliklerine göre polifenoller, polisakkaritler, terpenoidler, vitaminler, alkaloidler ve peptitler olmak üzere 6 sınıfa ayrılmaktadırlar. AGE oluşumunun engellenmesinde doğal antioksidanların etki mekanizmalarının, glikasyon bölgelerini kaplama, oksidatif serbest radikalleri nötralize etme, AGE reseptörlerini düzenleme, aktif karbonil bileşikleri yakalama, metal iyonları şelatlama, aldoz redüktazı inhibe etme ve glikoz seviyesini düşürme ile bağlantılı olduğu belirtilmektedir (Song vd., 2021). Ancak antioksidanların ana mekanizmaları aktif karbonil bileşikleri azaltma ve oksidatif serbest radikalleri uzaklaştırmak olarak ifade edilmektedir (Song vd., 2021; Bellucci vd., 2022).

Et endüstrisinde hem doğal hem de sentetik antioksidanlar kullanılabilmektedir. Doğal antioksidanlar doğrudan veya içerdikleri antioksidan maddelerin ekstraksiyonu ve saflaştırılmasından sonra ürüne ilave edilmektedir. Ancak, Avrupa Birliğinin ilgili yönetmeliğinde, biberiye ekstraktlarının yalnızca belirli et ürünlerinde kullanılmasına müsaade edilmektedir. Bu yönetmeliğe göre, biberiye (E392), askorbik asit (E300) ve tokoferoller (E306–E309), AB tarafından gıda katkı maddesi olarak tanımlanan doğal antioksidanlardır (Gutiérrez-del-Río vd., 2021). Lezzetleri için gıdalarda ve fizyolojik etkileri için tıbbi karışımlarda kullanılan baharat ve bitkiler, genellikle güçlü hidrojen verici aktiviteye sahip yüksek konsantrasyonlarda fenolik bileşikler içermektedir. Farklı baharat çeşitlerinde kafeik, p-kumarik, ferulik ve neoklorojenik asitlerin yanı sıra kuersetin, luteolin, apigenin, kaempferol ve izoramnetin gibi bileşikler bulunmaktadır (Brewer, 2011). Farklı baharat çeşitlerinin (karabiber, tarçın, kimyon, kekik, zerdeçal, gül, biberiye, karanfil ve sarımsak) köftede AGE inhibitörü olarak etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, kullanılan baharat çeşitlerinin AGE oluşumunu önemli ölçüde inhibe ettiği tespit edilmiştir (Pradeep vd., 2022).

Doğal antioksidanların, özellikle ısıl işlem sırasında oluşan zararlı bileşiklerin oluşumunu etkili bir şekilde engellediği diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir (Lin vd., 2022; Jia vd., 2023; Li vd., 2023; Xu vd., 2023; Wang vd., 2024). Li vd. (2023) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı baharat (kırmızı biber, sarı hardal, karabiber ve sarımsak) çeşitlerinin sosislerde AGE oluşumuna etkileri araştırılmış ve incelenen baharat çeşitlerinden sadece hardalın AGE oluşumunu azalttığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada pişirme işleminin sosislerde AGE seviyesi önemli ölçüde artırdığı da bildirilmiştir. Diğer bir araştırmada ise biberiye, zerdeçal ve defne yaprağının sığır köftelerinde AGE oluşumuna etkisi incelenmiş ve yüksek antioksidan içeriğine sahip bu baharat çeşitlerinin %0,5 seviyesinde kullanılması ile oksidatif reaksiyonların engellenerek bu bileşiklerin oluşumunun önemli ölçüde azaltılabildiği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada biberiyenin diğer baharatlara göre daha güçlü bir inhibisyona neden olduğu da vurgulanmıştır (Yu vd., 2024).

Tahıl kepeğinin (buğday, tritikale ve çavdar) köftede CML oluşumuna etkisini belirlemek üzere yürütülen bir araştırmada ise CML seviyesinin pişirme sıcaklığı ve yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği, tahıl kepeği kullanımının AGE seviyesini kontrol gruplarına göre önemli ölçüde azalttığı ve bu sonucun tahıl kepeklerinin antioksidan aktivitelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Chen vd.,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2017). Köftede zencefil ekstraktının biyoaktif bileşenleri ile AGE oluşumunu engellediği de diğer bir çalışmada rapor edilmiştir (Xu vd., 2022). Diğer taraftan köftede pişirme sırasında oluşan AGE'lerin zencefil ve zerdeçal kullanılarak önemli bir şekilde azaltılabildiği, inhibitör etkinin zencefil ve zerdeçal konsantrasyonlarının artışı ile arttığı ve inhibitör etkinin bu baharat çeşitlerindeki polifenoller, flavonoidler ve terpenoidlerin antioksidan aktivitelerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Xue vd., 2022). Turunçgil kabuklarından elde edilen ekstraktların da köftede AGE oluşumu engellediği de rapor edilmiştir (Xu vd., 2024).

Çay ve üzüm çekirdeği gibi doğal ürünlerin ekstraktları, antioksidan bileşenleri içermektedir (Brewer, 2011). Nitekim üzüm çekirdeği ekstraktının kullanıldığı bir çalışmada, farklı pişirme yöntemleri uygulanan tavuk etlerinde AGE indikatörü olarak CML ve CEL seviyeleri belirlenmiş ve ilave edilen ekstrakt oranının önemli bir faktör olduğu, inhibisyon etkisinin pişirme yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Zhu vd., 2021a). Tavuk köftesinde de guava yaprağı polifenolleri ve çay polifenollerinin lipit oksidasyonu, protein oksidasyonu, Maillard reaksiyonu ve AGE'lerin oluşumuna etkileri incelenmiş ve guava yaprağı polifenollerinin dondurulmuş tavuk köftelerindeki CML, glioksal, pentosidin ve floresan AGE'lerin seviyelerinde önemli düşüşlere yol açtığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada guava yaprağı polifenollerinin seviyesinin artması ile inhibisyon etkinin arttığı ve AGE seviyesinin lipit ve protein oksidasyonu ile pozitif korelasyon sergilediği tespit edilmiştir (Zhao vd., 2022). Model sistemde tavuk göğsünde yürütülen bir çalışmada ise yeşil çay kaynaklı kateşinlerin (epigallokateşin, epigallokateşin-3-gallat, epikateşin ve epikateşin-3-gallat) anti-agregasyon ve antioksidasyon özellikleri ile lisin ve serbest amino gruplarını etkileyerek, Maillard reaksiyonunu yavaşlattığı ve AGE oluşumunu engellediği bildirilmiştir (Zhu vd., 2021b).

Farklı ön pişirme aşamaları ve baharatların, kuzu etinde haşlama sırasında oluşan AGE'ler üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, haşlama yöntemi ve süresinin AGE oluşumu üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu, baharat ilavesinin AGE oluşumunu önemli ölçüde baskıladığı tespit edilmiş ve baharatta bulunan galangin, hesperidin ve narirutin gibi flavonoidlerin, bu engelleyici mekanizmalara katkı sağladığı vurgulanmıştır (Chen vd., 2024).

Su ürünlerinde AGE oluşumuna yönelik yürütülen araştırmalarda da önemli sonuçlar elde edilmiştir. Yılan balığından hazırlanan köfte üzerinde yürütülen bir çalışmada, farklı pişirme sıcaklıklarında (220°C ve 250°C) doğal antioksidan olan kuersetin (%0,05) ile L-askorbik asidin (C vitamini) (%0,05) AGE'lerin inhibisyonuna etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda sıcaklığın artmasıyla AGE bileşiklerinin seviyelerinin arttığı ve L-askorbik asitin, kuersetine kıyasla daha belirgin bir inhibitör etki gösterdiği rapor edilmiştir (Chu vd., 2024). Diğer bir çalışmada da sebze ekstraktlarının fırınlanmış uskumruda AGE oluşumunu önemli ölçüde azalttığı ve ayrıca lipit ve portein oksidasyonuna karşı koruyucu bir etki sergilediği bildirilmiştir (Zhang vd., 2023). Çay polifenollerinin marine edilmiş bir balık türünde (*Eleutheronema Tetradactylum*) fırında pişirme sırasında AGE oluşumunu %35,48 oranında azalttığı rapor edilmiştir (Wang vd., 2024).

SONUÇ

İleri lipit oksidasyon ürünleri olarak da bilinen AGE'lerin özellikle yağ ve proteince zengin gıdaların işlenmesi sırasında oluşumunun azaltılması halk sağlığı açısından önemli bir husustur. Yapılan çalışmalar, doğal antioksidanların gıdalardaki AGE oluşumunu azaltmada etkin bir rol oynadığını göstermektedir. Bu açıdan doğal antioksidan uygulaması AGE tüketimiyle ilişkili sağlık risklerini azaltmak için umut verici bir strateji olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, AGE oluşumunun engellenmesinde özellikle antioksidanların kullanım dozlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Arena S, Salzano AM, Renzone G, Dambrosio C, Scaloni A 2013. Non-enzymatic glycation and glycoxidation protein products in foods and diseases: An interconnected, complex scenario fully open to innovative proteomic studies. Mass Spectrometry Reviews, 33: 49-77. https://doi.org/10.1002/mas.21378

Bayrak Kul D, Anlar P, Yılmaz Oral ZF, Kaya M, Kaban G 2021. Furosine and Nε carboxymethyl-lysine in cooked meat product (kavurma): Effects of salt and fat levels during storage. Journal of Stored Products Research, 93: 101856. https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101856

Bellucci ERB, Bis-Souza CV, Domínguez R, Bermúdez R, Barretto, ACDS 2022. Addition of natural extracts with antioxidant function to preserve the quality of meat products. Biomolecules, 12(10): 1506. https://doi.org/10.3390/biom12101506

Biesalski HK 2005. Meat as a component of a healthy diet–are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. Meat Science, 70(3): 509-524. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.07.017

Brewer MS 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(4): 221-247.https://10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x

Chen G, Madl RL, Smith JS 2017. Inhibition of advanced glycation end products in cooked beef patties by cereal bran addition. Food Control, 73: 847-853. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.037

Chen G, Smith JS 2015. Determination of advanced glycation end products in cooked meat products. Food Chemistry, 168: 190-195. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.081

Chen Q, Lu K, He J, Zhou Q, Li S, Xu H, Su Y, Wang M 2024. Effects of seasoning addition and cooking conditions on the formation of free and protein-bound heterocyclic amines and advanced glycation end products in braised lamb. Food Chemistry, 446: 138850. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138850

Chu J, Lin S, Yuan Y, Zhang S, Zhang S 2024. Effects of quercetin and l-ascorbic acid on heterocyclic amines and advanced glycation end products production in roasted eel and lipid-mediated inhibition mechanism analysis. Food Chemistry, 441: 138394. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138394

de AR Oliveira G, de Oliveira AE, da Conceição EC, Leles MI 2016. Multiresponse optimization of an extraction procedure of carnosol and rosmarinic and carnosic acids from rosemary. Food Chemistry, 211: 465-473. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.042

Duman E, Kurban H 2022. Investigation of in vitro formation of advanced lipoxidation end products and advanced glycation end products precursors in high-fat processed meat products. Food Science and Technology, 42: e110921. https://doi.org/10.1590/fst.110921

Etxabide A, Kilmartin PA, Maté JI, Prabakar S, Brimble M, Naffa R 2021. Analysis of advanced glycation end products in ribose-, glucose-and lactose-crosslinked gelatin to correlate the physical changes induced by Maillard reaction in films. Food Hydrocolloids, 117: 106736. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106736

Goldberg T, Cai W, Peppa M, Dardaine V, Baliga BS, Uribarri J, Vlassara H 2004. Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods. Journal of the American Dietetic Association, 104(8): 1287-1291. https://doi.org/10.1016/j.jada.2004.05.214

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Gutiérrez-del-Río I, López-Ibáñez S, Magadán-Corpas P, Fernández-Calleja L, Pérez-Valero Á, Tuñón-Granda M, Minguélez EM, Lombó F 2021. Terpenoids and polyphenols as natural antioxidant agents in food preservation. Antioxidants, 10(8): 1264. https://doi.org/10.3390/antiox10081264

Hull GL, Woodside J, Ames, JM, Cuskelly GJ 2012. Nε-(carboxymethyl)lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet. Food Chemistry, 131: 170-174. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.055

Inan-Eroglu E, Ayaz A, Buyuktuncer Z 2020. Formation of advanced glycation end products in foods during cooking process and underlying mechanisms: A comprehensive review of experimental studies. Nutrition Research Reviews, 33(1): 77-89. doi:10.1017/S0954422419000209

Jia W, Guo A, Zhang R, Shi L 2023. Mechanism of natural antioxidants regulating advanced glycosylation end products of Maillard reaction. Food Chemistry, 404:134541. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134541

Kellow NJ, Coughlan MT, Reid CM 2018. Association between habitual dietary and lifestyle behaviours and skin autofluorescence (SAF), a marker of tissue accumulation of advanced glycation end products (AGEs), in healthy adults. European Journal of Nutrition, 57: 2209-2216. https://doi.org/10.1007/s00394-017-1495-y

Kuzan A 2021. Toxicity of advanced glycation end products. Biomedical Reports, 14(5): 1-8. https://doi.org/10.3892/br.2021.1422

Li Y, Li H, Zhu Y, Feng C, He Z, Chen J, Zeng M 2023. Processing stage-induced formation of advanced glycation end products in cooked sausages with the addition of spices. Foods, 12(20): 3788. https://doi.org/10.3390/foods12203788

Lin H, Lai K, Zhang J, Wang F, Liu Y, Rasco BA, Huang Y 2022. Heat-induced formation of advanced glycation end-products in ground pork as affected by the addition of acetic acid or citric acid and the storage duration prior to the heat treatments. Food Chemistry: X, 15: 100387. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100387

Lu J, Li M, Huang Y, Xie J, Shen M, Xie M 2022. A comprehensive review of advanced glycosylation end products and N- Nitrosamines in thermally processed meat products. Food Control, 131: 108449. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108449

Manessis G, Kalogianni AI, Lazou T, Moschovas M, Bossis I, Gelasakis AI 2020. Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. Antioxidants, 9(12): 1215. https://doi.org/10.3390/antiox9121215

Ott C, Jacobs K, Haucke E, Santos AN, Grune T, Simm A 2014. Role of advanced glycation end products in cellular signaling. Redox Biology, 2: 411-429. https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.12.016

Öztürk K, Yılmaz Oral ZF, Kaya M, Kaban G 2023. The effects of sheep tail fat, fat level, and cooking time on the formation of Nε- (carboxymethyl) lysine and volatile compounds in beef meatballs. Foods, 12(15): 2834. https://doi.org/10.3390/foods12152834

Pereira PMDCC, Vicente AFDRB 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. Meat Science, 93(3): 586-592. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018

Pradeep M, Kiflemariam FK, Tareke E 2022. Individual and combined effects of food components in attenuating the formation of advanced glycation end products (AGEs). Food and Nutrition Sciences, 13(1): 17-25. doi: 10.4236/fns.2022.131003.

Rodda N 2000. Protein cross-linking in the maillard reaction. The Open University Oxford Research Unit, 1-15 pp. https://www.proquest.com/dissertations-theses/protein-cross-linking-maillard-reaction/docview/2322130864/se-2?accountid=8403

Song Q, Liu J, Dong L, Wang X, Zhang X 2021. Novel advances in inhibiting advanced glycation end product formation using natural compounds. Biomedicine and Pharmacotherapy, 140: 111750. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111750

Taghvaei M, Jafari SM 2015. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. Journal of Food Science and Technology, 52: 1272-1282. https://doi.org/10.1007/s13197-013-1080-1

Uribarri J, Woodruff S, Goodman S, Cai W, Chen X, Pyzık R, Yong A, Striker GE, Vlassara H 2010. Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. Journal of the American Dietetic Association, 110(6): 911-916. https://doi.org/10.1016/j.jada.2010.03.018

Wang R, Lin S, Chu J, Yuan Y, Zhang S 2024. Effect of tea extracts on heterocyclic aromatic amines and advanced glycation end products in roasting *Eleutheronema Tetradactylum* and lipid-mediated inhibition mechanism analysis. Food Bioscience, 59: 103979. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103979

Wu CH, Huang SM, Lin JA, Yen GC 2011. Inhibition of advanced glycation endproduct formation by foodstuffs. Food and Function, 2(5): 224-234. doi: 10.1039/C1FO10026B

Wu CH, Yen GC 2005. Inhibitory effect of naturally occurring flavonoids on the formation of advanced glycation end products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(8): 3167-3173. https://doi.org/10.1021/jf048550u

Xu Y, Jiao Y, Luo J, He Z, Zeng M, Shen Q, Chen J, Quan W 2022. The influence of deep eutectic solvents extract from ginger on the formation of heterocyclic amines and advanced glycation end products in roast beef patties. Foods, 11(20): 3161. https://doi.org/10.3390/foods11203161

Xu Y, Li G, Mo L, Li M, Luo J, Shen Q, Quan W 2023. Citrus peel extracts: Effective inhibitors of heterocyclic amines and advanced glycation end products in grilled pork meat patties. Foods, 13(1): 114. https://doi.org/10.3390/foods13010114

Xu Y, Li G, Mo L, Li M, Luo J, Shen Q, Quan W 2024. Citrus peel extracts: Effective inhibitors of heterocyclic amines and advanced glycation end products in grilled pork meat patties. Foods, 13: 114. https://doi.org/10.3390/ foods13010114

Yalçın E, Rakıcıoğlu N 2022. Besinlerde oluşan ileri glikasyon son ürünlerine polifenollerin etkisi. Beslenme ve Diyet Dergisi, 50(2): 66-75. https://doi.org/10.33076/2022.BDD.1554

Yu L, Chai M, Zeng M, He Z, Chen J 2018. Effect of lipid oxidation on the formation of Nε-carboxymethyl-lysine and Nε-carboxyethyl-lysine in Chinese-style sausage during storage. Food Chemistry, 269: 466-472. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.051

Yu Z, Lu Y, Wei F, Zhang Y, Dong L, Wang S 2024. The impact of natural spices additions on hazards development and quality control in roast beef patties. Food Chemistry, 435: 137644. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137644

Zhang F, Yu X, Tian Y, Zeng J, Zhuang P, Jia W, Zhang Y 2025. Joint control of multiple food processing contaminants in Maillard reaction: A comprehensive review of health risks and prevention. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 24(2): e70138. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70138

Zhang S, Wang R, Chu J, Sun C, Lin S 2023. Vegetable extracts: Effective inhibitors of heterocyclic aromatic amines and advanced glycation end products in roasted Mackerel. Food Chemistry, 412: 135559. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135559

Zhao M, Li Y, Bai X, Feng J, Xia X, Li F 2022. Inhibitory effect of guava leaf polyphenols on advanced glycation end products of frozen chicken meatballs (-18°C) and its mechanism analysis. Foods, 11(16): 2509. https://doi.org/10.3390/foods11162509

Zhu Z, Bassey AP, Khan IA, Huang M, Zhang X 2021b. Inhibitory mechanism of catechins against advanced glycation end products of glycated myofibrillar protein through anti-aggregation and anti-oxidation. LWT, 147: 111550. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111550

Zhu Z, Fang R, Yang J, Khan IA, Huang J, Huang M 2021a. Air frying combined with grape seed extract inhibits Nε-carboxymethyllysine and Nε-carboxyethyllysine by controlling oxidation and glycosylation. Poultry Science, 100(2): 1308-1318. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.056

Zhu Z, Huang M, Cheng Y, Khan IA, Huang J 2020. A comprehensive review of Nε-carboxymethyllysine and Nε-carboxyethyllysine in thermal processed meat products. Trends in Food Science and Technology, 98: 30-40. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.021

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED SMART SIMULATION OF BIOMASS CONVERSION WITH NANOSENSORS

Mustafa KALAY[1*]

[*1]Kayseri University, Mustafa ÇIKRIKÇIOĞLU Vocational School, Department of Electrical and Energy, Kayseri, Türkiye.
ORCID Code: https://orcid.org/0000-0002-3865-980X

ABSTRACT

This study presents a theoretical framework for optimizing biomass energy conversion processes using Artificial Intelligence (AI)-based deep learning (DL) and simulation methods. The research models thermochemical (gasification) and biochemical (anaerobic fermentation) pathways using open-access datasets and computational tools, offering a data-driven approach without the need for physical laboratory setups. Building upon advanced sensing and material principles from the field of Nanotechnology, this work aims to optimize biomass energy production from energy crops and agricultural waste (e.g., corn stalk) through theoretical simulations and data-driven approaches.

The collected and pre-processed datasets are analyzed using Convolutional Neural Networks (CNN) to perform predictive modeling of energy yield, gas compositions, and emission profiles. The AI-based models are applied to simulate various operating conditions and feedstock variations, providing insights into potential efficiency gains and emission reductions achievable through process optimization.

This AI-supported optimization is targeted to increase energy efficiency by 20–30% and reduce CO2 emissions by 15%. The project will utilize open-source datasets and simulation tools to evaluate Turkey’s annual agricultural waste potential of 50 million tons. Thus, cost analysis performed in the modeling environment will allow the optimized resource management to ensure up to 25% environmental sustainability and offer a roadmap for developing a data-driven model suitable for Turkey's specific biomass conditions. The findings underscore the role of AI in supporting cleaner, more efficient, and environmentally conscious renewable energy strategies, contributing to both academic research and practical policy development.

Keywords: biomass energy, nanotechnology, artificial intelligence, deep learning, optimization.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTRODUCTION

Biomass energy, derived from renewable sources such as agricultural residues, energy crops, and organic waste, plays a strategic role in meeting global energy demands and achieving environmental sustainability goals (Demirbas, 2008). In Türkiye, with an annual agricultural waste potential of approximately 50 million tons, biomass energy offers significant opportunities for renewable energy objectives (Ozcan et al., 2015; Pence et al., 2024). However, biomass conversion processes, such as high-temperature gasification and anaerobic fermentation, face challenges including low energy efficiency, high CO_2 and NOx emissions, and complex process parameters (Alfarra et al., 2024; Begum et al., 2024). Traditional optimization methods are time-consuming and costly, often yielding limited results (Jones & Kammen, 2011; Yurdakul, 2016).

This study proposes an approach integrating artificial intelligence (AI)-based deep learning (DL) techniques with theoretical simulations to optimize biomass energy conversion processes and minimize environmental impacts. Nanotechnology principles, particularly their potential for precise measurement and data collection, provide the theoretical foundation for this work (Goodrum et al., 2024; Yang et al., 2023; Malik & Tomer, 2021). Instead of physical graphene-based nanosensors, the study utilizes theoretical datasets derived from academic repositories (Kaggle, Mendeley Data) and energy agency databases (NETL DOE, Pacific Data Hub) (Agrawal, 2023; Gómez-Barea et al., 2024; U.S. Department of Energy, 2024; Pacific Community, 2023). These datasets include critical parameters such as temperature, pressure, gas composition (CH_4, CO_2, H_2S), and emissions, providing an ideal foundation for simulating biomass processes (Kalyakin et al., 2019; Hooshmand et al., 2023).

The main objectives of the project are:

1. Modeling biomass energy conversion processes (high-temperature gasification and anaerobic fermentation) using theoretical datasets and classifying them with Convolutional Neural Networks (CNN).

2. Autonomously optimizing process parameters with CNN-based models to achieve a 20-30% increase in energy efficiency and a 15% reduction in CO_2 emissions.

3. Evaluating Türkiye's agricultural waste potential (e.g., corn stalks) to develop a data-driven model using an AI-supported simulation framework.

In the literature, AI-based methods are increasingly applied to biomass energy optimization. For instance, Gil et al. (2023) optimized gasification processes using machine learning models, reporting efficiency improvements. Similarly, Li et al. (2023) demonstrated the effectiveness of machine learning in biomass waste gasification. In Türkiye, biomass energy facilities are typically small-scale (1-5 tons/day) and limited in efficiency (Kara et al., 2017; Al-Bawwat et al., 2023). This study aims to address this gap by developing an AI-based simulation framework tailored to Türkiye's conditions.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Theoretical approaches inspired by nanotechnology lay the groundwork for future physical applications (Francis et al., 2024; Zhang et al., 2021).

Optimizing biomass conversion processes not only enhances energy efficiency but also contributes to environmental sustainability goals (Polesek-Karczewska et al., 2024). For example, increasing methane yield in anaerobic fermentation can reduce carbon footprints (Alfaia et al., 2022; Díaz Peña et al., 2020). Additionally, appropriate parameter selection in gasification processes can significantly lower emissions (Netter et al., 2020; Wang et al., 2023). This study offers a cost-effective approach using open-access datasets and simulation tools, minimizing experimental risks and proposing a scalable model (Sharma et al., 2021; Karthikeyan et al., 2018). Türkiye's biomass potential, particularly agricultural residues like corn stalks, can significantly contribute to renewable energy goals when evaluated with such innovative technologies (Demirbas, 2009; Ajbar et al., 2022).

The project was conducted in two phases: Phase 1 involved training and optimizing the CNN model with synthetic data, while Phase 2 tested the model's generalizability with real-world food waste data. MATLAB-based codes demonstrated 100% accuracy and identified optimal parameters. These results underscore AI's potential as a risk assessment and optimization tool in biomass energy processes.

MATERIALS AND METHODS

General Methodological Approach

The project relies on a theoretical simulation framework to optimize biomass energy conversion processes and minimize their environmental impacts. The methodology consists of three main stages:

Synthetic Dataset Creation: A synthetic dataset representing biomass processes (high-temperature gasification and anaerobic fermentation) was created, derived from academic repositories and energy agency databases (Agrawal, 2023; Gómez-Barea et al., 2024; U.S. Department of Energy, 2024; Pacific Community, 2023).

AI-Based Classification: Convolutional Neural Networks (CNN) were used to analyze process parameters (temperature, pressure, feedstock ratio, CH_4 yield, CO_2 emissions) and classify process conditions (HighEfficiency, Acceptable, LowEfficiency) (Li et al., 2023; Bongomin et al., 2024).

Optimization: The trained CNN model was integrated with MATLAB's Fmincon algorithm to determine optimal parameters maximizing energy efficiency (Parnian Gharamaleki et al., 2024; Hai et al., 2023).

Datasets and Preprocessing

The project utilized two main datasets for the classification and optimization of biomass energy conversion processes: a Synthetic Theoretical Dataset (Phase 1 Training) and a Real-World Food Waste Dataset (Phase 2 Validation).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Synthetic Theoretical Dataset (Training/Test): This dataset, comprising 50 observations, simulates the physicochemical outputs of biomass conversion technologies with five input features: Temperature (TC), Pressure (Pbar), Feedstock Ratio (RH), CH_4 Yield (YCH4), and CO_2 Emissions (ECO2). The data were labeled into three classes (HighEfficiency, Acceptable, LowEfficiency) and designed to mimic the ideal distribution of real data obtainable from nanosensors (Goodrum et al., 2024; Kalyakin et al., 2019). The dataset was derived from:

- Kaggle Biomass Gasification Dataset (Agrawal, 2023).
- Mendeley Data Steam Biomass Gasification Dataset (Gómez-Barea et al., 2024).
- NETL DOE Gasification Databases (U.S. Department of Energy, 2024).
- Pacific Data Hub Biomass Energy Datasets (Pacific Community, 2023).

Data Preprocessing Steps:

Feature Extraction and Labeling: Input features were converted into numerical arrays, and outputs were assigned categorical labels (Li et al., 2023).

Normalization: All input features were scaled to the [0,1] range using min-max normalization, ensuring equal contribution to the learning process (Bongomin et al., 2024).

Data Splitting and CNN Formatting: The dataset was split into 80% training and 20% testing sets. Input data were transformed into a 4D tensor format (1×Nfeatures×1×N) suitable for 1D-CNN architecture (Sharma et al., 2021).

Real-World Food Waste Dataset (Validation): To test the model's generalizability, country-level food waste data from the UNEP Food Waste Index Report were used. The dataset's five numerical columns (household, retail, and aggregate food waste estimates) were mapped to the five input features of the biomass system and subjected to model classification (Pacific Community, 2023; Jones & Kammen, 2011).

Deep Learning Model (1D-CNN) Architecture and Training

The core of the project is a 1D-CNN model designed to capture complex sequential patterns in biomass processes (Gil et al., 2023). The architecture consists of:

- **Input Layer:** Provides data input with dimensions 1×5×1.
- **Convolutional Layers:** Two consecutive convolutional layers (1×3 filter size, 16 and 32 filters, respectively) extract local patterns and correlations, followed by ReLU (Rectified Linear Unit) activation functions (Bongomin et al., 2024).
- **Fully Connected Layer:** Prepares extracted features for final classification.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- **Softmax and Classification Layers:** The softmax layer converts outputs into a probability distribution, and the classification layer selects one of three target classes (HighEfficiency, Acceptable, LowEfficiency) (Sharma et al., 2021).

Model Training and Performance: The model was trained using the Adam optimization algorithm with an initial learning rate of 0.01 over 30 epochs. It achieved a classification accuracy of 100.00% on the test set, indicating perfect learning of patterns in the synthetic dataset (Li et al., 2023; Sharma et al., 2021).

Smart Optimization (Fmincon) and Validation Phases

The trained CNN model was transformed into a dynamic optimization tool (Parnian Gharamaleki et al., 2024).

Fmincon-Based Process Optimization (Phase 1): MATLAB's Fmincon optimization algorithm was integrated to target the CNN model's output probability. The objective function was defined as f(x)=−PHighEfficiency, minimizing the negative to maximize the positive probability. Constraints, representing the physical boundaries of biomass conversion technologies, were set as lower and upper bounds: lb=[30, 1.0, 20, 10, 0.5], ub=[950, 4.5, 80, 75, 3.0]. The optimization achieved a maximum HighEfficiency probability of 0.9999, identifying optimal input parameters (Hai et al., 2023; Netter et al., 2020).

Real Data Validation (Phase 2): The model's performance on real-world data was evaluated. Food waste data underwent the same preprocessing steps (normalization, conversion to CNN tensor format) as Phase 1 and were fed into the trained CNN (Pacific Community, 2023; Jones & Kammen, 2011).

RESULTS

Phase 1: CNN Training and Optimization with Synthetic Data

The study is based on a synthetic dataset consisting of 50 observations covering both high-temperature gasification (e.g., T>700 °C) and low-temperature anaerobic fermentation (e.g., T<60 °C) conditions. Prior to the training process, all numerical input data were scaled to the [0,1] range using the Min-Max normalization technique to improve model performance. The dataset was randomly split into two parts: 80% (Training) for model training and 20% (Test) for performance evaluation.

The 1D-CNN model, trained on the synthetic dataset, achieved 100% accuracy on the test set, flawlessly classifying process conditions (HighEfficiency, Acceptable, LowEfficiency) (Table 2). This indicates the model's perfect learning of patterns in the theoretical data. When collecting data from different sources, the parameters that will be input into your project's CNN model are defined as Temperature (T, °C/K), Pressure (P, bar/kPa), Equivalence Ratio (ER - for gasification), Raw Material C/N Ratio (for fermentation), Water Content / Moisture (%), Gas Components (H_2, CO, CH_4, CO_2) have been determined. Fmincon optimization identified parameters yielding a HighEfficiency

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

probability of 0.90 (Table 3), confirming the potential for biomass processes to operate under optimal conditions. The optimization results validate that anaerobic fermentation with low temperature, low pressure, and high CH_4 yield is classified as "HighEfficiency".

Table 1: CNN Model Architecture Summary

Layer	Type	Filter Size / Number	Activation Function	Output Shape
1	Input Layer	-	-	1×5×1×N
2	Convolution (Conv2D)	1×3 / 16	ReLU	1×5×16×N
3	Convolution (Conv2D)	1×3 / 32	ReLU	1×5×32×N
4	Fully Connected (FC)	Nclass=3	-	3
5	Softmax	-	Softmax	3(Probability Distribution)
6	Classification	-	-	1 (Class Label)

Table 2: CNN Model Test Performance

Metric	Value	Comment
Test Accuracy	100.00%	The model flawlessly classified process conditions in the synthetic dataset.
Simulation Probability (HighEfficiency)	P=0.99999	Highest efficiency probability for theoretical optimal input.

Table 3: Optimal Process Parameters (Fmincon Output)

Parameter	Optimal Value	Unit	Physical Regime Comment
Temperature (TC)	50.00	°C	Mesophilic Digestion Limit (High Activity)
Pressure (Pbar)	1.10	bar	Atmospheric Pressure Region
Feedstock Ratio (RH)	70.00	%	High Loading Capacity
CH_4 Yield (YCH4)	65.00	%	Near Upper Yield Limit
CO_2 Emissions (ECO2)	0.70	kg/ton	Low Emission Region
Optimal Probability (PHighEfficiency)	0.90	-	Maximum Efficiency

The optimization algorithm (fmincon) successfully determined the precise parameter set that enables our CNN model to identify the most efficient point, thereby achieving the highest efficiency (HighEfficiency) from biomass conversion processes. These optimal values represent typical

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

conditions for the Anaerobic Fermentation process (low temperature, near atmospheric pressure). This demonstrates that we have successfully optimized one of the biomass energy conversion processes using artificial intelligence.

Phase 2: Model Validation with Real-World Food Waste Data

Validation using the real-world food waste dataset (UNEP Food Waste Index) showed that, out of 214 country-level observations, 151 were classified as Acceptable (70.56%), 63 as LowEfficiency (29.44%), and none as HighEfficiency (0.00%) (Table 4). This indicates that current food waste sources do not directly meet the theoretical optimal conditions, highlighting the need for further improvements (Pacific Community, 2023; Jones & Kammen, 2011).

Table 4: Prediction Distribution on Real-World Dataset

Class Label	Number of Observations (N)	Distribution Ratio (%)
Acceptable	151	70.56
LowEfficiency	63	29.44
HighEfficiency	0	0.00

These results demonstrate that the AI-based model can serve as a rapid risk assessment tool for evaluating the potential of biomass energy processes (Sharma et al., 2021; Wang et al., 2023). Observations in the LowEfficiency class indicate the need for preprocessing or modifications in facility setups (Alfaia et al., 2022; Díaz Peña et al., 2020; Karthikeyan et al., 2018).

DISCUSSION

The 1D-CNN model achieved 100% accuracy in classifying process conditions on synthetic data and identified optimal parameters (TC=50.00 °C, Pbar=1.10 bar) using Fmincon, consistent with the mesophilic regime of anaerobic fermentation. The absence of HighEfficiency observations in the real-world dataset underscores the optimization potential of existing waste sources and validates AI's value as a risk assessment tool. The model's high accuracy aligns with similar studies in the literature (Gil et al., 2023; Li et al., 2023; Bongomin et al., 2024). However, challenges in data quality and generalizability should be addressed with broader datasets in future work. The theoretical approach inspired by nanotechnology provides a foundation for future physical applications. When continuously fed with real-time data from nanosensors, this framework can be used directly to provide dynamic setpoints to plant operators.This study contributes to Türkiye's biomass energy sector by offering an AI-based optimization model, supporting environmental sustainability and energy efficiency goals.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CONCLUSION

This study presents an innovative framework integrating AI-based deep learning and theoretical simulations for optimizing biomass energy conversion processes. Deep learning and optimization algorithms have proven effective in optimizing biomass energy processes. The optimal parameters found (T=50.00°C, P=1.10 bar) scientifically demonstrate the potential to maximize the energy efficiency and minimize the environmental impact of anaerobic fermentation plants in particular. The absence of HighEfficiency observations in real-world food waste data highlights the need for further improvements and confirms AI's potential as a risk assessment tool. The project provides a data-driven model to evaluate Türkiye's biomass potential and contribute to renewable energy goals.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Academic Performance Support Project (APSP) (Project No:1223) under the Scientific Research Projects (BAP) Unit of Kayseri University.

REFERENCES

Agrawal, A. (2023). Biomass gasification dataset [Data set]. Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/aayushagrawal1/biomassgasificationdataset [08.10.2025]

Ajbar, W., Parrales, A., Huicochea, A., & Hernández, J. A. (2022). Different ways to improve parabolic trough solar collectors' performance over the last four decades and their applications: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 156, 111947.

Al-Bawwat, A. A. K., Cano, A., Gomaa, M. R., & Jurado, F. (2023). Availability of biomass and potential of nanotechnologies for bioenergy production in Jordan. Processes, 11(4), 992.

Alfaia, C. M., Costa, M. M., Pinto, R. M., Pestana, J. M., Mourato, M., Carvalho, P., ... & Prates, J. A. (2022). Plasma metabolites and liver composition of broilers in response to dietary Ulva lactuca with Ulvan Lyase or a commercial enzyme mixture. Molecules, 27(21), 7425.

Alfarra, F., Ozcan, H. K., Cihan, P., Ongen, A., Guvenc, S. Y., & Ciner, M. N. (2024). Artificial intelligence methods for modeling gasification of waste biomass: a review. Environmental Monitoring and Assessment, 196(3), 309.

Begum, Y. A., Kumari, S., Jain, S. K., & Garg, M. C. (2024). A review on waste biomass-to-energy: integrated thermochemical and biochemical conversion for resource recovery. Environmental Science: Advances, 3(9), 1197-1216.

Bongomin, O., Nzila, C., Mwasiagi, J. I., & Maube, O. (2024). Exploring insights in biomass and waste gasification via ensemble machine learning models and interpretability techniques. International Journal of Energy Research, 2024(1), 6087208.

Demirbas, A. (2008). Importance of biomass energy sources for Turkey. Energy policy, 36(2), 834-842.

Demirbas, A. (2009). Biofuels securing the planet's future energy needs. Energy Conversion and Management, 50(9), 2239–2249. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.05.010

Díaz Peña, R., Alvarez, D., Egoburo, D., Ruiz, J., & Pettinari, M. J. (2020). Genomic and metabolic insights into solvent production by Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum GSU5. Biofuel Research Journal, 7(2), 1149-1158.

Francis, C., Rektor, A., Valayil-Varghese, T., McKibben, N., Estrada, I., Forbey, J., & Estrada, D. (2024). Laser-induced graphene gas sensors for environmental monitoring. Frontiers in Chemistry, 12, 1448205.

Gil, M. V., Jablonka, K. M., Garcia, S., Pevida, C., & Smit, B. (2023). Biomass to energy: a machine learning model for optimum gasification pathways. Digital Discovery, 2(4), 929-940.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Gómez-Barea, A., Ollero, P., & Fernández-Baco, C. (2024). Data for the enhancement of predictive models for steam biomass gasification [Data set]. Mendeley Data, V1. https://doi.org/10.17632/2zc2hw7xvk.1 (2.10.2025)

Goodrum, R., Weldekidan, H., Li, H., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2024). Graphene-based nanostructures from green processes and their applications in biomedical sensors. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, 7(1), 37-53.

Hai, T., Alsharif, S., Aziz, K. H. H., Dhahad, H. A., & Singh, P. K. (2023). Deep learning optimization of a biomass and biofuel-driven energy system with energy storage option for electricity, cooling, and desalinated water. Fuel, 334, Article 126024. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.126024

Hooshmand, S., Kassanos, P., Keshavarz, M., Duru, P., Kayalan, C. I., Kale, İ., & Bayazit, M. K. (2023). Wearable nano-based gas sensors for environmental monitoring and encountered challenges in optimization. Sensors, 23(20), 8648.

Jones, C. M., & Kammen, D. M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for US households and communities. Environmental science & technology, 45(9), 4088-4095.

Kalyakin, A., Volkov, A., Demin, A., Gorbova, E., & Tsiakaras, P. (2019). Determination of nitrous oxide concentration using a solid-electrolyte amperometric sensor. Sensors and Actuators B: Chemical, 297, 126750.

Kara, B., Emir, Z., Seker, T., Bahadir, A., & Kaygusuz, K. (2017). Current state and future prospects of biomass energy in Turkey. Journal of Engineering Research and Applied Science, 6(1), 522-529.

Karthikeyan, S., Kalaimurugan, K., Prathima, A., & Somasundaram, D. (2018). Novel microemulsion fuel additive Ce–Ru–O catalysts with algae biofuel on diesel engine testing. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 40(6), 630-637.

Li, J., Li, L., Tong, Y. W., & Wang, X. (2023). Understanding and optimizing the gasification of biomass waste with machine learning. Green Chemical Engineering, 4(1), 123-133.

Malik, R., & Tomer, V. K. (2021). State-of-the-art review of morphological advancements in graphitic carbon nitride (g-CN) for sustainable hydrogen production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 135, 110235.

Netter, T., Schwitalla, D., DeYoung, S., Küster, F., Klinger, M., Rußig, S., ... & Spliethoff, H. (2020). Solid Fuel Entrained Flow Gasification Database.

Ozcan, M., Öztürk, S., & Oguz, Y. (2015). Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey. Engineering Science and Technology, an International Journal, 18(2), 178-184.

Pacific Community. (2023). Biomass energy datasets [Data set]. Pacific Data Hub. https://pacificdata.org/data/dataset/?tags=biomass

Parnian Gharamaleki, F., Sharafi Laleh, S., Ghasemzadeh, N., Soltani, S., & Rosen, M. A. (2024). Optimization of a biomass-based power and fresh water-generation system by machine learning using thermoeconomic assessment. Sustainability, 16(20), 8956.

Pence, I., Kumas, K., Siseci Cesmeli, M., & Akyüz, A. (2024). Detailed analysis of Türkiye's agricultural biomass-based energy potential with machine learning algorithms based on environmental and climatic conditions. Clean Technologies and Environmental Policy, 26(12), 4177-4195.

Polesek-Karczewska, S., Hercel, P., Adibimanesh, B., & Wardach-Święcicka, I. (2024). Towards Sustainable Biomass Conversion Technologies: A Review of Mathematical Modeling Approaches. Sustainability, 16(19), 8719.

Sharma, S., Khanra, P., & Ramkumar, K. R. (2021, November). Performance analysis of biomass energy using machine and deep learning approaches. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2089, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.

U.S. Department of Energy. (2024). Gasification plant databases. National Energy Technology Laboratory. https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification-plant-databases

Wang, X., Li, J., Li, Y., Song, S., Farías, M. E., Sanchez, R. M. T., & Xia, L. (2023). The impact of indigenous microorganisms on coal flotation: a new perspective on water consumption. Fuel, 337, 126848.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Yang, Z., Zhang, X., Zhang, J., Liu, H., & Yu, X. (2023). Application of Biomass-Based Nanomaterials in Energy. Advanced Energy and Sustainability Research, 4(12), 2300141.

Yurdakul, S. (2016). Determination of co-combustion properties and thermal kinetics of poultry litter/coal blends using thermogravimetry. Renewable Energy, 89, 215-223.

Zhang, Q., Tang, Y., Bunn, D., Li, H., & Li, Y. (2021). Comparative evaluation and policy analysis for recycling retired EV batteries with different collection modes. Applied Energy, 303, 117614.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MODELING OF AN ELECTRIC BUS IN MATLAB/SIMULINK AND THE IMPACT OF DIFFERENT MOTOR TYPES ON ENERGY CONSUMPTION

***Taha Talat Gökçe[1], Kemal ERMİŞ[2],**

[1]Ulaşım İç ve Dış Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Elektrik Donanım Tasarım Mühendisi, Bursa
[2]Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 54050, Sakarya
ORCID Code: T.T.G. 0009-0004-0875-3629; K. E. 0000-0003-3110-2731

ABSTRACT

In this study, a detailed MATLAB/Simulink model was developed for a 8-meter battery electric bus (BEB), and the impact of two different powertrain architectures (hub motor and central motor) on energy consumption was investigated. Simulations were conducted under the UITP-defined SORT-1, SORT-2, and SORT-3 driving cycles for two vehicle mass scenarios (8 tons and 10 tons). The results showed that increasing vehicle mass consistently raised energy consumption across all scenarios. The hub motor architecture demonstrated superior performance in urban stop-and-go conditions, characterized by lower energy consumption and higher regenerative braking ratios. In contrast, the central motor architecture achieved better efficiency in suburban conditions dominated by steady speeds. The study highlights that selecting the appropriate drivetrain architecture according to the operational profile is critical for improving energy efficiency. Future work will include the effects of different battery chemistry, HVAC systems, and passenger load parameters.

Keywords: *Elektrikli otobüs, MATLAB/Simulink, Sürüş çevrimleri (SORT), Enerji tüketimi*

Elektrikli Bir Otobüsün MATLAB/Simulink Ortamında Modellemesi ve Farklı Motor Tiplerinin Enerji Tüketimine Etkisi

ÖZET

Bu çalışmada, 8 metre sınıfında bir batarya elektrikli otobüs (BEB) için MATLAB/Simulink ortamında ayrıntılı bir model geliştirilmiş ve iki farklı güç aktarma organı mimarisinin (hub motor ve merkezi motor) enerji tüketimine etkisi incelenmiştir. Simülasyonlar, UITP tarafından tanımlanan SORT-1, SORT-2 ve SORT-3 sürüş çevrimlerinde, iki farklı araç kütlesi (8-ton ve 10-ton) için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, araç kütlesinin artmasının tüm senaryolarda enerji tüketimini yükselttiğini göstermiştir. Hub motor mimarisi, özellikle sık dur-kalkların bulunduğu kentsel koşullarda daha düşük enerji tüketimi ve yüksek rejeneratif frenleme oranı ile öne çıkmıştır. Buna karşılık merkezi motor mimarisi, sabit hızların baskın olduğu banliyö koşullarında daha verimli sonuçlar vermiştir. Çalışma, işletme profiline bağlı olarak doğru tahrik mimarisinin seçilmesinin enerji

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

verimliliği açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecek çalışmalarda farklı batarya kimyalarının etkisi, iklimlendirme sistemleri ve yolcu yükü parametrelerinin dahil edilmesi planlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: *Electric bus, MATLAB/Simulink, Driving Cycles (SORT), Energy Consumption*

GİRİŞ

Batarya Elektrikli Otobüsler (BEB'ler), sera gazı emisyonlarını azaltmak, gürültü ve yerel kirleticileri düşürmek ve işletme maliyetlerini optimize etmek hedefleriyle şehir içi ulaşımda hızla yaygınlaşmaktadır [1], [2]. Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçlara kıyasla çok daha yüksek enerji verimliliği sunar. Bu da onları sürdürülebilir ulaşım çözümleri açısından daha avantajlı hale getirir [1], [3].

Enerji tüketimi ve filo verimliliği; güzergâh özellikleri, yolcu yükü, iklim/termal yönetim, sürüş profili ve aracın tahrik mimarisi tarafından belirlenmektedir [4], [5], [6]. Gerçek zamanlı verilerle desteklenen modeller, yolcu yükü ve yol eğimi gibi faktörlerin enerji tüketimi üzerindeki etkilerini daha doğru bir şekilde ortaya koyarak güzergâh planlaması ve filo yönetimine önemli katkılar sağlar [7].

Tekerlek içi motor (hub motor) ve merkezi motor mimarileri, enerji performansını doğrudan etkileyen iki temel güç aktarım çözümüdür [3], [8], [9]. Merkezi motorlu elektrikli sistemlerde, genellikle tek bir motor diferansiyel aracılığıyla tahrik aksına bağlanır. Buna karşılık, hub motor sistemlerinde motor doğrudan tekerlek göbeğine entegre edildiğinden, ek bir şanzıman veya diferansiyele ihtiyaç duyulmaz [3], [10].

Hub motor mimarisi, özellikle düşük hızlarda mekanik kayıpları azaltarak daha yüksek verimlilik sağlar. Bağımsız hub motor sistemleri, tork farkları sayesinde enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra istenmeyen yalpa momentlerini azaltarak daha dengeli ve kararlı bir sürüş deneyimi sunar. Ancak, süspansiyon dışı kütlenin artması sürüş konforu ve yol tutuşu üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir [10], [11], [12]. Merkezi motor mimarileri ise özellikle sabit hız ve banliyö koşullarında termal yönetim ve tork dağılımı açısından daha avantajlıdır. [13], [14]

Elektrikli otobüs performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri UITP SORT test çevrimleridir [1], [5], [15]. SORT-1 (şehir içi), SORT-2 (karma) ve SORT-3 (banliyö) çevrimleri; hızlanma, sabit hız, yavaşlama ve duraklama gibi işletme koşullarını simüle eder [5], [6]. Bu çevrimler aynı zamanda araç kütlesindeki artışın enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemek için de kullanılır. [8], [16], [17].

Enerji tüketiminin gerçek işletme değerleri; topoğrafya, duraklama sıklığı, klima yükleri ve sürüş tarzı gibi faktörler nedeniyle SORT değerlerinden sapabilir.[2], [4], [6].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu nedenle, üretici karşılaştırmalarında SORT çevrimlerinin temel referans olarak kullanılabilmesi için saha verileriyle doğrulanmaları gerekmektedir [15]. Literatürde, rejeneratif frenlemenin toplam enerji tüketimini özellikle şehir içi dur-kalk koşullarında azalttığı ve enerji geri kazanım oranlarının genellikle %32–38,9 aralığında gerçekleştiği gösterilmiştir. [18], [19]. [3].

Dört bağımsız hub motora sahip araçlar için geliştirilen tork dağıtım algoritmalarının, sürüş koşullarında enerji tüketimini yaklaşık %2–3 oranında azaltabildiği; ayrıca önerilen optimizasyon stratejilerinin rejeneratif frenleme sırasında enerji geri kazanım oranını yaklaşık %0,9 artırarak genel verimliliği iyileştirdiği belirtilmiştir. [11].

Sonuç olarak, mevcut literatür; hub motor ve merkezi motor sistemlerinin farklı işletme koşullarında kendilerine özgü avantaj ve dezavantajlara sahip olduklarını ortaya koymaktadır [20]. Bu çalışma, MATLAB/Simulink ortamında, 8 m sınıfı bir BEB üzerinde, farklı kütle koşulları (8 ton ve 10 ton) altında SORT-1/2/3 çevrimlerinde hub motor ve merkezi motor mimarilerinin enerji tüketimi açısından karşılaştırmalı bir değerlendirmesini yapmayı amaçlamaktadır.

MATERYAL ve METOD

Bu bölümde, çalışmada kullanılan simülasyon altyapısı, araç parametreleri, sürüş çevrimleri ve uygulanan matematiksel modeller hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır.

Çalışmanın temel amacı, hub motor ve merkezi motor olmak üzere iki farklı tahrik mimarisi altında elektrikli bir otobüsün enerji tüketim performansını karşılaştırmaktır.

Ayrıca, aracın kütlesinin enerji verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla 8 ton ve 10 ton olmak üzere iki farklı araç kütlesi senaryosu için simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Araç Parametreleri

Bu çalışmada referans alınan araç, şehir içi yolcu taşımacılığı için tasarlanmış 8 metrelik batarya-elektrikli bir otobüstür ve 10.000 kg boş ağırlık ile modellenmiştir. Tekerlek yarıçapı 0.465 m, son dişli oranı 7.36, aktarma organı verimi ise 0.93 olarak alınmıştır. Gerçekçi enerji tüketimi için aerodinamik ve yuvarlanma direnci parametreleri dahil edilmiştir (ön yüzey alanı 8.1 m^2, Cd 0.55, f 0.01). Yol eğimi sıfır kabul edilmiştir. Enerji depolama sistemi, 600 V, 211 Ah LFP batarya olup, iç direnci 0.056 Ω ve çevrimsel verimi %98'dir. Tüm simülasyonlarda 300 W sabit yardımcı yük (HVAC, kontrol ve elektrikli sistemler) eklenmiştir. Araç ve batarya parametreleri, SORT sürüş çevrimleri altında yapılacak enerji tüketimi simülasyonları için temel giriş değerlerini oluşturur.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 1. Batarya Parametreleri

Parametreler	**Değer**	**Birim**	**Tanım**
Voc	600	V	Açık devre voltajı
Batt_cap	211	kWh	Batarya kapasitesi
nb	0.98	–	Batarya verimliliği
Rint	0.056	Ω	Batarya iç direnci
Paux	100	W	Aksesuar gücü

Tablo 2. Araç Parametreleri

Parametreler	Değer	Birim	Tanım
rw	0.465	m	Araç tekerlek yarıçapı
m	8000 1000	kg	Araç toplam kütlesi
Dr	7.36	–	Diferansiyel dişli oranı
ηm	0.93	–	Şanzıman mekanik verimliliği
f	0.02	–	Tekerlek yuvarlanma direnci katsayısı
Cd	0.55	–	Çakıllı yoldaki yuvarlanma direnci katsayısı
A	8.1	m^2	Araç etkili ön yüzey alanı

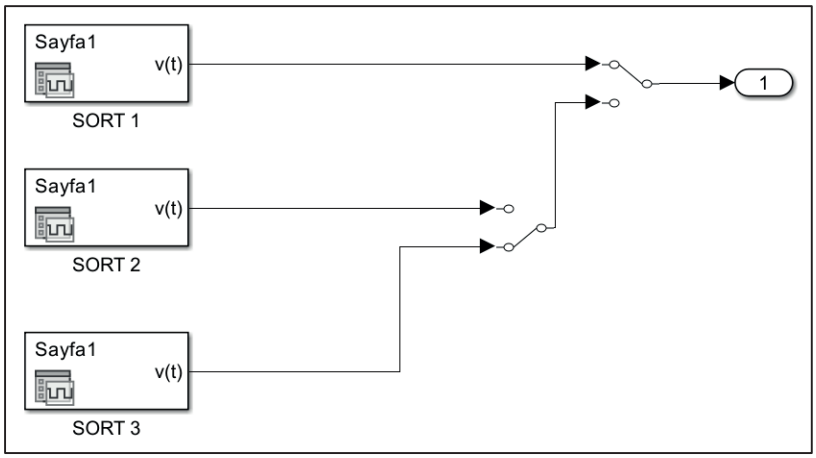
Sürüş Çevrimi

SORT çevrimleri, şehir içi ve banliyö otobüslerinin enerji tüketimi ve işletme performansını test etmek için kullanılan standart sürüş profilleridir.

- SORT-1 → Yoğun şehir içi, sık dur-kalk.
- SORT-2 → Daha az yoğun şehir / karma hatlar.
- SORT-3 → Banliyö hatları, daha yüksek hız ve az durak.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu çevrimler, otobüslerin enerji tüketimi, rejeneratif frenleme potansiyeli ve genel işletme verimliliğini simüle etmek için kullanılır. Giriş hız profilleri, MATLAB/Simulink ortamında Şekil 1'deki Signal Editor bloğu kullanılarak uygulanmıştır.



Figür 1. Sürüş Çevrimi

Araç Dinamiği Alt Sistemi

Elektrikli otobüsün boyuna (longitudinal) dinamiği, aracın hareket doğrultusundaki kuvvet dengesi dikkate alınarak modellenmiştir.

$$\Sigma Fnet = FT - (Fhd + Ftd + Fyd) \quad (1)$$

Burada her bir bileşen, belirli bir direnç veya sürüş kuvvetini temsil etmektedir:

- İtki Kuvveti (FT):

$$F_t = \frac{TDr}{R} \quad (2)$$

Bu, tekerleklerde üretilen çekiş kuvvetidir. Burada T motor torkunu (Nm), Dr son dişli oranını ve R tekerlek yuvarlanma yarıçapını (m) ifade eder.

- Aerodinamik sürükleme kuvveti (Fdrag):

$$F_{drag} = \frac{1}{2}\rho C_d A V^2 \quad (3)$$

Bu terim, havanın oluşturduğu direnç kuvvetini temsil eder. Burada ρ hava yoğunluğu (kg/m³), Cd sürüklenme katsayısı, A otobüsün ön yüzey alanı ve V aracın hızı olarak alınır. Hızın karesine bağlı olması nedeniyle, bu kuvvet yüksek hızlarda baskın hale gelir.

- Yuvarlanma direnci kuvveti (Fr):

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$F_{rr} = fmg\cos\emptyset \quad (4)$$

Yuvarlanma direnci, lastik deformasyonu ve yol yüzeyi ile temasından kaynaklanır. Burada f yuvarlanma direnci katsayısı, m araç kütlesi, g yerçekimi ivmesi ve θ yol eğim açısını ifade eder.

- Gravitational force due to road grade (Fg):

$$F_g = fmg\sin\emptyset \quad (5)$$

Bu kuvvet bileşeni, yokuş yukarı veya yokuş aşağı sürüşü dikkate alır. Pozitif eğim direnç kuvvetini artırırken, negatif eğim yardımcı bir kuvvet sağlar.

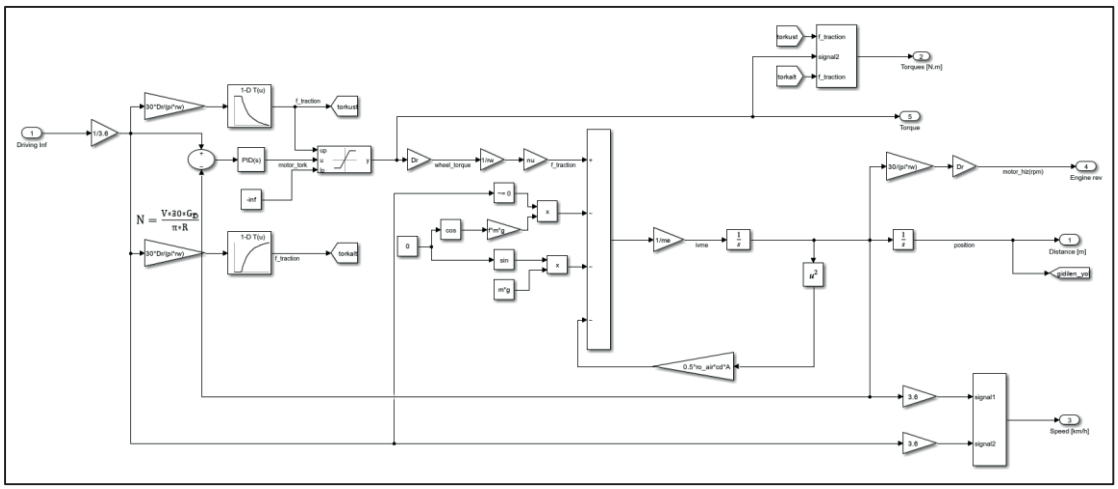
Son olarak, araç dinamiği Newton'un ikinci yasası ile yönetilir:

$$\Sigma F = ma \quad (6)$$

Burada a, aracın ivmesini ifade eder.

İvme, aracın anlık hızını ve ardından boyuna yer değiştirmesini elde etmek için zaman üzerinde entegral alınır. Simulink uygulamasında (Şekil 2), bir PID kontrolör, güç aktarım sisteminden istenen torku düzenleyerek aracın gerçek hızının referans sürüş çevrimini (SORT çevrimleri) takip etmesini sağlar. Bu kontrolör, direnç kuvvetlerinden kaynaklanan sapmaları telafi eder ve belirlenen hız profillerinin doğru bir şekilde izlenmesini sağlar.

Bu kuvvetlerin modele dahil edilmesiyle, araç dinamiği alt sistemi boyuna hareketin gerçekçi bir temsilini sunar; motor torku, direnç kuvvetleri ve aerodinamik sürükleme ile yol eğimi gibi dış koşullar arasındaki etkileşimi yakalar. Bu yapı, farklı işletme senaryoları altında elektrikli otobüslerin enerji tüketimi ve performans analizleri için temel bir öneme sahiptir.



Figür 2. Araç Dinamiği Simulink Model

Motor Alt Sistemi

Elektrik motoru alt sistemi, anlık motor gücünü tork ile açısal hızın çarpımı olarak hesaplar:

$$P = TW \quad (7)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Burada T uygulanan torku (Nm), ω ise motor hızını (rad/s) ifade eder. Bu, motor milinin sağladığı ham mekanik gücü temsil eder.

Gerçek dünyadaki dönüşüm kayıplarını hesaba katmak için, verimlilik haritaları kullanılarak çekiş ve rejeneratif modlarda etkili güç çıkışı belirlenir. Verimlilik haritası, motor torku ve dönme hızı fonksiyonuna bağlı iki boyutlu bir look-up tablosu olarak tanımlanır ve deneysel veya üretici test verilerinden elde edilir.

Çekiş Modu (Pozitif Tork):

Motor çekiş bölgesinde çalışırken (T > 0), etkili motor gücü şu şekilde hesaplanır:

$$P_{drive\ net} = P_{drive} n_{motor,drive} \tag{8}$$

Burada η_motor,drive, çalışılan tork–hız noktasına karşılık gelen motor verimliliğini gösterir. Bu, mekanik kayıplar, bakır kayıpları ve demir kayıplarının tekerleklere iletilen net kullanılabilir güce yansıtılmasını sağlar.

Rejeneratif Frenleme Modu (Negatif Tork):

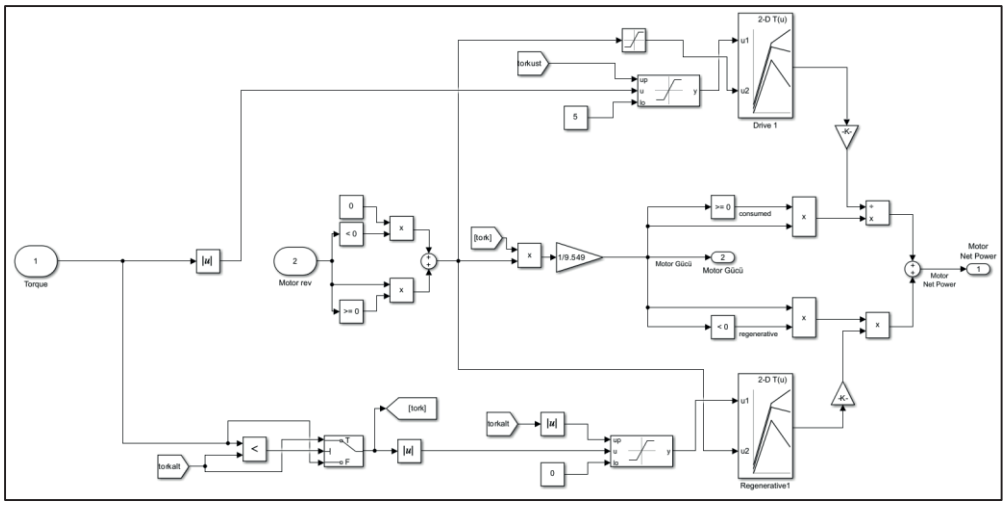
Motor rejeneratif bölgede çalışırken (T < 0), mekanik frenleme enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek bataryaya aktarılır. Bu durumda verimlilik, çekiş modundan farklı uygulanır. Mekanikten elektrik enerjisine dönüş sırasında kayıplar oluştuğundan, net rejeneratif güç şöyle ifade edilir:

$$P_{regen\ net} = \frac{P_{regen}}{n_{motor,regen}} \tag{9}$$

Burada T·ω, geri kazanılabilir mekanik gücü, η_motor,regen ise motor verimlilik haritasından elde edilen verim faktörünü temsil eder. Bölme işlemi, dönüşüm kayıpları nedeniyle bataryaya ulaşan elektrik enerjisinin, tekerleklerden elde edilen mekanik enerjiden daha düşük olduğunu gösterir.

Simulink uygulamasında (Şekil 3), pozitif ve negatif tork sinyalleri ayrı verimlilik haritalarından geçirilir. Çıkışlar birleştirilerek anlık net motor gücü hesaplanır. Bu değer, aracın toplam enerji akış analizinde kritik bir girdi olarak kullanılır. Pozitif tork çekiş talebini, negatif tork ise rejeneratif frenlemeyi temsil eder [22], [23].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figür 3. Elektrik Motor Simulink Model

Batarya Alt Sistemi

Batarya, çekiş motoru ve yardımcı yükler için gerekli elektrik gücünü sağlar ve iç direnç kayıplarını dikkate alır. Anlık batarya akımı:

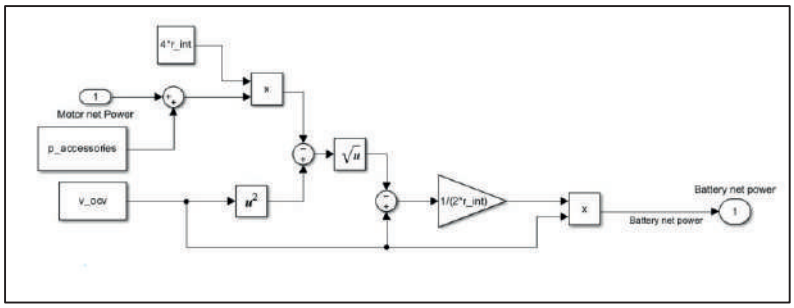
$$I_{bat} = \frac{V_{ocv} - \sqrt{V_{ocv}{}^2 4R_{int}(P_{em} + P_{ac})}}{2R_{int}} \tag{10}$$

Burada Vocv bataryanın açık devre gerilimi, Rint iç direnç, Pem motor talep gücü ve Pac sabit yardımcı güçtür. Net batarya gücü ise:

$$P_{bat} = I_{bat} V_{ocv} \tag{11}$$

Simulink modelinde, motor net gücü ve yardımcı yükler birleştirilir ve ardından kareköklü çözüm uygulanır, bu sayede yük altındaki terminal gerilimi düşüşü dikkate alınır. Bu alt sistem hem SoC değişimini hem de farklı işletme koşullarında otobüsün toplam enerji tüketimini daha gerçekçi şekilde yansıtır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figür 4. Batarya Alt sistemi Simulink Model

SoC ve Enerji Hesaplama Alt Sistemi

Batarya Doluluk Oranı (SoC), bataryada kalan enerjinin toplam kapasiteye oranını gösterir ve elektrikli otobüslerin menzil ile performansını değerlendirmede önemli bir göstergedir. SoC, batarya kapasitesi ve anlık net güç talebine göre hesaplanır. Çekiş sırasında SoC azalırken, rejeneratif frenleme ile bataryaya enerji geri kazandırıldığında artar.

$$SoC = \frac{Batt\ cap - Required\ net\ power}{Batt\ cap} \tag{12}$$

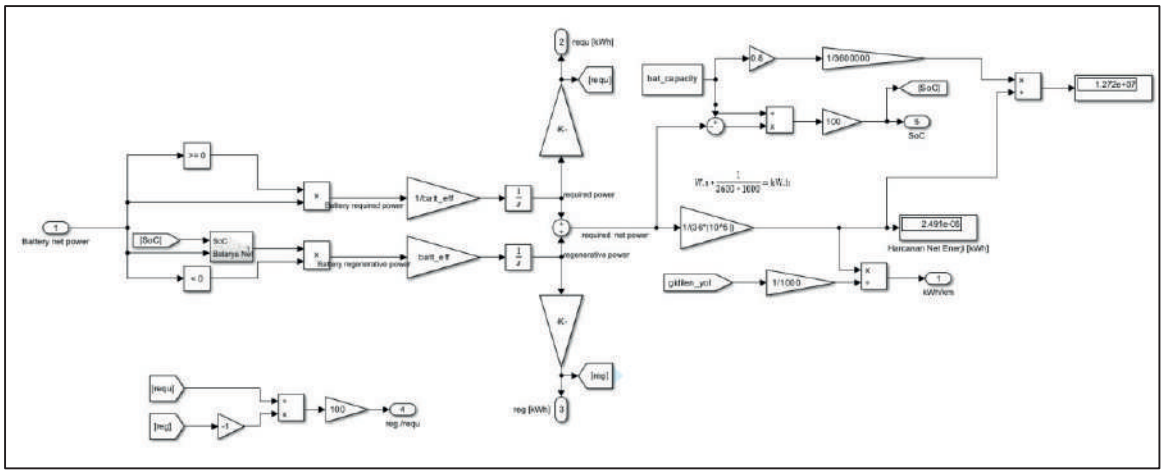
Rejenerasyon oranı, tüketilen enerjinin ne kadarının frenleme yoluyla geri kazanıldığını gösterir ve şu şekilde ifade edilir:

$$Regeneration\ ratio = \frac{Regenerative\ Energy}{Consumed\ Energy} * 100 \tag{13}$$

Yüksek oran, enerji geri kazanım verimliliğinin daha iyi olduğunu ve menzilin uzadığını gösterir.

Simulink modelinde bu alt sistem, bataryaya giren ve çıkan güç akışını sürekli entegre ederek SoC ve rejenerasyon oranını gerçek zamanlı hesaplar. Böylece, çekiş talebi, yardımcı sistemler ve frenleme arasındaki enerji etkileşimi doğru şekilde modellenir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figür 5. SoC Simulink Model

Sonuçlar ve Tartışma

MATLAB/Simulink simülasyonlarından elde edilen sonuçlar, farklı çalışma koşulları altında Hub motoru ve merkezi motor mimarilerinin karşılaştırmalı performansına dair önemli bulgular sunmaktadır. Analiz, hem araç kütlesi (8 ton) hem de sürüş çevrimleri (SORT-1, SORT-2, SORT-3) dikkate alınarak enerji verimliliğini kapsamlı biçimde değerlendirmektedir.

SORT Çevrimlerine Göre Enerji Tüketimi

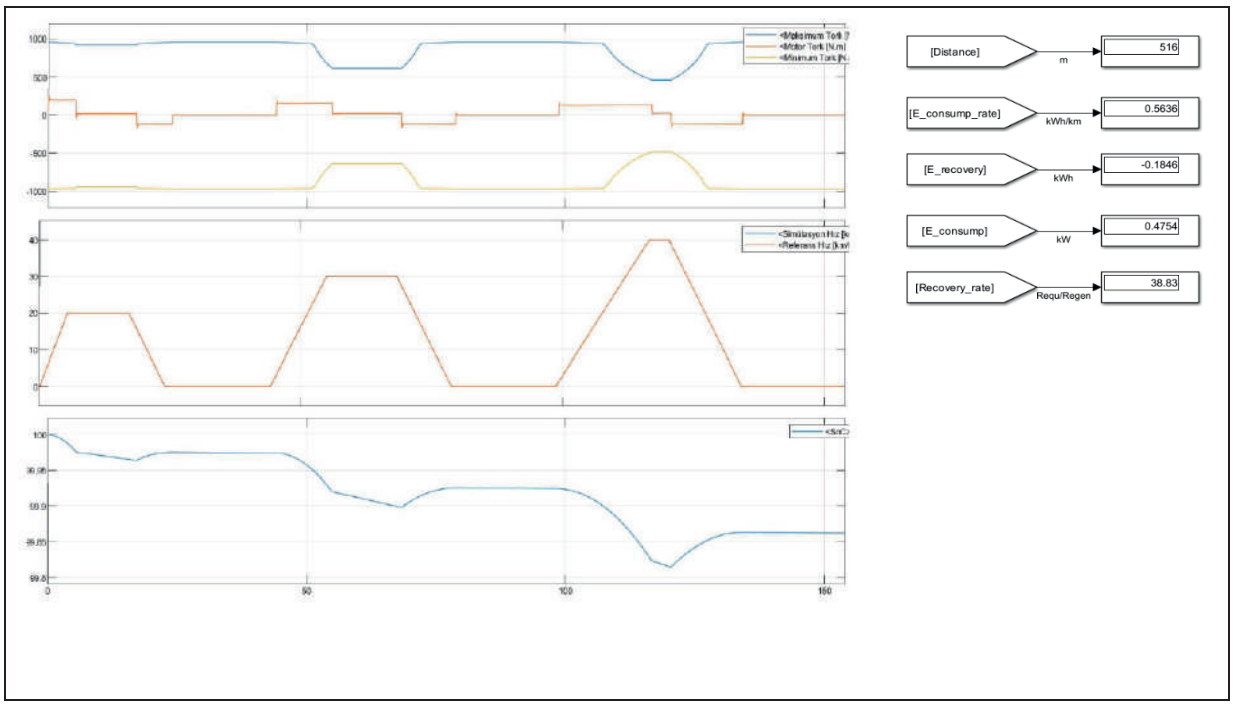
- **SORT-1 (Şehir içi, dur-kalk trafiği):** Hub motor, dur-kalk fırsatlarının bol olduğu bu çevrimde en düşük enerji tüketimini (0.5636 kWh/km) sağlamış ve yüksek rejenerasyon oranı (%38.83) göstermiştir. Yoğun şehir içi koşullarında hub motorun avantajı belirgindir.

- **SORT-2 (Karma/orta hız çevrimi):** Enerji tüketimi artmakta ve rejenerasyon oranı biraz düşmektedir (0.5800 kWh/km, %35.05). Bu, daha uzun trapez segmentleri ve daha yüksek hızlardan kaynaklanmaktadır.

- **SORT-3 (Banliyö, yüksek hız):** Tüketim 0.5925 kWh/km ve rejenerasyon oranı %34.12'ye düşer. Sabit hızlı ve az dur-kalk yapılan sürüşlerde frenleme fırsatları azalır, bu da geri kazanımı sınırlar.

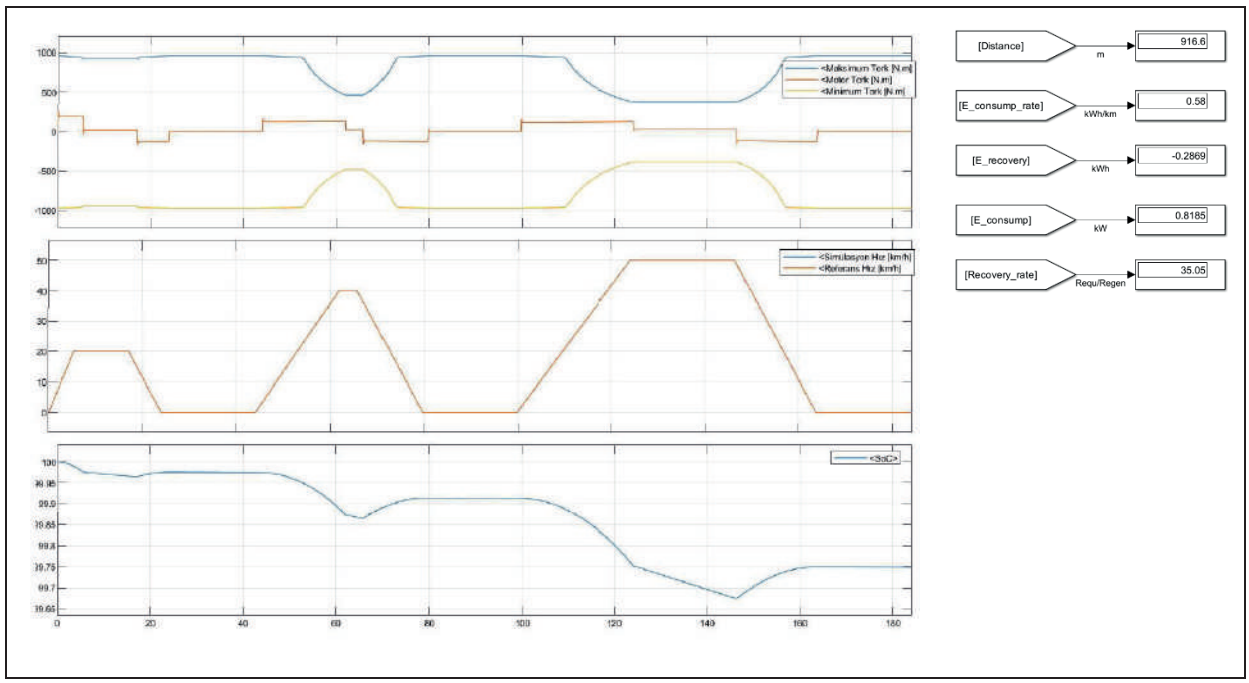
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Hub Motor Performans



Figür 6. Enerji Tüketim Oranı SORT-1 Çevrim (Hub 8t)

Şekil 6, 8 tonluk durumda Hub motorunun tüm senaryolar arasında en düşük enerji tüketimini (0.5636 kWh/km) sağladığını göstermektedir. %38.83'lük yüksek rejeneratif frenleme oranı, yoğun şehir içi trafikte torkun doğrudan tekerleğe iletilmesinin sağladığı avantajı vurgulamaktadır.



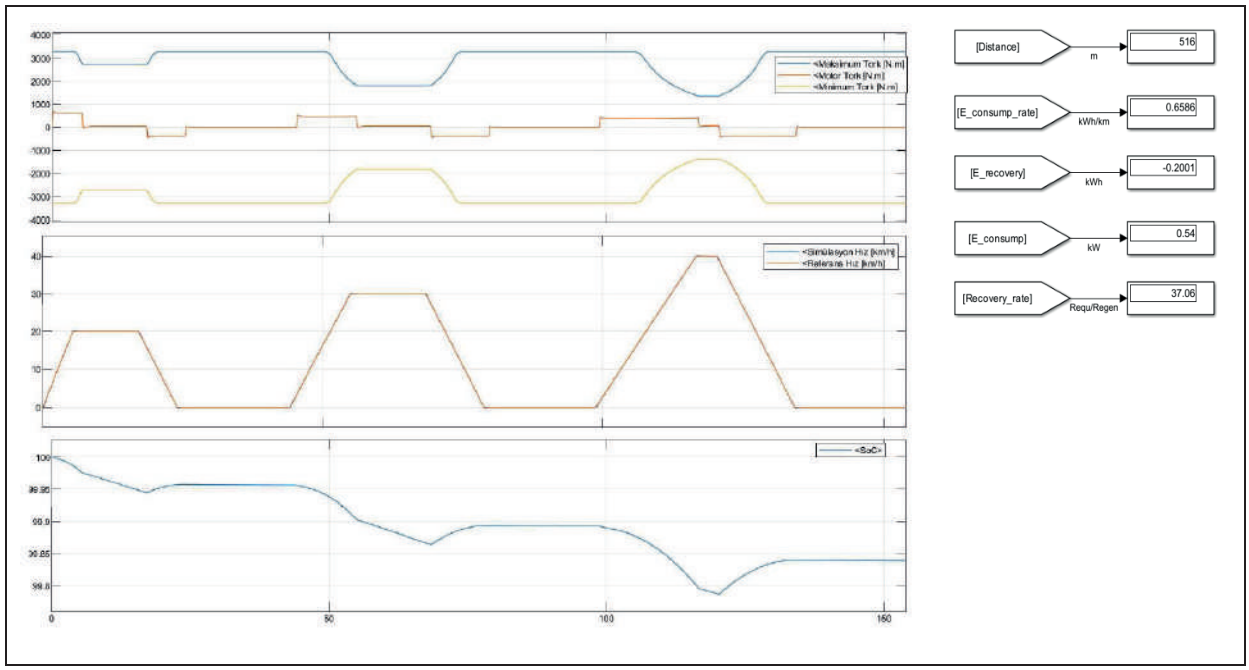
Figür 7. Enerji Tüketim Oranı SORT-2 Çevrim (Hub 8t)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

8 tonluk Hub motoru, 0.5800 kWh/km enerji tüketmiş ve %35.05 rejenerasyon oranı elde etmiştir. Bu değer, SORT-1'e kıyasla daha yüksek yuvarlanma direnci ve hız talepleri nedeniyle orta düzeyde bir verimliliğe işaret etmektedir.

Merkezi Motor Performans

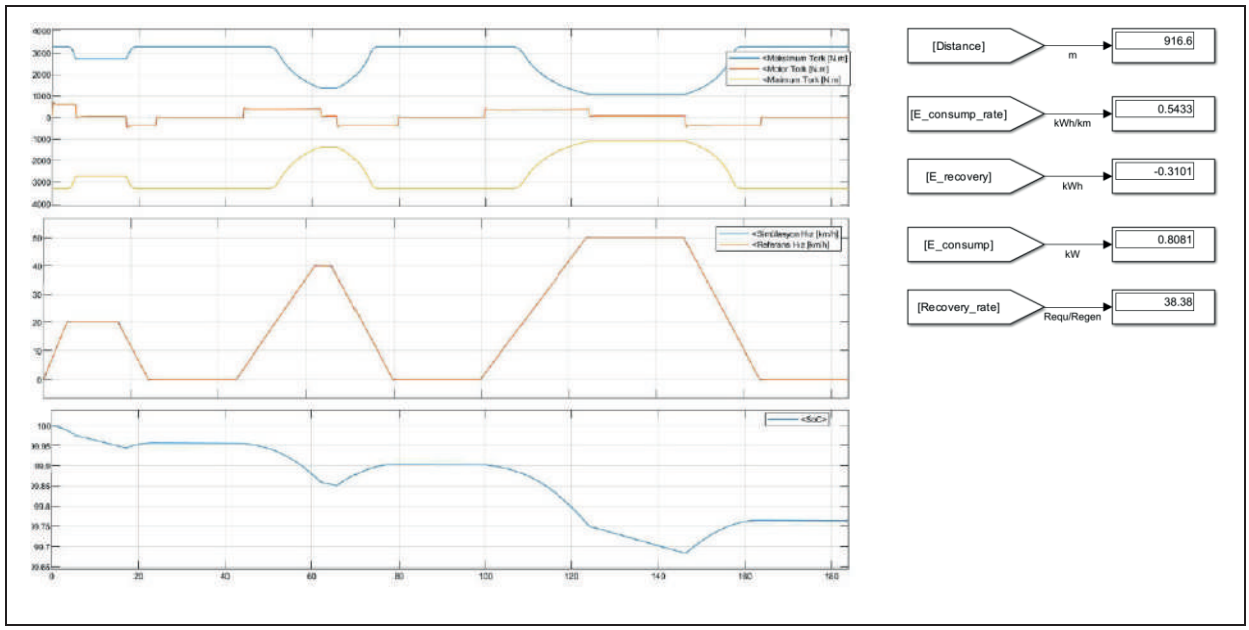
Merkezi motor, özellikle yüksek hız ve karma sürüş koşullarında (SORT-2 ve SORT-3) daha verimli çalışmıştır. 10 ton yükte SORT-3 çevriminde 0.6162 kWh/km enerji tüketmiştir (hub motorun 0.6842 kWh/km'sine göre daha iyi). Rejenerasyon oranı %40 civarında sabit kalmıştır. Diferansiyel sayesinde tork dağılımı daha dengeli olduğu için, merkezi motor banliyö ve şehirler arası kullanımlar için daha uygundur.



Figür 8. Enerji Tüketim Oranı SORT-1 Çevrim (Merkezi 8t)

Merkezi motor 0.6586 kWh/km tüketmiş, bu değer aynı kütledeki hub motordan daha fazladır. %37.06'lık rejenerasyon oranı, sık dur-kalk trafikte hub motora göre daha düşük enerji geri kazanım verimliliğini göstermektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figür 9. Enerji Tüketim Oranı SORT-2 Çevrim (Merkezi 8t)

Merkezi motor 8 ton yükte 0.5433 kWh/km tüketerek aynı koşuldaki hub motordan daha verimli olmuştur. %38.38'lik rejenerasyon oranı, karma trafik koşullarında daha iyi enerji verimliliğini doğrulamaktadır.

Genel Değerlendirme

Sonuçlar, otobüsün çalışma profiline göre motor mimarisinin seçilmesi gerektiğini göstermektedir. Sık dur-kalk yapılan yoğun şehir içi hatlarda, Hub motorları yüksek rejeneratif frenleme kapasitesi ve hafif araçlarda düşük enerji tüketimi nedeniyle avantajlıdır. Uzun hatlar, sabit hızlar veya daha ağır araçlar için ise merkezi motorlar daha iyi enerji verimliliği ve sürüş stabilitesi sunar. Bu bulgular, literatürdeki gözlemlerle uyumlu olarak, şehir içi çevrimlerde Hub motorların, banliyö koşullarında ise merkezi motorların üstün olduğunu doğrulamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 3. Hub motor Simulink Sonuçları

Faz	Parametreler	8000 kg
SORT 1	Mesafe (m)	516
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	0.5636
	Rejen Oranı (%)	38.83
SORT 2	Mesafe (m)	916.6
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	0.58
	Rejen Oranı (%)	35.05
SORT 3	Mesafe (m)	1444
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	0.5925
	Rejen Oranı (%)	34.12

Tablo 4. Merkezi motor Simulink Sonuçları

Faz	Parametreler	8000 kg
SORT 1	Mesafe (m)	516
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	0.6586
	Rejen Oranı (%)	37.06
SORT 2	Mesafe (m)	916.6
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	0.5433
	Rejen Oranı (%)	38.38
SORT 3	Mesafe (m)	1444
	E_Tüketim Oranı (kWh/km)	1.248
	Rejen Oranı (%)	38.24

SONUÇLAR

Bu çalışma, 8 metrelik bir bataryalı elektrikli şehir otobüsünde hub motor ve merkezi motor tahrik sistemlerini MATLAB/Simulink ortamında SORT-1, SORT-2 ve SORT-3 sürüş çevrimleri altında karşılaştırmıştır. Araç kütlesi ve sürüş koşullarının enerji verimliliği ve rejeneratif frenleme potansiyeli üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Başlıca bulgular:

Hub motor avantajları (şehir içi): Hub motor, dur-kalk fırsatlarının bol olduğu SORT-1'de üstün performans göstermiştir. Enerji tüketimi 0.5636 kWh/km ve rejenerasyon oranı %38–40 civarındadır. Bu, şehir içi trafik koşullarında net enerji verimliliğini artırır. Hub motor karma trafik koşulları: Karma trafik ve daha yüksek hızlar için SORT-2'de tüketim 0.5800 kWh/km, rejenerasyon oranı %35.05 olarak ölçülmüştür. Hub motor banliyö koşulları: Banliyö (SORT-3) koşullarında tüketim 0.5925 kWh/km ve rejenerasyon oranı % 34.12'dir. Sabit hızlı sürüşlerde frenleme fırsatlarının azalması nedeniyle geri kazanım oranı düşmektedir. Merkezi motor avantajları (karma ve banliyö): Merkezi motor SORT-2'de 0.5433 kWh/km ve % 38.38 rejenerasyon oranı ile hub motordan daha verimli görülmüştür. SORT-3'te de daha stabil rejenerasyon (%40 civarı) sağlamakta ve yüksek hızlarda avantajlıdır. Genel değerlendirme: Sık dur-kalk yapılan yoğun şehir içi hatlarda hub motorlar, karma veya banliyö koşullarında merkezi motorlar daha verimlidir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

REFERANSLAR

[1] A. Albatayneh, M. N. Assaf, D. Alterman, and M. Jaradat, "Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles," *Environmental and Climate Technologies*, vol. 24, no. 1, pp. 669–680, Jan. 2020, doi: 10.2478/rtuect-2020-0041.

[2] L. Guzzella and A. Sciarretta, *Vehicle propulsion systems: Introduction to modeling and optimization*, vol. 9783642359132. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. doi: 10.1007/978-3-642-35913-2.

[3] K. Deepak, M. A. Frikha, Y. Benômar, M. El Baghdadi, and O. Hegazy, "In-Wheel Motor Drive Systems for Electric Vehicles: State of the Art, Challenges, and Future Trends," Apr. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/en16073121.

[4] M. Biček, T. Pepelnjak, and F. Pušavec, "Production aspect of direct drive in-wheel motors," in *Procedia CIRP*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1278–1283. doi: 10.1016/j.procir.2019.03.308.

[5] "SORT protocol Electric range of urban buses in public transport."

[6] E. Kozłowski *et al.*, "Analysis of Instantaneous Energy Consumption and Recuperation Based on Measurements from SORT Runs," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 15, no. 4, Feb. 2025, doi: 10.3390/app15041681.

[7] I. Kaya *et al.*, "Development of a Real-Time Data-Supported Energy Consumption Model for Electric Buses," in *Electrical-Electronics and Biomedical Engineering Conference, ELECO 2024 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/ELECO64362.2024.10847236.

[8] X. Jiang, L. Chen, X. Xu, Y. Cai, Y. Li, and W. Wang, "Analysis and optimization of energy efficiency for an electric vehicle with four independent drive in-wheel motors," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 3, Mar. 2018, doi: 10.1177/1687814018765549.

[9] P. Szewczyk and A. Łebkowski, "Studies on energy consumption of electric light commercial vehicle powered by in-wheel drive modules," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 22, Nov. 2021, doi: 10.3390/en14227524.

[10] S. Nie, Y. Zhuang, F. Chen, Y. Wang, and S. Liu, "A method to eliminate unsprung adverse effect of in-wheel motor-driven vehicles," *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, vol. 37, no. 4, pp. 955–976, Dec. 2018, doi: 10.1177/1461348418767096.

[11] B. Huang, J. Wei, M. Ma, and X. Yang, "Research on Energy-Saving Optimization Control Strategy for Distributed Hub Motor-Driven Vehicles," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 12, Jun. 2025, doi: 10.3390/en18123025.

[12] S.-I. Sakai, H. Sado, and Y. Hori, "Motion Control in an Electric Vehicle with Four Independently Driven In-Wheel Motors," 1999.

[13] Y. Zhao, J. Mi, C. Guo, H. Wang, L. Wang, and H. Zhang, "Multi-Objective Energy-Efficient Driving for Four-Wheel Hub Motor Unmanned Ground Vehicles," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 17, p. 4468, Aug. 2025, doi: 10.3390/en18174468.

[14] Z. Li, L. Zheng, Y. Ren, Y. Li, and Z. Xiong, "Multi-objective optimization of active suspension system in electric vehicle with In-Wheel-Motor against the negative electromechanical coupling effects," *Mech Syst Signal Process*, vol. 116, pp. 545–565, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.ymssp.2018.07.001.

[15] R. Günther, T. Wenzel, M. Wegner, and R. Rettig, "Big data driven dynamic driving cycle development for busses in urban public transportation," *Transp Res D Transp Environ*, vol. 51, pp. 276–289, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.01.009.

[16] "3 Critical Review of Direct-Drive".

[17] A. El Mourabit and I. Hadj Baraka, "Recent Developments in Four-In-Wheel Electronic Differential Systems in Electrical Vehicles," MDPI AG, Jul. 2025, p. 17. doi: 10.3390/cmsf2025010017.

[18] C. C. Chan, "The state of the art of electric, hybrid, and fuel cell vehicles," *Proceedings of the IEEE*, vol. 95, no. 4, pp. 704–718, 2007, doi: 10.1109/JPROC.2007.892489.

[19] L. Jin, P. Chen, and Y. Liu, "An Analysis of Regenerative Braking and Energy Saving for Electric Vehicle with In-Wheel Motors," *International Journal of Control and Automation*, vol. 7, no. 12, pp. 219–230, Dec. 2014, doi: 10.14257/ijca.2014.7.12.20.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

[20] J. Ruan, P. Walker, and N. Zhang, "A comparative study energy consumption and costs of battery electric vehicle transmissions," *Appl Energy*, vol. 165, pp. 119–134, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.12.081.

[21] "UITP PROJECT 'SORT' STANDARDISED ON-ROAD TEST CYCLES."

[22] F. F. Ling *et al.*, "Editor-in-Chief." [Online]. Available: http://www.springer.com/series/1161

[23] S. Fallah, "Electric and Hybrid Vehicles-Technologies, Modeling and Control: A Mechatronic Approach," 2014. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/260878177

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NANOTEKNOLOJİ KULLANIMININ YOL KAPLAMALARININ PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI: Kapsamlı Bir İnceleme

Alev AKILLI EL

Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Bitlis, Türkiye
Orcıd No: 0000-0003-0158-9008

ÖZET

Karayolu ulaşımında seyahat eden bireylerin güvenliğinin sağlanmasına yönelik küresel çabaların temel unsurlarından biri, yüksek standartlarda tasarlanmış, yapısal olarak dayanıklı, uzun ömürlü ve güvenli yol altyapılarının inşa edilmesidir. Son yıllarda trafik hacmi ve aks yüklerindeki belirgin artışın yanı sıra yüksek yaz sıcaklıkları ve düşük kış sıcaklıkları gibi aşırı iklim koşulları, asfalt beton kaplamalarda erken yaşlanma ve bozulmaları hızlandırmış; bu durum kaplama tasarımcıları, uygulayıcı firmalar ve yol mühendisleri için başlıca sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu bağlamda, asfalt beton karışımlarında modifiye edicilerin kullanımı, kaplamaların performansını ve hizmet ömrünü artırmaya yönelik etkili bir yaklaşım olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir. Nanoteknoloji, en az bir boyutu nanometre ölçeğinde olan fonksiyonel yapıların tasarımı, üretimi ve uygulanması sırasında karşılaşılan problemlere çözüm üretmek amacıyla kullanılan yenilikçi bir teknolojik yaklaşımdır. Nanomalzemelerin öne çıkan üstünlükleri arasında yüksek fonksiyonel yoğunluk, artmış hassasiyet, belirgin yüzey etkileri, geniş özgül yüzey alanı ve yüksek çekme dayanımı yer almaktadır. Nanoteknolojideki gelişmelerle birlikte, çok sayıda araştırmacı nanomalzemelerin tekerlek izi oluşumu, yorulma çatlakları ve neme bağlı hasarların azaltılması yoluyla kaplamaların servis edilebilirliğini iyileştirme potansiyeline odaklanmıştır. Bu makalenin amacı, mevcut literatürün kapsamlı bir şekilde incelenmesine dayanarak, nanomalzemelerin yol mühendisliği alanındaki —özellikle asfalt bağlayıcılar ve asfalt karışımlarındaki— uygulamalarına ilişkin bütüncül ve derinlemesine bir anlayış sunmaktır. Bu inceleme çalışmasında, karbon nanotüpler, nanokiller, nanosilika, nano titanyum dioksit, nano çinko oksit, nano alüminyum oksit, nano demir oksit, nano fosfor, nano hidratlı kireç ve grafen gibi çeşitli nanomalzemelerin yol mühendisliği alanındaki işlevsel rolleri ele alınmıştır. Genel olarak nanomalzemelerin, asfalt bağlayıcıların viskozite, tekerlek izi direnci, yorulma performansı, sıcaklık duyarlılığı ve yaşlanma direnci gibi temel reolojik ve mekanik özellikleri üzerinde olumlu etkiler gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Asfalt, Bitüm, Nanomalzemeler, Sürdürülebilirlik

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NANOTECHNOLOGY USE ON THE PERFORMANCE OF ROAD PAVEMENTS: A Comprehensive Review

ABSTRACT

One of the key components of global efforts to ensure the safety of individuals traveling via road transportation is the construction of road infrastructures that are designed to high standards, structurally durable, long-lasting, and safe. In recent years, the significant increase in traffic volume and axle loads, coupled with extreme climatic conditions such as high summer temperatures and low winter temperatures, has accelerated premature aging and deterioration in asphalt concrete pavements. This has become a major concern for pavement designers, construction contractors, and highway engineers. In this context, the use of modifiers in asphalt concrete mixtures has garnered increasing attention as an effective approach to enhancing pavement performance and extending service life. Nanotechnology is an innovative technological approach employed to address challenges encountered during the design, production, and application of functional structures with at least one dimension at the nanometer scale. The remarkable advantages of nanomaterials include high functional density, enhanced sensitivity, pronounced surface effects, large specific surface area, and high tensile strength. With advancements in nanotechnology, numerous researchers have focused on the potential of nanomaterials to improve pavement serviceability by mitigating rutting, fatigue cracking, and moisture-induced damage. The objective of this paper is to provide a comprehensive and in-depth understanding of the applications of nanomaterials in the field of pavement engineering—particularly in asphalt binders and asphalt mixtures—based on an extensive review of the existing literature. This review highlights the functional roles of various nanomaterials such as carbon nanotubes, nanoclays, nanosilica, nano titanium dioxide, nano zinc oxide, nano aluminum oxide, nano iron oxide, nano phosphorus, nano hydrated lime, and graphene in pavement engineering. Overall, nanomaterials have been shown to exert positive effects on fundamental rheological and mechanical properties of asphalt binders, including viscosity, rutting resistance, fatigue performance, temperature susceptibility, and aging resistance.

Keywords: Asphalt, Bitumen, Nanomaterials, Sustainability

1. GİRİŞ

Son yüzyılda, küresel toplum, hızla artan kentleşme, nüfus artışı ve çevresel kaygılar nedeniyle mevcut ulaşım altyapısı üzerinde benzeri görülmemiş bir baskıyla karı karşıyadır. Fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlı geleneksel ulaşım sistemleri, hava kirliliği, sera gazı emisyonları ve trafik sıkışıklığı gibi sorunları arttırmakta ve sürdürülebilir alternatiflere doğru bir değişimi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, ulaşım altyapısını daha verimli, çevre dostu ve dayanıklı sistemlere dönüştürmek amacıyla yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması giderek önem kazanmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Dünya hızla kentleşip nüfus artışına tanık olurken, şehirler ekonomik faaliyetlerin ve insan yerleşiminin merkezleri haline gelmektedir. Ancak kentsel yaşamın bu büyümesi, ulaşım talebini artırmakta ve sonucunda trafik sıkışıklığı, bir yerden bir yere gidip gelme süresinin uzaması ve çevresel bozulma gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir ulaşım altyapısının geliştirilmesi, şehirlerin üretkenliklerini korurken aynı zamanda insanların yaşam kalitesini güvence altına almak için kritik bir öneme sahiptir.

Sürdürülebilir ulaşım altyapısı, kentleşme, çevresel kaygılar, kaynakların korunması, ekonomik verimlilik ve toplum refahı açısından kritik öneme sahiptir. Yenilikçi teknolojilerin ve yaklaşımların benimsenmesi, mevcut talepleri karşılamanın yanı sıra modern dünyanın karmaşıklığı içinde sürdürülebilir ve dayanıklı bir gelecek inşa etmek için gereklidir**.**

Nanoteknoloji, son yıllarda inşaat sektöründe altyapı kalitesi ve dayanıklılığında önemli iyileştirmeler sağlayan umut verici bir alan olarak öne çıkmaktadır. Atomik ve moleküler düzeylerde malzeme manipülasyonundaki gelişmeler, nanoteknolojiyi özellikle yol kaplama uygulamalarında inşaat malzemelerini geliştirmek için yeni bir yaklaşım hâline getirmiştir. Bu bağlamda nanomalzemeler, geleneksel malzemelere kıyasla üstün özellikler sunan, inşaatta dikkate değer bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Normalde nano ölçek aralığında olan ve olağanüstü mekanik, kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip bu malzemeler, inşaat uygulamaları açısından oldukça cazip hâle gelmektedir. Özellikle nano silika ve nano kil gibi malzemelerin, asfalt karışımlarının mekanik özelliklerini ve dayanıklılığını artırarak ara katmanlarda etkin bir şekilde kullanılabildiği kanıtlanmıştır. Bu malzemeler, ağır trafik yükleri ve değişken çevre koşulları nedeniyle ortaya çıkan çatlama, tekerlek izi ve nem hasarı gibi uzun süredir devam eden yol yapım sorunlarını ele almaktadır. Güncel araştırmalar, nanomalzemelerin yol kaplamalarına entegrasyonunun kaplama dayanıklılığını artırdığını, bakım gereksinimlerini azalttığını, uzun vadeli maliyetleri düşürdüğünü ve çevresel etkileri minimize ettiğini göstermektedir(Shakrani et al., 2018).

Nanomalzemelerin yol kaplama inşaat projelerinde maliyet kontrolü ile entegrasyonu, yalnızca kaplama maliyetlerini düşürmekle kalmaz; aynı zamanda yol yapım sürecini optimize etmeye, gereksiz atıkları azaltmaya ve projelerin maliyet yönetimini güçlendirmeye imkân tanır(Gao et al., 2019). Bu yaklaşım, maliyet oluşumunu dinamik olarak izlemeyi ve şantiyede kaynakların rasyonel bir şekilde tahsis edilmesini sağlayarak yol yapım maliyetlerinin etkin bir biçimde azaltılmasına katkıda bulunur(B. Li, 2021). Nanomalzemelerin yol mühendisliğine entegrasyonu, geleneksel inşaat malzemeleriyle ilişkili temel sorunların aşılması amacıyla araştırılmaktadır. Çalışmalar, asfalt karışımlarına nanopartiküllerin eklenmesinin Marshall kararlılığını, akış özelliklerini ve tekerlek izi direncini artırabileceğini göstermiştir. Özellikle nano silikanın, bitüm bağlayıcılar ile agregalar arasındaki bağı güçlendirerek asfaltın esnekliğini ve dayanıklılığını artırdığı tespit edilmiştir(J. Yang & Tighe, 2013). Bu bulgu, nano kilin bitüm bağlayıcıların ve asfalt karışımlarının su ve sıcaklık kaynaklı deformasyona karşı direncini artırarak sertliği ve yük taşıma kapasitesini geliştirdiği

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

gerçeğiyle uyumludur(Iskender, 2016). Yüksek trafik hacmi ve aşırı hava koşullarına sahip bölgelerde yolların hizmet ömrünün uzatılması büyük ölçüde bu modifikasyonlara bağlıdır (Abdullah et al., 2015). Nanoteknolojinin bu alandaki katkıları sayesinde, çevresel stres faktörlerine ve yoğun kullanım koşullarına daha dayanıklı, sürdürülebilir yol altyapıları inşa etmek mümkün olmaktadır.

Nanoteknoloji, atom ve molekül düzeyinde (1–100 nm aralığında) gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, geliştirilmiş veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip yapıların oluşturulmasını ifade eder. Boyutları 1–100 nm aralığında olan toz veya parçacıklar olarak tanımlanan nanopartiküller, nanomalzemelerin ve nanoteknolojinin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır(Ateş & Bahçeci, 2015). Nanoteknoloji, moleküler düzeyde malzemeleri modifiye ederek ve şekillendirerek yeni malzemeler, cihazlar ve sistemler geliştirmek için kullanılmaktadır. Asfalt karışımlarını modifiye etmek ve iyileştirmek amacıyla farklı fırsatlar sunan çeşitli nanomalzeme türleri mevcuttur. Asfalt uygulamalarında kullanılabilecek nanomalzemeler arasında nano-tüpler, nano-lifler, polimerize tozlar, nano boyutlu plastik tozlar, nano-hidrate kireç, nano-silika, nano-titanyum dioksit ve nano-kil örnek olarak verilebilir. Literatür araştırması sonucunda yol kaplamalarında kullanılan nanomalzemelere ait detaylar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yol kaplamalarında kullanılan nano malzemeler

Kullanılan Nanomalzeme	**Sonuçlar**	**Araştırmacı**
Karbon nano-tüpler	Sertlik, tekerlek izi direnci, sürtünme ve geri kazanım davranışı ile yüksek sıcaklıklarda kararlılığında iyileşme	Yang ve diğerleri (Q. Yang et al., 2020)
Grafen oksit ve karbon nanotüpler	Yaşlanmaya karşı direnç artışı	Wang ve diğerleri(R. Wang et al., 2019)
Odun lignini	Yaşlanmaya karşı direnç artışı	Xu ve diğerleri (Xu et al., 2017)
Nano-Silika	Su itici özellik kazandırıldığı ve tekerlek iz derinliğinde azalma	Nejad ve diğerleri (Nejad, Tanzadeh, Soozangar, et al., 2016)
Karbon nano-tüpler	İşlenebilirlik ve yaşlanma karşıtı özelliklerinde gelişme	Wang ve diğerleri (P. Wang et al., 2017)
Nano-titanya	UV ışınlarından kaynaklı yaşlanma direncinde iyileşme	Liu ve diğerleri (C. H. Liu et al., 2014)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Nano-Silika	Yüksek sıcaklık performansında ve yaşlanma direncinde iyileşme	Al-Sabaeei (Al-Sabaeei et al., 2021)
Karbon nano-fiber	Tekerlek izine karşı direnç ve iyileştirilmiş visko-elastik tepki	Khattak ve diğerleri (Khattak et al., 2012)
Nano-Kil	Bitümün sertliğinde artış, açısal fazda azalma ve yaşlanma direncinde iyileşme	Jahromi ve diğerleri (Jahromi & Khodaii, 2009)
Nano-Grafen ve Reçine	Kırılma tokluğunun arttığı, asfaltın çekme özelliğinde iyileşme, yüksek ve düşük sıcaklık performansında iyileşme	Zhang ve diğerleri (Zhang et al., 2021)
Nano silika, Nano kil, Nano kalsiyum karbonat, Nano trombosit hidroksiapatit	Asfalt karışımların nem hasarına karşı direncinde artış, kalıcı deformasyona karşı direnç, hacimsel özelliklerinde iyileşme	Hawraa ve diğerleri (Aljbouri & Albayati, 2023)
Nano-linik, Nanokil, Nanodemir	Asfalt bağlayıcının penetrasyon değerinde azalma, viskozite ve yumuşama noktasında artış, faz açısında azalma	Crucho ve diğerleri (J. Crucho et al., 2019)

Benzersiz boyuta bağlı özellikleri ve yüzey etkileriyle nanomalzemelerin ortaya çıkışı, asfalt karışımlarının performansını iyileştirmek için umut verici fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışma, asfalt modifikasyonunda potansiyel uygulamalara sahip çeşitli nanomalzemelerin kapsamlı bir incelemesini sunmakta ve malzeme özelliklerine, etki mekanizmalarına ve değerlendirme yöntemlerine odaklanmaktadır. Bulgular, nanomalzemelerin dahil edilmesinin asfaltın viskozite, sertlik, elastikiyet, yorulma direnci, yaşlanma direnci ve ultraviyole radyasyon direnci gibi özelliklerini önemli ölçüde artırabileceğini, böylece yol kaplamasının kalitesini iyileştirebileceğini ve hizmet ömrünü uzatabileceğini göstermektedir. Yüksek maliyetler, sınırlı ölçeklenebilirlik ve çevresel kaygılar gibi zorluklar devam etse de bir yaşam döngüsü analizi, nanomalzemelerin azaltılmış bakım maliyetleri ve uzatılmış yol ömrü gibi uzun vadeli ekonomik faydalarının, onları yol mühendisliği için uygulanabilir bir çözüm haline getirdiğini göstermektedir. Bu çalışma, yol mühendisliği alanında hem akademik hem de pratik düzeyde önemli katkılar sağlar. Nanomalzemelerin asfalt bağlayıcılar ve karışımlar üzerindeki etkilerini sistematik olarak inceleyerek literatürdeki bilgileri derleyen ve sentezleyen bu araştırma, malzeme özellikleri ve reolojik davranış üzerindeki performans artırıcı mekanizmaları net bir şekilde ortaya koyar. Bu sayede yol tasarımcıları ve mühendisler, optimum malzeme seçimi ve

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

karışım tasarımı yaparak tekerlek izi, yorulma çatlağı ve nem hasarına karşı dayanıklı kaplamalar geliştirebilir, bakım ve onarım maliyetlerini azaltabilir. Ayrıca, daha uzun ömürlü asfalt kaplamalar doğal kaynakların verimli kullanımına katkıda bulunarak ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği destekler. Çalışma aynı zamanda nanomalzemelerin asfalt uygulamalarındaki potansiyelini ve sınırlamalarını ortaya koyarak, gelecekteki araştırmalar ve yenilikçi malzeme geliştirme projeleri için yol haritası sunar ve mühendislik standartları ile yol altyapısı politikalarının güncellenmesine katkıda bulunabilir.

2. Nanomalzemelerin Asfalt Bağlayıcı Modifikasyonunda Etkisi

Asfalt bağlayıcılarda nanomalzemelerin kullanımına yönelik çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiş olup özellikle nanosilika ve nanokiller üzerine yoğunlaşılmıştır. Nanomalzemelerle yapılan modifikasyonların asfalt bağlayıcıların özelliklerine etkilerini ele alan güncel derlemelerin sayısı da artmaktadır. Porto ve diğerleri, polimerler, kimyasal modifiye ediciler (nanokompozit katkılar dâhil) ve sıcak karışım teknolojisi gibi farklı modifikasyon türlerini kapsayan kapsamlı bir inceleme sunmuştur(Porto et al., 2019). Martinho ve Farinha, nanokillerin asfalt bağlayıcılarda kullanımına odaklanan bir derleme hazırlamıştır(Martinho & Farinha, 2019). Li ve çalışma arkadaşları ise nanokarbon, nanokil, nanofiber, nanosilika ve nanotitanyum gibi çeşitli nanomalzeme türlerini değerlendiren kapsamlı bir inceleme ortaya koymuştur(R. Li et al., 2017). Wu ve Tahri, asfalt modifikasyonunda karbon ve grafen temelli nanomalzemelerin kullanımına ilişkin güncel gelişmeleri ortaya koymuştur(Wu & Tahri, 2021).

Bir akışkanın viskozitesi, belirli bir deformasyon hızına karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Viskozite, bir malzemedeki viskoz gerilmeler ile deformasyon hızına (gerinim hızına) ilişkin değişim arasında ilişki kuran temel bir malzeme özelliğidir. Bu parametre aynı zamanda sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir. Nanomalzemeler, genellikle bitüm ve benzeri bağlayıcıların viskozitesini artırıcı etki göstermektedir. Viskozitedeki bu artış, agregalar etrafında daha kalın bağlayıcı filmlerinin oluşmasına olanak tanır. Bu durum, bileşenler arasındaki kohezyon kuvvetlerini güçlendirerek suya ve çevresel etkilerden kaynaklanan bozulmalara karşı direncin artmasına katkı sağlar (YU et al., 2020). Bununla birlikte, viskozite artışı yapısal açıdan sorun yaratacak düzeyde değildir; zira aşırı viskoz bağlayıcıların sıkıştırılması ve sertleşmesi zor olduğundan bu tür problemler gözlenmemektedir(Cong et al., 2012). Gao ve çalışma arkadaşları, hidrofobik nanosilika ile modifiye edilmiş asfalt bağlayıcılar üzerinde araştırmalar gerçekleştirmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, hidrofobik nanosilikanın bağlayıcının viskozitesi üzerindeki etkisinin, hidrofilik nanosilikaya kıyasla daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Hidrofobik nanosilikanın asfaltla daha uyumlu olmasının temel nedeni, bu malzemenin asfalt bileşenleriyle kimyasal reaksiyona girmesidir. Bu etkileşim, bağlayıcı ile nanosilika arasındaki bağın güçlenmesine katkı sağladığını tespit etmişlerdir (Guo et al., 2018). Yao ve çalışma arkadaşları, asfalt bağlayıcısına ağırlıkça %4 ve %6 oranlarında nanosilika ilave etmiş ve nanosilikanın bağlayıcı viskozitesini azalttığını rapor etmiştir(Yao et al., 2013). Bu durum, bazı

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

nanomalzemelerin bağlayıcıların viskozitesini artırmak yerine azaltabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Jeoffroy ve arkadaşları, manyetik tetiklemeli iyileştirme yöntemi kapsamında nano demir oksit kullanarak mikro çatlakların onarımı üzerine araştırmalar yürütmüştür. Demir oksit nanoparçacıklarının neden olduğu yüksek termal tepki sayesinde bağlayıcı viskozitesi kısa sürede düşürülmüş ve bitüm yüzeyindeki mikro çatlaklar kapatılmıştır(Jeoffroy et al., 2016). Başka bir çalışmada, nano hidratlı kireç ilavesinin reolojik özelliklere etkisi değerlendirilmiş; viskoz ve viskoelastik koşullar altında aktivasyon enerjisindeki değişimler incelenmiştir. Bu kapsamda, boyutsuz viskozite indeksinin, kullanılan nanomalzemenin türü ve miktarının yanı sıra test sıcaklığı ve modifiye bağlayıcıların fiziksel fazına bağlı olduğu belirlenmiştir(Jamshidi et al., 2015). Ayrıca, farklı bir araştırmada nano alüminyum oksidin, SBS ile modifiye edilmiş asfalt bağlayıcıların viskozitesini artırdığı ortaya konmuştur(Shafabakhsh et al., 2021).

Yüksek sıcaklıklarda asfalt kaplamalarda karşılaşılan başlıca sorun, tekerlek izi oluşumudur. Bu deformasyon türüne karşı yeterli direnç sağlanabilmesi için, bağlayıcının toplam deformasyon direncini temsil eden karmaşık kayma modülünün (G*) yüksek olması tercih edilmektedir. Buna ek olarak, elastik davranışın baskınlığını yansıtan daha düşük faz açısı (δ) değeri, tekerlek izi oluşumuna karşı dayanımı artıran önemli bir diğer parametredir (Babagoli, 2020). Ziari ve arkadaşları, asfalt bağlayıcılara karbon nanotüp (CNT) ilavesi yaparak CNT dozajı, yükleme frekansı ve sıcaklık ile bağlayıcının kompleks modülü ve tekerlek izi direnci arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışma sonucunda, CNT katkısının bağlayıcıların mekanik özelliklerini ve tekerlek izi oluşumuna karşı direncini artırdığı belirlenmiştir(Ziari et al., 2018). Benzer şekilde, Santagata ve diğerleri, CNT kullanımının asfalt bağlayıcıların tekerlek izi direncini olumlu yönde etkilediğini rapor etmiştir(Santagata et al., 2015). Sultana ve diğerleri ise asfalt karışımlarının özelliklerini iyileştirmek amacıyla dolgu maddesi olarak %2, %3,5 ve %5 oranlarında nanokil kullanmıştır. Bulgular, tekerlek izi oluşum direnci açısından optimum nanokil içeriğinin %2 olduğunu göstermiştir. Bu durum, bağlayıcının polar fraksiyonundaki artışa bağlı olarak sertliğin yükselmesinden kaynaklanmaktadır(Sultana & Bhasin, 2014).

Al Hamali ve çalışma arkadaşları, düşük frekanslarda veya yüksek sıcaklıklarda nanosilikanın asfalt bağlayıcıların kompleks modülünü artırdığını ve bunun tekerlek izi direncini iyileştirdiğini ortaya koymuştur(Alhamali et al., 2016). Ayrıca, nano alüminyum oksit ile modifiye edilmiş bağlayıcıların tekerlek izi direncinin, modifiye edilmemiş bağlayıcılara kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir(Albrka Ali et al., 2016). Nejad ve diğerleri, nano titanyum dioksit, nano alümina, nano çinko oksit ve nano demir oksit gibi farklı nanoparçacıkların çeşitli konsantrasyonlarda asfalt bağlayıcıların reolojik ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elde edilen bulgular, nanoparçacık katkılı bağlayıcıların tekerlek izi performansında belirgin bir iyileşme sağladığını göstermektedir(Nejad, Tanzadeh, Tanzadeh, et al., 2016). Santagata ve çalışma arkadaşları, karbon nanotüplerin (CNT) asfalt bağlayıcıların yorulma ömrü ve kendini iyileştirme özellikleri üzerinde

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

olumlu etkiler gösterdiğini rapor etmiştir(Santagata et al., 2012). Literatürde, nanokil katkısının bağlayıcıların faz açısını azalttığı bildirilmiştir (Abdullah et al., 2016; de Melo & Trichês, 2017; Farias et al., 2016; Golestani et al., 2012; You et al., 2011; Zapién-Castillo et al., 2016; Zare-Shahabadi et al., 2010). Faz açısındaki bu azalma, bağlayıcıların yorulma ömründe artışla ilişkilendirilmektedir. Bir diğer araştırmada, CNT'lerin bağlayıcıların yüksek ve orta sıcaklıktaki performansını geliştirdiği doğrulanırken, düşük sıcaklık özellikleri üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu belirtilmiştir(Ashish & Singh, 2018). Nanosilika ise mikro çatlakların çekirdeklenmesini engelleyerek bağlayıcının yorulma ömrünü uzatmaktadır (Bhat & Mir, 2021). Orta sıcaklıklarda kompleks modüldeki azalma, 40 °C'nin altındaki sıcaklıklarda daha yüksek yorulma direncine işaret etmektedir (Alhamali et al., 2016). Ayrıca nanosilikanın bağlayıcıların elastikiyetini artırdığı ve bunun sonucu olarak yorulma direncini güçlendirdiği belirtilmiştir(Fini et al., 2016).

Nanomalzemelerle asfalt karışımlarının modifikasyonuna ilişkin potansiyel dezavantajlardan biri, düşük sıcaklıklarda (PG düşük sıcaklığı) gözlenen performans düşüşüdür. Onochie ve çalışma arkadaşları, PG 58-28 bağlayıcısına %2 ve %4 nanosilika ilavesiyle yapılan modifikasyonları bükme kirişi reometresi (BBR) kullanarak incelemiş ve bu katkıların sırasıyla %6 ve %14 daha yüksek sürünme sertliği ile yaklaşık %2 daha düşük m-değeri ortaya koyduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmada, aynı kontrol bağlayıcı üzerinde %2 ve %4 oranlarında organik olarak modifiye edilmiş nanokil kullanılarak yapılan modifikasyonlar değerlendirilmiş; sonuçlar sırasıyla %8 ve %14 daha yüksek sürünme sertliği ile %2 ve %4 daha düşük m-değeri şeklinde raporlanmıştır(Onochie et al., 2013).

Nanokiller üzerine yapılan diğer çalışmalar da benzer sonuçlar sunmuştur. Bazı araştırmalarda, nanokil ile modifiye edilen bağlayıcıların BBR testlerinde veya doğrudan çekme testi (DTT) kapsamında PG düşük sıcaklığında düşük performans gösterdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, farklı bir çalışmada, 60/70 penetrasyon sınıfındaki kontrol bağlayıcısına %5 bentonit ve %5 organik modifiye bentonit eklenmesi, benzer m-değerlerine rağmen sırasıyla %19 ve %22 daha düşük sürünme sertliği ortaya koymuş; bu da düşük sıcaklık performansında iyileşmeye işaret etmiştir(Zare-Shahabadi et al., 2010).

Bu bulgular, nanomalzeme modifikasyonlarının düşük sıcaklık davranışı üzerindeki etkilerinin tam olarak netleşmediğini ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Öte yandan, bazı çalışmalarda bildirilen performans düşüşüne rağmen, modifiye bağlayıcıların Superpave spesifikasyonlarını (maksimum 300 MPa sürünme sertliği ve minimum 0,300 m-değeri) sağladığı ve kontrol bağlayıcıyla aynı PG düşük sıcaklık sınıfını koruduğu ifade edilmiştir. Dolayısıyla bu tür modifikasyonların soğuk iklim bölgelerinde kullanımı mümkün olmakla birlikte, ileri düzey araştırmalarla desteklenmesi önerilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3. Nanomalzemelerin modifikasyonun Asfalt karışımlarının mekanik performansına etkisi

Tekerlek izi direnci, özellikle temel ve bağlayıcı tabakalar açısından, kaplamanın kalıcı deformasyona karşı gösterdiği dayanımı ifade eder (Martinho & Farinha, 2019). Asfalt karışımlarının tekerlek izi performansı, farklı deneysel yöntemlerle değerlendirilebilmektedir. Bu yöntemler arasında, yüksek sıcaklıklarda tekrarlı yüklemeler altında malzemenin biriktirdiği kalıcı deformasyonu ölçen trafik simülatörleri (örneğin asfalt yol analizörü) ve çeşitli mekanik test düzenekleri yer almaktadır. Mekanik yöntemler ise dinamik sürünme testlerini ve tekerlek yükleme deneylerini kapsamaktadır. Yapılan araştırmalar, nanokil katkısının asfalt karışımlarının tekerlek izi direncini artırmada etkili olduğunu göstermiştir (Abdullah et al., 2016; Ameri et al., 2016, 2017; Ezzat et al., 2016; Farias et al., 2016; Jamshidi et al., 2015).

Cai ve arkadaşları, asfalt karışımlarına eklenen %1 oranındaki nanosilikanın kalıcı deformasyonu %14 oranında azalttığını rapor etmiştir(Cai et al., 2018). Kordi ve Shafabakhsh, tekerlek yükleme testi ile yaptıkları çalışmada, %0,9 nano demir oksit katkısının asfalt karışımlarının tekerlek izi direncini artırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur(Kordi & Shafabakhsh, 2017). Bir diğer araştırmada, %4 oranında sıfır değerli demir katkısı, kalıcı deformasyonda %20'ye varan azalma sağlamıştır(J. M. L. Crucho et al., 2018). Ayrıca, nano titanyum dioksitin asfalt kaplamalarda tekerlek izi derinliğini azalttığı belirlenmiştir (Alhamali et al., 2016). Grafen nanoplakacıklarının asfalt karışımlarının tekerlek izi direncini artırdığı da başka bir çalışmada ortaya konulmuştur(Le et al., 2016). Arabani ve arkadaşları, kaplamaların tekerlek izi performansını değerlendirmek amacıyla dinamik sürünme testi uygulamış ve tekerlek izi derinliği dikkate alındığında, optimum karbon nanotüp (CNT) içeriğinin bağlayıcının ağırlıkça %1'i olduğunu tespit etmiştir(Arabani & Faramarzi, 2015). Marshall Stabilitesi, bir numunenin Marshall cihazı altında belirli bir yükleme hızıyla yüke maruz bırakıldığında, kırılma gerçekleşmeden önce taşıyabildiği maksimum yük (kN) olarak tanımlanmaktadır. Akış değeri ise kırılma anına kadar numunedeki dikey deformasyon miktarını (mm) ifade eder. Marshall Stabilitesi, bitümlü karışımların tekerlek izi oluşumuna ve yatay itme kuvvetlerine karşı gösterdiği direncin bir göstergesidir. Bu yöntem; uzun süreli statik yükler, araçların hızlanma ve frenleme hareketlerinden doğan gerilmeler, kesme etkileri, agrega kayıpları ve trafik kaynaklı dinamik yükleri dikkate alan bir performans ölçütü sunar(Ahmedzade & Sengoz, 2009). Bentonit kilinin asfalt karışımları üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, yaklaşık %20 bentonit katkısının Marshall Stabilitesi değerini yaklaşık %26,55 oranında artırdığı bulunmuştur(Ziari et al., 2015). Başka bir araştırmada ise, bağlayıcılara %40 grafit ve %0,3 karbon dolgu maddesi eklendikten sonra Marshall Stabilitesi değerinin %4 oranında arttığı rapor edilmiştir (X. Liu et al., 2014). Hasasinia ve arkadaşları, %8 oranında nanokil katkısının Marshall Stabilitesi, akış ve Marshall Katsayısı değerlerini sırasıyla %31, %12 ve %35 oranında iyileştirdiğini ortaya koymuştur(Hasaninia & Haddadi, 2018). Bununla birlikte, bir çalışmada polimer modifiyeli bitüm karışımlarının, PMB'deki polimer zincir matrisinin oluşumu nedeniyle lif katkılı bitüm karışımlarına kıyasla daha yüksek Marshall Stabilitesi değerleri sunduğu,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ancak akış değerlerinin ters bir eğilim gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca, nanokil içeriğinin artmasıyla Marshall Stabilitesi değerinin tekrar düşme eğilimi gözlemlenmiştir(Ameri et al., 2017). Nano modifiyeli asfalt betonu ise daha yüksek Marshall Stabilitesi değerleri sergilemektedir(Karahancer et al., 2014).

4. **Nanomalzemelerle ilgili Sorunlar**

Nanomalzemeler, yeraltı sularına sızma ihtimali veya asfalt kaplamaya sahip olmayan yollarda oluşan toz partikülleri aracılığıyla solunum yoluyla çevreye yayılabilmeleri nedeniyle potansiyel bir çevresel risk oluşturmaktadır. Ayrıca, inşaat ve bakım faaliyetleri sırasında zararlı nanomalzemelere maruz kalınması, saha çalışanlarının sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, iş sağlığı ve güvenliği konusu birincil öneme sahip kritik bir mesele haline gelmiştir. Dolayısıyla, işlevselleştirme ya da kapsülleme gibi uygun risk azaltıcı önlemlerin uygulanması gerekmektedir. Bununla birlikte, nanoteknoloji alanının halen gelişim aşamasında olması nedeniyle, bazı nanomalzemelerin ve ilgili ekipmanların maliyetleri oldukça yüksek seviyelerde seyretmektedir. Bu nedenle, nanomalzemelerin asfalt modifiye edici olarak kullanımı her durumda ekonomik açıdan sürdürülebilir olmayabilmektedir.

Nanoteknolojinin yol malzemeleri ve formülasyonlarına entegrasyonu hem malzeme bilimi hem de uygulamalı mühendislik açısından çeşitli teknik ve pratik zorlukları beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda üç temel güçlük öne çıkmaktadır. Birincisi, nanomalzemelerin asfalt sistemlerine entegrasyonunda, bileşimin kimyasal yapısı, malzeme içi mikro yapı ve arayüz etkileşimleri gibi karmaşık fizikokimyasal özelliklerin tam olarak anlaşılması gerekmektedir. Bu durum, nanomalzemelerin bağlayıcı içerisindeki dağılımı, stabilitesi ve etkinliği üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır. İkinci olarak, laboratuvar ölçeğinde elde edilen olumlu sonuçların büyük ölçekli asfalt üretim süreçlerine aktarılması, mühendislik prensiplerinin uygulamada yeniden uyarlanmasını gerektirmektedir. Nanomalzemelerin karışım homojenliği, dozaj optimizasyonu ve üretim sürecine entegrasyonu, endüstriyel ölçekte ciddi teknik zorluklar doğurabilmektedir. Üçüncü olarak, nanoteknolojinin yol mühendisliği uygulamalarında en yüksek fayda/maliyet oranını sağlayacak biçimde kullanımı, ekonomik sürdürülebilirlik ve uzun dönem performans açısından dikkatli bir tasarım yaklaşımını zorunlu kılmaktadır. Bu faktörler, nanomalzemelerin asfalt formülasyonlarında yaygın kullanımını sınırlamakta ve bu alanda daha kapsamlı araştırma ve optimizasyon çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır (Steyn, 2009). Ayrıca, nanomalzemelerin özellikleri büyük hacimlerde tedarik edildiğinde değişiklik gösterdiğinden, nanomalzemelerin çevre üzerindeki etkisi önemli bir çevresel sorun oluşturabilir. Asfaltlamalar açık alanlarda uygulandığından, tüm bileşenler doğal çevre üzerindeki etkilerini en aza indirecek şekilde formüle edilmelidir. Bu nedenle, nanomalzemelerin yeraltı suyuna sızması ve asfaltlanmamış yollarda toz oluşumu yoluyla havaya salınması, inşaat ve bakım çalışmaları sırasında tehlikeli maddeleri açığa çıkarabilir(Ataeian et al., 2023).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

5.Maliyet Değerlendirmesi

Asfalt kaplamalar, birkaç gram ölçeğinde malzemenin sentezlenip işlendiği nanoteknolojik uygulamalardan farklı olarak, tonlarca hacimde malzemenin kullanıldığı büyük ölçekli mühendislik sistemleridir. Nanomalzemelerin üretim süreçleri, genellikle yüksek saflıkta (≥%98) ve sıkı kontrollü koşullar altında küçük miktarlarda malzeme elde etmeye yönelik olduğundan, bu malzemelerin birim maliyetleri geleneksel kaplama malzemelerine kıyasla oldukça yüksektir. Bu yüksek maliyet, ileri teknoloji gerektiren ekipmanların kullanımı, enerji yoğun üretim süreçleri ve yüksek nitelikli personel ihtiyacı ile ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, nanomalzeme üretim maliyetlerinin zamanla azalma eğiliminde olduğu ve artan talep ile üretim teknolojilerindeki ilerlemelerin etkisiyle gelecekte daha ekonomik hale geleceği öngörülmektedir(J. Crucho et al., 2019).

Genel olarak, nanomalzemelerin maliyeti, sentez süreçleriyle ilişkili yüksek üretim giderleri nedeniyle, partikül boyut aralığına ve özgül yüzey alanına büyük ölçüde bağlıdır. Daha dar boyut dağılımına, yüksek saflığa ve geniş özgül yüzey alanına sahip nanomalzemelerin elde edilmesi, ileri düzey kontrol ve işleme teknikleri gerektirdiğinden üretim maliyetlerini artırmaktadır. Dolayısıyla, bu tür özelliklere sahip nanomalzemelerin nihai birim maliyetleri, daha düşük saflıkta veya daha geniş boyut aralığındaki ürünlere kıyasla belirgin biçimde daha yüksek olabilmektedir.

6. Sonuçlar

Bu derleme makalesi, nanomalzemelerin asfalt bağlayıcılar ve asfalt karışımlarında kullanımına ilişkin işlevsel ve performans temelli özelliklerin kapsamlı ve doğru bir biçimde anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Nanomalzemelerin en dikkat çekici özelliği, son derece küçük boyutlarıdır. Bu malzemeler; yüksek fonksiyonel yoğunluk, artmış hassasiyet, belirgin yüzey etkileri, geniş özgül yüzey alanı, yüksek çekme dayanımı ve yüksek katalitik aktivite gibi üstün niteliklere sahiptir. Nanomalzemeler, asfalt malzemelerinin mikro yapısal bileşenleriyle etkileşime girerek, asfalt kaplamaların mikroskobik mekanik davranışlarını doğrudan etkiler. Yol mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan nanomalzemeler arasında karbon nanotüpler (CNT), nanokil (NC), nanosilika (NS), nano titanyum dioksit (TiO_2), nano çinko oksit (ZnO), nano alüminyum oksit (Al_2O_3), nano demir oksit (Fe_3O_4), nano fosfor, nano hidratlı kireç ve grafen yer almaktadır. Bu nanomalzemeler, tek başlarına, polimerlerle birlikte ya da polimer katkılarına ek olarak kullanılabilmektedir.

Nanomalzemeler, asfalt bağlayıcının temel reolojik ve mekanik özellikleri üzerinde kayda değer iyileştirmeler sağlamaktadır; bu özellikler arasında viskozite, tekerlek izi direnci, yorulma performansı, sıcaklık hassasiyeti ve yaşlanma direnci yer almaktadır. Özellikle polimer modifiyeli bağlayıcılar (PMB'ler), depolama ve yüksek sıcaklık kararlılığı açısından bazı sınırlamalara sahip olup, bu bağlayıcıların yüksek sıcaklıklardaki performansını artırmak için nanomalzemelerin ilavesi etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Nanomalzemelerin bağlayıcıya eklenmesi, mikro ve nano ölçekli yapısal etkileşimler aracılığıyla bağlayıcıyı sertleştirir; bu durum, yüksek ve orta sıcaklık

koşullarında hem rijitlik hem de yük taşıma kapasitesi bakımından performans artışı sağlar. Ayrıca, nanomalzemelerin özellikle yüksek sıcaklıklarda bağlayıcıların sıcaklık hassasiyetini azaltıcı etkisi, termomekanik stabiliteyi artırarak asfalt kaplamaların deformasyona karşı direncini yükseltir. İnorganik nanomalzemelerin katmanlı yapısı ve yüksek özgül yüzeyi, oksijen ve diğer reaktif ortamlarla temasını minimize eden etkili bir bariyer mekanizması oluşturur; bu sayede asfalt bağlayıcının oksidatif yaşlanma ve fotokimyasal bozunmaya karşı direnci artırılır. Sonuç olarak, nanomalzemelerin stratejik kullanımı, asfalt bağlayıcıların performansını hem kısa vadeli mekanik dayanıklılık hem de uzun vadeli yaşlanma direnci açısından optimize etmeye imkân tanır.

Kaynaklar

Abdullah, M. E., Hainin, M. R., Yusoff, N. I. M., Zamhari, K. A., & Hassan, N. (2016). Laboratory evaluation on the characteristics and pollutant emissions of nanoclay and chemical warm mix asphalt modified binders. *Construction and Building Materials*, *113*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.068

Abdullah, M. E., Zamhari, K. A., Buhari, R., Kamaruddin, N. H. M., Nayan, N., Hainin, M. R., Hassan, N. A., Jaya, R. P., & Yusoff, N. I. M. (2015). A review on the exploration of nanomaterials application in pavement engineering. *Jurnal Teknologi*, *73*(4). https://doi.org/10.11113/jt.v73.4291

Ahmedzade, P., & Sengoz, B. (2009). Evaluation of steel slag coarse aggregate in hot mix asphalt concrete. *Journal of Hazardous Materials*, *165*(1–3). https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.09.105

Al-Sabaeei, A. M., Napiah, M., Sutanto, M., Alaloul, W., Md Yusoff, N. I., Imran Khan, M., & Modibbo Saeed, S. (2021). Physicochemical, rheological and microstructural properties of Nano-Silica modified Bio-Asphalt. *Construction and Building Materials*, *297*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123772

Albrka Ali, S. I., Ismail, A., Yusoff, N. I. M., Hassan, N. A., & Ibrahim, A. N. H. (2016). Characterization of the performance of aluminum oxide nanoparticles modified asphalt binder. *Jurnal Teknologi*, *78*(4). https://doi.org/10.11113/jt.v78.8003

Alhamali, D. I., Wu, J., Liu, Q., Hassan, N. A., Yusoff, N. I. M., & Ali, S. I. A. (2016). Physical and Rheological Characteristics of Polymer Modified Bitumen with Nanosilica Particles. *Arabian Journal for Science and Engineering*, *41*(4). https://doi.org/10.1007/s13369-015-1964-7

Aljbouri, H. J., & Albayati, A. H. (2023). Effect of nanomaterials on the durability of hot mix asphalt. *Transportation Engineering*, *11*. https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100165

Ameri, M., Mohammadi, R., Vamegh, M., & Molayem, M. (2017). Evaluation the effects of nanoclay on permanent deformation behavior of stone mastic asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, *156*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.055

Ameri, M., Nowbakht, S., Molayem, M., & Aliha, M. R. M. (2016). Investigation of fatigue and fracture properties of asphalt mixtures modified with carbon nanotubes. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, *39*(7). https://doi.org/10.1111/ffe.12408

Arabani, M., & Faramarzi, M. (2015). Characterization of CNTs-modified HMA's mechanical properties. *Construction and Building Materials*, *83*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.035

Ashish, P. K., & Singh, D. (2018). High- and Intermediate-Temperature Performance of Asphalt Binder Containing Carbon Nanotube Using Different Rheological Approaches. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *30*(1). https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002106

Ataeian, P., Cheon, J., Azimi Alamdary, Y., & Tam, K. C. (2023). Development of asphalt cements for road pavement using sustainable nanomaterials: A review. In *Journal of Vinyl and Additive Technology* (Vol. 29, Issue 4). https://doi.org/10.1002/vnl.21972

Ateş, H., & Bahçeci, E. (2015). Nano Malzemeler için Üretim Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji*, *3(2)*, 483–499.

Babagoli, R. (2020). Investigation of the High-Temperature Behavior of Asphalt Binders Modified by Warm Additives through Performance Grade and Multiple Stress Creep and Recovery System. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *32*(2). https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002997

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bhat, F. S., & Mir, M. S. (2021). Rheological investigation of asphalt binder modified with nanosilica. *International Journal of Pavement Research and Technology*, *14*(3). https://doi.org/10.1007/s42947-020-0327-2

Cai, L., Shi, X., & Xue, J. (2018). Laboratory evaluation of composed modified asphalt binder and mixture containing nano-silica/rock asphalt/SBS. *Construction and Building Materials*, *172*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.187

Cong, P., Chen, S., & Chen, H. (2012). Effects of diatomite on the properties of asphalt binder. *Construction and Building Materials*, *30*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.11.011

Crucho, J. M. L., Neves, J. M. C. das, Capitão, S. D., & Picado-Santos, L. G. de. (2018). Mechanical performance of asphalt concrete modified with nanoparticles: Nanosilica, zero-valent iron and nanoclay. *Construction and Building Materials*, *181*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.052

Crucho, J., Picado-Santos, L., Neves, J., & Capitão, S. (2019). A review of nanomaterials' effect on mechanical performance and aging of asphalt mixtures. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 18). https://doi.org/10.3390/app9183657

de Melo, J. V. S., & Trichês, G. (2017). Evaluation of properties and fatigue life estimation of asphalt mixture modified by organophilic nanoclay. *Construction and Building Materials*, *140*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.143

Ezzat, H., El-Badawy, S., Gabr, A., Zaki, E. S. I., & Breakah, T. (2016). Evaluation of Asphalt Binders Modified with Nanoclay and Nanosilica. *Procedia Engineering*, *143*. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.119

Farias, L. G. A. T., Leitinho, J. L., Amoni, B. de C., Bastos, J. B. S., Soares, J. B., Soares, S. de A., & de Sant'Ana, H. B. (2016). Effects of nanoclay and nanocomposites on bitumen rheological properties. *Construction and Building Materials*, *125*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.127

Fini, E. H., Hajikarimi, P., Rahi, M., & Moghadas Nejad, F. (2016). Physiochemical, Rheological, and Oxidative Aging Characteristics of Asphalt Binder in the Presence of Mesoporous Silica Nanoparticles. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *28*(2). https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001423

Gao, B., Xu, N., & Xing, P. (2019). Shock wave induced nanocrystallization during the high current pulsed electron beam process and its effect on mechanical properties. *Materials Letters*, *237*. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2018.11.054

Golestani, B., Moghadas Nejad, F., & Sadeghpour Galooyak, S. (2012). Performance evaluation of linear and nonlinear nanocomposite modified asphalts. *Construction and Building Materials*, *35*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.03.010

Guo, W., Guo, X., Chang, M., & Dai, W. (2018). Evaluating the effect of hydrophobic nanosilica on the viscoelasticity property of asphalt and asphalt mixture. *Materials*, *11*(11). https://doi.org/10.3390/ma11112328

Hasaninia, M., & Haddadi, F. (2018). Studying Engineering Characteristics of Asphalt Binder and Mixture Modified by Nanosilica and Estimating Their Correlations. *Advances in Materials Science and Engineering*, *2018*. https://doi.org/10.1155/2018/4560101

Iskender, E. (2016). Evaluation of mechanical properties of nano-clay modified asphalt mixtures. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *93*. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.07.045

Jahromi, S. G., & Khodaii, A. (2009). Effects of nanoclay on rheological properties of bitumen binder. *Construction and Building Materials*, *23*(8). https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.02.027

Jamshidi, A., Mohd Hasan, M. R., Yao, H., You, Z., & Hamzah, M. O. (2015). Characterization of the rate of change of rheological properties of nano-modified asphalt. *Construction and Building Materials*, *98*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.069

Jeoffroy, E., Koulialias, D., Yoon, S., Partl, M. N., & Studart, A. R. (2016). Iron oxide nanoparticles for magnetically-triggered healing of bituminous materials. *Construction and Building Materials*, *112*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.159

Karahancer, S. S., Kiristi, M., Terzi, S., Saltan, M., Oksuz, A. U., & Oksuz, L. (2014). Performance evaluation of nano-modified asphalt concrete. *Computers and Chemical Engineering*, *71*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.072

Khattak, M. J., Khattab, A., Rizvi, H. R., & Zhang, P. (2012). The impact of carbon nano-fiber modification on asphalt binder rheology. *Construction and Building Materials*, *30*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.022

Kordi, Z., & Shafabakhsh, G. (2017). Evaluating mechanical properties of stone mastic asphalt modified with Nano Fe2O3. *Construction and Building Materials*, *134*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.202

Le, J., Marasteanu, M., & Turos, M. (2016). Graphene Nanoplatelet (GNP) Reinforced Asphalt Mixtures: A Novel Multifunctional Pavement Material. *IDEA Program Final Report NCHRP 173*, *January*.

Li, B. (2021). Cost-effectiveness of nanomaterial applied road paving. *Ferroelectrics*, *581*(1). https://doi.org/10.1080/00150193.2021.1906129

Li, R., Xiao, F., Amirkhanian, S., You, Z., & Huang, J. (2017). Developments of nano materials and technologies on asphalt materials – A review. In *Construction and Building Materials* (Vol. 143). https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.158

Liu, C. H., Zhang, H. L., Li, S., & Zhu, C. Z. (2014). The effect of surface-modified nano-titania on the ultraviolet aging properties of bitumen. *Petroleum Science and Technology*, *32*(24). https://doi.org/10.1080/10916466.2014.938825

Liu, X., Liu, W., Wu, S., & Wang, C. (2014). Effect of carbon fillers on electrical and road properties of conductive asphalt materials. *Construction and Building Materials*, *68*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.059

Martinho, F. C. G., & Farinha, J. P. S. (2019). An overview of the use of nanoclay modified bitumen in asphalt mixtures for enhanced flexible pavement performances. *Road Materials and Pavement Design*, *20*(3). https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1408482

Nejad, F. M., Tanzadeh, J., Soozangar, M., & Otadi, A. (2016). Performance Evaluation of the Impact of Modified Silica Nano-Materials on the Hydrophobicity of Hot-Mix Asphalt. *International Conference on Transportation and Development 2016: Projects and Practices for Prosperity - Proceedings of the 2016 International Conference on Transportation and Development*. https://doi.org/10.1061/9780784479926.101

Nejad, F. M., Tanzadeh, R., Tanzadeh, J., & Hamedi, G. H. (2016). Investigating the effect of nanoparticles on the rutting behaviour of hot-mix asphalt. *International Journal of Pavement Engineering*, *17*(4). https://doi.org/10.1080/10298436.2014.993194

Onochie, A. C., Fini, E. H., Yang, X., Mills-Beale, J., & You, Z. (2013). Rheological Characterization of Nanoparticle-Based Biomodified Binder. *2013 TRB Annual Meeting*.

Porto, M., Caputo, P., Loise, V., Eskandarsefat, S., Teltayev, B., & Rossi, C. O. (2019). Bitumen and bitumen modification: A review on latest advances. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 4). https://doi.org/10.3390/app9040742

Santagata, E., Baglieri, O., Tsantilis, L., Chiappinelli, G., & Brignone Aimonetto, I. (2015). Effect of sonication on high temperature properties of bituminous binders reinforced with nano-additives. *Construction and Building Materials*, *75*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.021

Santagata, E., Baglieri, O., Tsantilis, L., & Dalmazzo, D. (2012). Rheological Characterization of Bituminous Binders Modified with Carbon Nanotubes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *53*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.905

Shafabakhsh, G., Aliakbari Bidokhti, M., & Divandari, H. (2021). Evaluation of the performance of SBS/Nano-Al2O3 composite-modified bitumen at high temperature. *Road Materials and Pavement Design*, *22*(11). https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1772351

Shakrani, S. A., Ayob, A., Rahim, M. A. A., & Alias, S. (2018). Performance of nano materials in pervious concrete pavement: A review. *AIP Conference Proceedings*, *2030*. https://doi.org/10.1063/1.5066649

Steyn, W. J. M. (2009). Potential applications of nanotechnology in pavement engineering. *Journal of Transportation Engineering*, *135*(10). https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2009)135:10(764)

Sultana, S., & Bhasin, A. (2014). Effect of chemical composition on rheology and mechanical properties of asphalt binder. *Construction and Building Materials*, *72*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.022

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Wang, P., Dong, Z. jiao, Tan, Y. qiu, & Liu, Z. yang. (2017). Effect of multi-walled carbon nanotubes on the performance of styrene–butadiene–styrene copolymer modified asphalt. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, *50*(1). https://doi.org/10.1617/s11527-016-0890-9

Wang, R., Yue, J., Li, R., & Sun, Y. (2019). Evaluation of Aging Resistance of Asphalt Binder Modified with Graphene Oxide and Carbon Nanotubes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *31*(11). https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002934

Wu, S., & Tahri, O. (2021). State-of-art carbon and graphene family nanomaterials for asphalt modification. *Road Materials and Pavement Design*, *22*(4). https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1642946

Xu, G., Wang, H., & Zhu, H. (2017). Rheological properties and anti-aging performance of asphalt binder modified with wood lignin. *Construction and Building Materials*, *151*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.151

Yang, J., & Tighe, S. (2013). A Review of Advances of Nanotechnology in Asphalt Mixtures. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *96*. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.144

Yang, Q., Li, X., Zhang, L., Qian, Y., Qi, Y., Kouhestani, H. S., Shi, X., Gui, X., Wang, D., & Zhong, J. (2020). Performance evaluation of bitumen with a homogeneous dispersion of carbon nanotubes. *Carbon*, *158*. https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.11.013

Yao, H., You, Z., Li, L., Lee, C. H., Wingard, D., Yap, Y. K., Shi, X., & Goh, S. W. (2013). Rheological Properties and Chemical Bonding of Asphalt Modified with Nanosilica. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *25*(11). https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000690

You, Z., Mills-Beale, J., Foley, J. M., Roy, S., Odegard, G. M., Dai, Q., & Goh, S. W. (2011). Nanoclay-modified asphalt materials: Preparation and characterization. *Construction and Building Materials*, *25*(2). https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.06.070

YU, J., YANG, N., YU, H., Shekhovtsova, S., & Korolev, E. (2020). Comparative Analysis of Rheological Properties and Modification Mechanism of SBS-Graphene Composite Modified Binder. *Research and Application of Materials Science*, *2*(1). https://doi.org/10.33142/msra.v2i1.2023

Zapién-Castillo, S., Rivera-Armenta, J. L., Chávez-Cinco, M. Y., Salazar-Cruz, B. A., & Mendoza-Martínez, A. M. (2016). Physical and rheological properties of asphalt modified with SEBS/montmorillonite nanocomposite. *Construction and Building Materials*, *106*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.099

Zare-Shahabadi, A., Shokuhfar, A., & Ebrahimi-Nejad, S. (2010). Preparation and rheological characterization of asphalt binders reinforced with layered silicate nanoparticles. *Construction and Building Materials*, *24*(7). https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.013

Zhang, L., Zhang, F., Huang, K., Zhou, S., & Guo, Y. (2021). Preparation and Performance of Graphene Nanoplatelets-Modified Epoxy Asphalt. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, *35*(6). https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001661

Ziari, H., Amini, A., Goli, A., & Mirzaeiyan, D. (2018). Predicting rutting performance of carbon nano tube (CNT) asphalt binders using regression models and neural networks. *Construction and Building Materials*, *160*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.071

Ziari, H., Babagoli, R., & Akbari, A. (2015). Investigation of fatigue and rutting performance of hot mix asphalt mixtures prepared by bentonite-modified bitumen. *Road Materials and Pavement Design*, *16*(1). https://doi.org/10.1080/14680629.2014.982156

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

UV IŞINI İLE KÜRLENMİŞ BİTKİ BAZLI REÇİNE KOMPOZİTLERİNDE ÇAY ATIĞI TAKVİYESİNİN SU EMME DAVRANIŞINA ETKİSİ

Mustafa Sami ATA[1*] , Hakan KAZAN[2]

[*1]Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez, Amasya. [2]Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez, Amasya.
ORCID Code: [1]0000-0003-0944-4276
[2]0000-0001-7745-8974

ÖZET

Plastik atıkların çevresel etkileri, sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklara dayalı yeni malzemelerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, çevre dostu ve biyobozunur özelliklere sahip **bitki bazlı reçine** kullanılarak, %1, %5 ve %10 oranlarında öğütülmüş çay atığı ile takviye edilmiş kompozitler üretilmiş ve **ultraviyole (UV) ışığı ile kürleme yöntemi** uygulanmıştır. Çay atığı, yüksek selüloz ve lignin içeriği sayesinde biyokompozit üretiminde yenilenebilir ve düşük maliyetli bir takviye malzemesi olarak tercih edilmiştir. Ancak lignoselülozik yapıların hidrofilik özellik göstermesi, **su emme (nem alma) davranışı** açısından kritik bir mühendislik sorunudur ve malzemenin boyutsal kararlılığı ile mekanik dayanımını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle çalışmada, farklı oranlarda çay atığı içeren UV ile sertleşmiş biyobazlı kompozitlerin **su emme özellikleri** incelenmiş, dolgu miktarının su tutma kapasitesine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çay atığı takviyesinin oranına bağlı olarak su emme miktarının değiştiğini ve bu davranışın biyobazlı UV reçinelerin nem dayanımını iyileştirme veya optimize etme çalışmalarında önemli bir kriter olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tarımsal atıkların ileri katma değerli malzemelere dönüştürülmesine katkı sağlamayı ve **sürdürülebilir, çevre dostu kompozitlerin** geliştirilmesine bilimsel temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: UV kürleme, biyokompozit, sıfır atık, çay atığı, su emme davranışı

WATER ABSORPTION BEHAVIOR OF UV-CURED PLANT-BASED RESIN COMPOSITES REINFORCED WITH TEA WASTE

ABSTRACT

The growing environmental concerns associated with plastic waste have accelerated the development of sustainable and renewable polymer-based materials. In this study, environmentally friendly and biodegradable plant-based resin composites were produced by incorporating 1, 5, and 10 wt.% ground tea waste as a natural filler, followed by ultraviolet (UV) light curing. Tea waste was selected due to

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

its high cellulose and lignin content, offering a renewable and cost-effective reinforcement source. However, the hydrophilic nature of lignocellulosic fillers represents a major challenge, as it significantly influences the water absorption behavior, dimensional stability, and long-term mechanical performance of bio-composites. Therefore, this work investigates the moisture uptake characteristics of UV-cured plant-based resin composites reinforced with varying tea waste loadings and analyzes the effect of filler content on the water absorption capacity. The results indicate that water absorption is strongly dependent on the tea waste content, suggesting that optimizing filler levels can be crucial for improving the moisture resistance of UV-cured bio-based resins. This study contributes to the valorization of agricultural waste into high-value materials and provides a scientific foundation for the development of eco-friendly, sustainable composites.

Keywords: UV curing, biocomposites, zero waste, tea waste, water absorption behavior

GİRİŞ

Plastik kirliliği, küresel ölçekte ciddi bir çevresel sorun hâline gelmiş ve sürdürülebilir malzeme geliştirme arayışlarını hızlandırmıştır. Petrol bazlı termoplastikler (örneğin polietilen, polipropilen) doğada yüzyıllar boyunca bozulmadan kalabilmekte ve geri dönüşüm süreçleri çoğu zaman enerji yoğun ve ekonomik açıdan sınırlayıcıdır (Geyer vd., 2017). Bu nedenle, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve biyobozunur özellik gösteren bitki bazlı reçineler, çevre dostu kompozit üretiminde önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (Gaspar., 2005). Özellikle polilaktik asit (PLA) ve termoplastik nişasta (TPS) gibi biyopolimerler; düşük karbon ayak izi, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve iyi mekanik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir (Butylina., 2010). Ancak, biyobazlı polimerlerin yaygın endüstriyel kullanımında karşılaşılan en önemli zorluklardan biri su emme (water absorption) davranışıdır. Doğal ve bitkisel kaynaklı katkıların çoğu hidrofilik yapıda olup, polimer matrisle yeterince uyum sağlayamadığında kompozitin mekanik dayanımı, boyutsal kararlılığı ve uzun süreli performansı olumsuz etkilenmektedir (Sahu ve Gupta, 2022). Özellikle hidroksil (-OH) gruplarına sahip lignoselülozik lifler ve bitki atıkları, çevresel nem veya su ile temas ettiğinde şişerek matris–takviye ara yüzünde gerilme ve ayrışmaya neden olur (Azwa vd., 2013). Bu durum, kompozitlerin dış ortam, deniz suyu veya nemli koşullarda kullanılabilirliğini sınırlandırır (Sahu ve Gupta, 2022). Kompozitlerde suyun ilerlemesi; polimer zincirlerinin mikro boşluklarına difüzyon, zayıf ıslanma veya boşluklar boyunca kapiller hareket ve takviye liflerin şişmesiyle matris çatlaklarından geçiş süreçleriyle gerçekleşir (Azwa vd., 2013). Hidrofilik takviyelerden kaynaklanan şişme, ara yüzeyde kesme gerilmeleri ve debonding oluşturarak malzemenin mekanik bütünlüğünü bozar (Dhakal vd. 2007). Nitekim su emilimi sonrası çekme, eğilme ve darbe dayanımında %10–30'a varan azalmalar rapor edilmiştir (Naik vd., 2019). Bu bağlamda, su emme davranışının kontrol edilmesi ve azaltılması, biyobazlı kompozitlerin dış ortam koşullarında güvenle kullanılabilmesi için kritik bir araştırma alanı hâline gelmiştir. Son yıllarda tarımsal ve gıda endüstrisi atıklarının yüksek katma değerli malzeme üretiminde değerlendirilmesi, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

hedefleriyle uyumlu bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Moustafa vd., 2016). Çay üretimi sırasında açığa çıkan bitkisel atıklar, yüksek selüloz ve lignin içeriği sayesinde kompozit üretiminde potansiyel dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir . Bu tür doğal dolgu maddeleri hem düşük maliyetli ve hafif yapıları hem de yenilenebilir olmaları nedeniyle çevresel açıdan cazip olsa da, hidrofilik karakterleri su emilimini artırarak boyutsal kararlılığı ve mekanik dayanımı olumsuz etkileyebilir (Butylina et al., 2010). Ayrıca, kullanılan matrisin kimyasal yapısı ve çapraz bağ yoğunluğu da suyun difüzyon hızını ve kompozitlerin nem direncini önemli ölçüde etkilemektedir (Gaspar et al., 2005). UV ışınıyla sertleşen reçineler, düşük enerji tüketimi, hızlı kürlenme süresi ve çözücü gerektirmemesi nedeniyle sürdürülebilir üretim yaklaşımlarıyla uyumlu yenilikçi bir yöntem sunar (Ligon vd., 2014). Bu yöntem, özellikle bitki bazlı akrilat veya epoksi türevli reçinelerle birleştiğinde çevre dostu kompozit üretiminde dikkat çekmektedir (Moustafa vd., 2015). Ancak, UV ile sertleşen biyoreçinelerin suya dayanıklılığının artırılması hâlen kritik bir mühendislik problemidir. Su emilimini azaltmak için dolgu oranı, parçacık boyutu, yüzey işlemleri ve matris modifikasyonları önemli parametreler olarak öne çıkmaktadır (Balan vd., 2020). Literatürde su emme davranışının mekanik özelliklere etkisi kapsamlı şekilde incelenmiş; örneğin Butylina ve arkadaşları (2010), ahşap tozu takviyeli PLA ve PP kompozitlerde nem döngülerinin eğilme dayanımında %20–60 oranında düşüşe yol açtığını rapor etmiştir. Sahu ve Gupta (2020), selülozik fiber takviyeli biyokompozitlerde su emmesinin çekme dayanımını %10–18, eğilme dayanımını %10–21 azalttığını belirtmiştir. Balan ve arkadaşları (2020), atık plastik ve deniz kabuğu tozu takviyeli epoksi kompozitlerin su emilimini Taguchi L9 deney tasarımıyla optimize etmiş ve dolgu tipi ile oranının kritik parametreler olduğunu göstermiştir. Gaspar ve arkadaşları (2005) ise nişasta bazlı biyoplastiklerde doğal polimer takviyelerinin su emilimini azaltma potansiyelini vurgulamıştır. Bu çalışmada, çevresel açıdan sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenerek bitki bazlı reçine matrisine %1, %5 ve %10 oranlarında çay atığı tozu ilave edilmiş ve UV ışınlarıyla kürlenerek kompozit malzemeler üretilmiştir. Çay atığı katkısının su emme davranışına ve dolaylı olarak kompozitin mekanik ve boyutsal kararlılığına etkisinin anlaşılması, özellikle dış ortam koşullarına maruz kalan yapı, otomotiv ve ambalaj gibi endüstriyel uygulamalar için kritik önem taşımaktadır.

MALZEME ve YÖNTEM

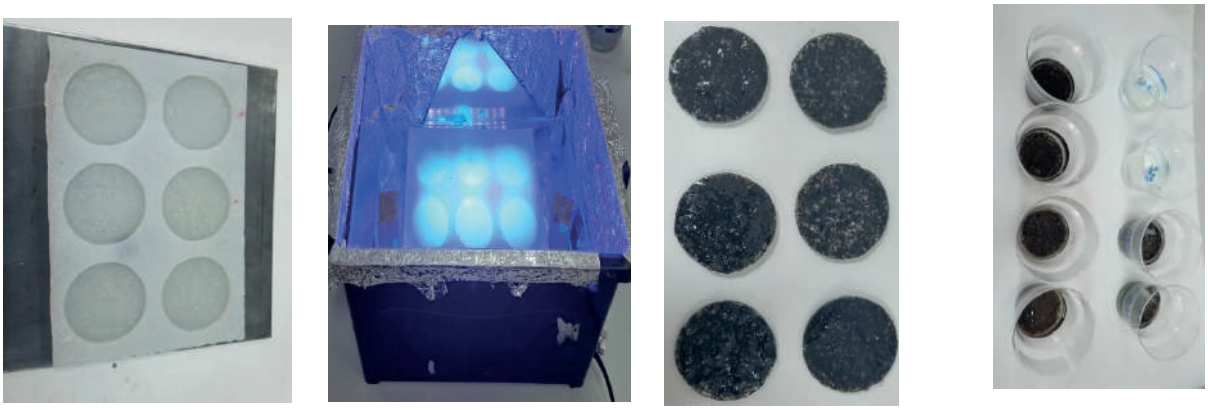
Bu çalışmada matris fazı olarak, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve UV ışığı altında kürlenebilen bitki esaslı Anycubic reçine kullanılmıştır. Söz konusu reçinenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen biyopolimer esaslı kimyasal yapısı ve yaklaşık **6–8 dakikalık önerilen hızlı fotopolimerizasyon süresi,** Tablo 1'de sunulan teknik özelliklerle birlikte matris malzeme seçiminde belirleyici rol oynamıştır. Takviye bileşeni olarak ise, ülkemizde yaygın biçimde tüketilen ve çoğunlukla atık hâline gelerek geri kazanılmadan bertaraf edilen **çay artıkları,** sürdürülebilir malzeme kullanımı hedefiyle değerlendirilmiştir. Sırasıyla %1,5 ve 10 çay atığı katkılı karışımlar hazırlanarak 300 rpm hızda 5 dk boyunca karıştırılarak silikon kalıplara döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

sonra silikon kalıp UV kürleme odasına yerleştirilerek 6 dk boyunca kürleme işlemi uygulanmıştır. Ardından, numuneler saf su içeresinde bekletilerek ağırlıkları ölçülmüştür. Hem numune ebatları hem de su emme kapasiteleri için ASTM D 570 – 98 takip edilmiştir. Şekil 1' de uygulama adımları gösterilmiştir.

Tablo 1. Anycubic bitki bazlı UV reçinenin temel malzeme özellikleri

Özellik	**Değer / Aralık**
UV dalga boyu	355 – 410 nm
Yoğunluk (Solid Density)	1.05 – 1.25 g/cm³
Viskozite (25°C)	150 – 350 MPa·s
Termal deformasyon sıcaklığı	>55 ± 5 °C
Çekme dayanımı (Extension Strength)	35 – 45 MPa
Kopma uzaması (Elongation at Break)	8 – 12 %
Eğilme dayanımı (Bending Strength)	40 – 50 MPa
Büzülme (Shrinkage)	1.88 – 2.45 %
Sertlik (Hardness)	89 D
Termal genleşme katsayısı (Thermal Expansion)	95 ×10⁻⁶



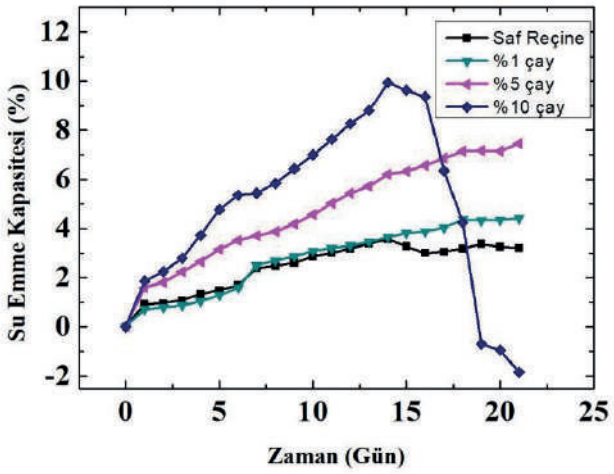
Şekil 1: Su emme testi işlem basamakları

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BULGULAR ve TARTIŞMA

Su emme testlerinden elde edilen sonuçlar, çay atığı oranının artışıyla birlikte numunelerin su tutma eğiliminde belirgin bir değişim olduğunu göstermiştir. Şekil 2 verilerine göre saf reçine, en düşük su emme kapasitesine sahip malzeme olarak öne çıkmıştır. Bu durum, reçinenin düşük gözenekliliği ve yüksek çapraz bağ yoğunluğu nedeniyle suyun polimer zincirleri arasına difüze olmasının zorlaşmasıyla açıklanabilir.

%1 oranında çay atığı katkısı, saf reçineye kıyasla hafif bir artışa neden olmuştur. Bu seviyede dolgu miktarı, reçine içerisinde homojen dağılmış olup mikro boşlukları kısmen doldurmuştur. %5 oranında çay atığı içeren numunelerde su emme miktarı belirgin biçimde artmıştır. Bu artışın temel nedeni, dolgu partiküllerinin reçine içerisinde homojenliğini kaybetmesi, arayüzeylerde mikro boşlukların ve su yollarının oluşmasıdır. %10 oranında çay atığı içeren numunelerde ise su emme oranı maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bu numunelerde dolgu partikülleri arasında aglomerasyonun yoğunlaştığı, reçine fazının sürekliliğini kaybettiği ve dolayısıyla suyun hem yüzeyden hem de arayüzey boşluklarından hızla ilerlediği görülmüştür.



Şekil 2: Zamana bağlı su emme kapasitesi

Genel olarak, su emme oranının dolgu oranı ile doğru orantılı biçimde arttığı belirlenmiştir. Düşük oranlı çay katkıları suyun polimer fazına ilerlemesini sınırlayarak boyutsal kararlılığı korurken, yüksek oranlı katkılar malzemenin suya karşı direncini düşürmüştür. Bu eğilim, lignoselülozik dolgu malzemelerinin hidrofilik yapısından kaynaklanan klasik nem tutma davranışıyla uyumludur. Sonuç olarak, optimum dolgu oranının hem çevresel sürdürülebilirlik hem de mekanik performans açısından dikkatle belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

SONUÇ

Bu çalışmada, bitki bazlı UV ile kürlenebilen reçine matrisi kullanılarak, farklı oranlarda (%1, %5 ve %10) çay atığı tozu katkılı kompozitler üretilmiş ve su emme davranışları incelenmiştir. Elde edilen bulgular, çay atığı miktarının artışıyla birlikte kompozitlerin su emme kapasitesinin belirgin biçimde yükseldiğini ortaya koymuştur. Bu artış, lignoselülozik yapıların doğal hidrofilik karakterinden ve yüksek katkı oranlarında oluşan gözenekli mikro yapıdan kaynaklanmaktadır. Düşük su emme oranına sahip numuneler (saf reçine ve %1 katkılı kompozitler), nem dayanımı ve boyutsal kararlılığın önemli olduğu uygulamalar için uygundur. Bu tür sistemler, elektronik muhafazalar, optik kaplamalar, otomotiv iç yüzey panelleri, koruyucu şeffaf kaplamalar ve dış cephe yalıtım sistemleri gibi ortamlarda kullanılabilir. Düşük nem geçirgenliği, bu uygulamalarda uzun ömür ve yüksek mekanik stabilite sağlamaktadır. Öte yandan, yüksek su emme kapasitesine sahip %5 ve %10 oranlı numuneler, nem tutma veya su depolama özelliği istenen uygulamalarda değerlendirilebilir. Örneğin, akustik yalıtım panelleri, bitki yetiştirme ortamları, nem dengeleyici paketleme malzemeleri ve filtre sistemleri gibi kullanım alanlarında bu özellik avantaj oluşturabilir.

KAYNAKLAR

Azwa, Z. N., Yousif, B. F., Manalo, A. C., & Karunasena, W. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. Materials & Design, 47, 424–442. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.11.025

Balan, G. S., Kumar, V. S., Rajaram, S., & Ravichandran, M. (2020). Investigation on water absorption and wear characteristics of waste plastics and seashell powder reinforced polymer composite. Jurnal Tribologi, 27, 57–70.

Bharath Naik, K., et al. (2019). Effect of moisture absorption on the mechanical behavior of natural fiber reinforced composites. Materials Today: Proceedings, 18, 3892–3898.

Butylina, S., Martikka, O., & Kärki, T. (2010). Comparison of water absorption and mechanical properties of wood–plastic composites made from polypropylene and polylactic acid. Wood Material Science and Engineering, 5(3–4), 220–228. https://doi.org/10.1080/17480272.2010.532233

Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., & Richardson, M. O. W. (2007). Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. Composites Science and Technology, 67(7–8), 1674–1683.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances, 3(7), e1700782.

Gaspar, M., Benkő, Z., Dogossy, G., Réczey, K., & Czigány, T. (2005). Reducing water absorption in compostable starch-based plastics. Polymer Degradation and Stability, 90(3), 563–569. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2005.03.012

Ligon, S. C., Husár, B., Wutzel, H., Holman, R., & Liska, R. (2014). Strategies to reduce water sensitivity of photopolymers for additive manufacturing. Chemical Reviews, 114(1), 557–589.

Moustafa, H., Guizani, C., & Doghri, I. (2016). Sustainable bio-based composites from agricultural waste: Water resistance and mechanical performance. Composites Part B, 97, 292–304.

Moustafa, H., et al. (2015). Thermal and mechanical properties of seashell-filled ABS composites. Polymer Testing, 48, 82–92.

Sahu, P., & Gupta, M. K. (2022). Water absorption behavior of cellulosic fibres polymer composites: A review on its effects and remedies. Journal of Industrial Textiles, 51(5_suppl), 7480S-7512S.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FİLAMENT ATIKLARINDAN TAKVİYELENDİRİLMİŞ YÜZER GES PLATFORMU ELDE EDİLMESİNİN İNCELENMESİ

Mustafa AKYOL[1] , Hakan KAZAN[2*]

[1]Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Merkez, Amasya.
[*2]Amasya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez, Amasya.
ORCID Code: [1]0009-0006-7896-125X
[2]0000-0001-7745-8974

ÖZET

Bu çalışma, yüzer güneş enerjisi santrallerinde (YGES) platform malzemesi olarak yaygın şekilde kullanılan Yüksek Yoğunluklu Polietilen'e (HDPE) sürdürülebilir bir alternatif geliştirmeyi amaçlamaktadır. Alternatif malzeme, atık 3D yazıcı ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren) plastiklerinin geri dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Atık ABS parçaları, kırma, öğütme ve ekstrüzyon işlemleri ardından granül hale getirilmiş; %2,5, %10 ve %20 toplam dolgu oranlarında kalsit ve iğde çekirdeği unu katkıları ile üç farklı kompozisyon hazırlanmıştır. Bu granüllerden enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen numunelerin mekanik performansı, ASTM D256 standardına uygun çentikli darbe (İzod) testi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, %95 atık ABS, %2,5 kalsit ve %2,5 iğde çekirdeği ununden oluşan kompozisyonun 5,031 kJ/m²'lik en yüksek darbe dayanımına ulaştığını göstermiştir. Bu değer, saf HDPE'nin darbe dayanımına (8,5 kJ/m²) yakın olup, geri dönüştürülmüş HDPE'nin (6,46 kJ/m²) performansını geçmektedir. Bu durum, düşük dolgu oranlarındaki kompozitlerin HDPE ile rekabet edebilecek tokluk sergileyebileceğini kanıtlamaktadır. Buna karşılık, dolgu oranı arttıkça darbe dayanımının önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiş; %20 dolgu oranındaki kompozisyonda (Kompozisyon 3) dayanım 2,156 kJ/m²'ye düşerek malzemenin gevrek bir davranış sergilediği tespit edilmiştir. Bu bulgular, atık ABS'den üretilen kompozit malzemelerin, özellikle düşük dolgu oranlarında, yüzer GES platformları gibi yapısal uygulamalarda HDPE'ye çevreci, ekonomik ve sürdürülebilir bir alternatif olma potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atık ABS, Geri Dönüşüm, Yüzer Güneş Enerjisi Santrali (YGES), HDPE

MANUFACTURING A FLOATING SPP PLATFORM BY RECYCLING WASTE PLASTICS

ABSTRACT

This study aims to develop a sustainable alternative to High-Density Polyethylene (HDPE), commonly used as a platform material in Floating Photovoltaic (FPV) systems, by recycling waste 3D printer ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) plastics. Waste ABS parts were converted into granules through shredding, grinding, and extrusion processes. Three different composite compositions were prepared with total filler ratios of 5%, 10%, and 20%, using calcite and oleaster seed flour as

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

additives. The mechanical performance of specimens produced via injection molding from these granules was evaluated using notched Izod impact tests according to the ASTM D256 standard. The results demonstrated that the composition comprising 95% waste ABS, 2.5% calcite, and 2.5% oleaster seed flour achieved the highest impact strength of 5.031 kJ/m². This value is comparable to the impact strength of virgin HDPE (8.5 kJ/m²) and exceeds the performance of recycled HDPE (6.46 kJ/m²), proving that composites with low filler ratios can exhibit toughness competitive with HDPE. In contrast, as the filler ratio increased to 20% (Composition 3), the impact strength significantly decreased to 2.156 kJ/m², and the material exhibited brittle behavior. These findings indicate that composite materials produced from waste ABS, particularly at low filler ratios, have the potential to serve as an eco-friendly, economical, and sustainable alternative to HDPE in structural applications such as FPV platforms.

Keywords: Waste ABS, Recycling, Floating Photovoltaic (FPV) Power Plant, HDPE

GİRİŞ

Son dönemde, yenilenebilir enerji kullanımı küresel ölçekte hızlı bir yükseliş içindedir. Güneş enerjisi ise kolay erişilebilir ve sürdürülebilir olması sebebiyle, dünyanın dört bir yanında en fazla gelecek vaat eden kaynakların başında gelmektedir (Kumar vd. 2013). Kara üzerine kurulu geleneksel güneş santrallerinin arazi kısıtlamaları ve faaliyet aşamasındaki yüksek su tüketimi gibi dezavantajlarına karşılık, yüzer fotovoltaik (PV) sistemler sürdürülebilir ve yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (Şahani, 2021). Bunun dışında Yüzer güneş enerjisi santralleri, karaya kurulu geleneksel güneş tarlalarının aksine, doğal bitki örtüsünün yok olması, kuş popülasyonuna verilen zarar, toprağın aşınması, ani sel baskınları ve bölgesel iklim koşulları üzerindeki olumsuz etkiler gibi ekolojik problemleri büyük ölçüde önlediği için ekosistem açısından daha sürdürülebilir bir seçenektir (Mittal vd., 2024).

Yüzer Güneş Enerji Santralleri; yüzer platform, fotovoltaik paneller, bağlama sistemi, underwater kablolar ve invertör ve şalter sisteminden oluşmaktadır. Yüzer platformlarda malzeme olarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kullanılmaktadır. HDPE, bükülme direnci yüksek, yarı şeffaf ve mum benzeri bir yapıda olup; ağır atmosfer şartlarına ve -60°C'ye varan soğuklara karşı dayanıklıdır. Üst düzey kimyasal dirence sahip bu malzeme, aynı zamanda UV ışınlarının yol açtığı bozulmalara karşı da uzun yıllar boyunca dayanıklı kalabilir (Ingole vd., 2024). Yüzer güneş enerjisi sistemlerinde tercih edilen platformlar, büyük oranda ultraviyole ışınlarına karşı dirençli, paslanmaz, düşük bakım gereksinimli, yeniden işlenebilir ve çekme dayanımı yüksek olan HDPE malzemeden üretilmektedir. Bu tercihin temel nedeni, HDPE'nin söz konusu teknik özellikleri bir arada sunabilmesidir (Sahu vd., 2016). Ayrıca suya herhangi bir zararı olmadığı için su yüzeylerine güvenle monte edilebilir (Desai vd., 2017).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

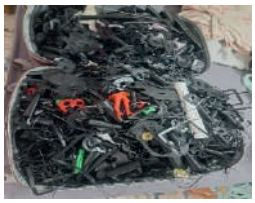
Yüzer platformların imalında kullanılan yüksek yoğunluklu polietilenin Avantajları olduğu gibi dezavantajları vardır. 2015 yılına ait veriler incelendiğinde; PET malzemelerin yaklaşık %18'i geri kazanılırken, bu oran HDPE'de %10 oranında kalmıştır (https://www.plasticsforchange.org/). HDPE'de tekrar eden ekstrüzyon döngüleri sırasında önemli yapısal değişiklikler meydana gelir. Bu çapraz bağlanma, malzemenin viskozitesinde beş kata kadar artışa neden olabilir, bu da işlemeyi zorlaştırır (Pinheiro vd., 2004). Günümüzün en önemli problemlerinden biri atık malzemlerin geri dönüşümüdür. Bu bağlamda plastiklerin geri dönüşümü önem kazanmaktadır.

Son dönemde 3B yazıcıların hayatımıza girmesiyle birçok farklı özelliğe sahip filamentlerin işlenmesiyle (PETG, ABS, PLA vs.) ürünler imal edilmektedir. Bu ürünlerin imal aşamasında yaşanan ürün hataları veya ürün imalından sonra oluşan plastik atıklar da çevre kirliliği açısından problem yaratmaktadır. Bunların başında ABS gelmektedir. ABS, mekanik dayanımı yüksek, ekonomik ve farklı uygulama alanlarına uygunluk gösterme gibi avantajlar sunmaktadır (Şeker ve Erdinler 2025). Otomobil parçaları veya dayanıklı ev gereçleri gibi yüksek mukavemet ve esneklik gerektiren uygulamalar için ideal bir polimer seçeneğidir (Yoders, 2014). ABS'ler, ısıl dirençleri, nihai ürün haline getirme aşamasında talaşlı imalat yöntemine elverişli olmaları ve istenen mekanik nitelikleri karşılamaları nedeniyle endüstride yoğun bir kullanım alanı bulmaktadır (Zortrax, 2018). İğde (Elaeagnus angustifolia L.) Elaeagnaceae familyasına ait yaygın olarak oleaster, Rus zeytini, yabani zeytin veya gümüş meyvesi olarak bilinen, tıbbi özelliklerinden dolayı bitkisel ilaç olarak kullanılan bir bitkidir (Sabir ve ark., 2007). İğde kızılcığa benzeyen, tadı mayhoş, içi beyaz un gibi olan bir yemiştir. C vitamini açısından oldukça zengindir. 2024 yılı verilerine göre Türkiye'de 248 bin adedi meyve veren, 37 bin adedi meyve vermeyen yaşta olmak üzere toplam 285 bin iğde ağacı bulunmakta ve toplam 215 dekar alanda 3808 ton iğde üretimi yapılmaktadır (TUİK,2024). Bu çalışmanın amacı, halihazırda petrol bazlı HDPE malzemeden üretilen yüzer GES platformlarının, atık ve geri dönüşüm malzemelerinden oluşan kompozit bir yapı ile imal edilmesidir. Böylelikle, atık malzemelerin yenilenebilir ve sürdürülebilir üretime katkısını incelemektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, yüzer platformlarda yaygın olarak kullanılan HDPE'ye alternatif bir malzeme olarak ABS'nin kullanılabilirliği araştırılmıştır. 3D yazıcı filamentlerinden üretilmiş ancak baskı hataları veya çeşitli nedenlerle atık hâline gelmiş ABS ürünler, kırma makinesiyle parçalanmış; elde edilen parçalar katkı maddeleri ile karıştırılarak ekstrüder yardımıyla granül hâline getirilmiştir. Granüller, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle test numunelerine dönüştürülmüş ve bu numunelerin mekanik ile morfolojik özellikleri kapsamlı şekilde karakterize edilmiştir.

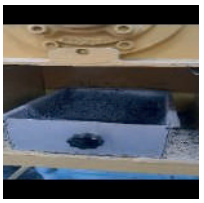
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8


Şekil 1.Atık ABS


Şekil 2.Kırma


Şekil 3.Kırık ABS


Şekil 4.Schneider


Şekil 5.Toz ABS

Atık plastik parçaların öğütülmesi işleminde, 18.5 kW gücünde, 30x60 cm'lik besleme boğazına sahip endüstriyel bir öğütücü kullanılmıştır. 500 RPM hızında çalışan makine, 5 bıçaklık sistemi ile saatte 220 kg kapasiteye ulaşabilmekte olup, çalışma gürültü seviyesi 90-95 dB(A) aralığındadır. Çalışmada kullanılan atık ABS, laboratuvar ortamında kullanılan çeşitli masaüstü füzyon birleştirmeli modelleme (FDM) tipi 3D yazıcılardan arta kalan, baskı hataları içeren parçalardan temin edilmiştir. Malzemelerin orijinal yoğunluğu ~1.04 g/cm³ olarak üretici verilerinden belirlenmiştir. Atık malzemelerin işlemden önce genel kontrol ve temizlik işlemi yapılmıştır. Temizleme işleminden sonra atık malzemeler 22 kW kırma makinesi ile küçültme işlemi yapılmıştır. Kırma makinesinden çıkan atık parçalar, ortalama parçacık boyutu 3-5 mm aralığına inecek şekilde daha da küçük hale getirebilmek için Schneider kırma makinesinden geçirildi.

Atık ABS parçaları, ağırlıkça üç farklı kompozisyon oluşturacak şekilde ayrılmıştır:

1.%95 atık ABS + %2,5 kalsit + %2,5 iğde çekirdeği unu

2 .%90 atık ABS+ %5 kalsit + %5 iğde çekirdeği unu

3 .%80 atık ABS + %10 kalsit + %10 iğde çekirdeği unu

Karışım grubu için, parçalar elle karıştırıldıktan sonra homojen bir karışım sağlamak amacıyla 5 dakika boyunca bir laboratuvar tipi döner karıştırıcıda karıştırılmıştır. Sonraki aşamada, öğütülmüş malzemeler tek vidalı bir laboratuvar ekstrüderi kullanılarak eritilip granül haline getirilmiştir. ABS'nin farklı erime sıcaklıkları göz önüne alınarak, her malzeme grubu için ekstrüzyon parametreleri optimize edilmiştir.


Şekil 6. Ekstrüder Makinesi


Şekil 7. Ekstrüder ısı bölgeleri

Ekstrüde edilen erimiş polimer, bir su banyosunda hızlı bir şekilde soğutulmuş ve ardından bir pellet kesici ile granül formatta kesilmiştir. Elde edilen granüller, enjeksiyon işlemi öncesinde nemi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

uzaklaştırmak için vakumlu özel poşetlere konulmuştur. Mekanik test numunelerinin üretimi için, üretilen granüller küçük ölçekli bir enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak şekillendirilmiştir. Enjeksiyon işlemi ABS 210°C yapılmıştır. Darbe çentik testi için ASTM D256 standartta tasarlanmış bir kalıp kullanılmıştır. Enjeksiyon kalıplama neticesinde elde edilen numuneler çentikli darbe tokluğu, bir Charpy darbe test cihazı ile standarda göre ölçülmüştür. Üretilmiş numunelerin çentikleri CEAST marka cihazla gerçekleştirildi. Testler, 23°C'de ve V-tipi çentikli numuneler üzerinde Kullanılan darbe testi, 2,75 joule enerji kapasiteli bir sarkaç ile gerçekleştirilmiştir. Test öncesinde sarkaç, 150 derecelik bir açıyla kaldırılarak sabitlenmiş ve bu sayede belirli bir potansiyel enerji kazanması sağlanmıştır. Test numuneleri, 8 mm kalınlık ve 4 mm genişliğe sahip olacak şekilde hazırlanmış olup, darbe direncinin doğru ölçülebilmesi için numunelerin genişlik yüzeyine standart bir "V" tipi çentik açılmış ve çentik sonrası numunenin çentik altında kalan efektif kalınlığı 2 mm'ye indirgenmiştir. Test sırasında yerçekimi ivmesi 9,84 m/s² olarak dikkate alınmış ve enerji hesaplamaları bu değer temel alınarak yapılmıştır. ABS'nin tokluk karakterizasyonu için bu test kritik öneme sahiptir.

Şekil 8. Enjeksiyon makinesi



Şekil 9. Isı bölgeleri

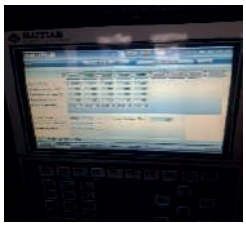


Şekil 10. Üretilen numuneler

Şekil 11. Çentik cihazı



Şekil 12. Darbe cihazı





BULGULAR VE TARTIŞMA

İzod (Çentikli) Darbe Testi

Geri dönüştürülmüş Akrilonitril bütadien stiren polimeri (RABS) numuneleri izod darbe testinde ASTM D-256 Standartlarına uygun olarak aşağıdaki parametrelere göre yapılmıştır.

Deney numunelerinin ölçümleri standartlara uygun olarak belirlenmiştir. İlk genişliği 10 mm olan numuneler üzerinde 2 mm'lik bir çentik açılarak deney genişliği 8 mm'ye düşürülmüştür. Numunelerin

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

4 mm'lik kalınlığı ve 8 mm'lik bu çentikli genişliği dikkate alındığında, darbe testine maruz kalan alanın 32 mm^2 olduğu hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar şu şekildedir;

1.%95 atık ABS + %2,5 kalsit + %2,5 iğde çekirdeği unu ➡ 5,031 kJ/m^2

2 .%90 atık ABS+ %5 kalsit + %5 iğde çekirdeği unu ➡ 4,093 kJ/m^2

3 .%80 atık ABS + %10 kalsit + %10 iğde çekirdeği unu ➡ 2,156 kJ/m^2

ABS, sünek bir termoplastik olup, darbe enerjisini, içerdiği polibütadien kauçuk fazı aracılığıyla plastik deformasyonla sönümleme yeteneğine sahiptir. Kalsit (kalsiyum karbonat) gibi sert ve gevrek dolgu maddeleri, temel olarak malzemenin elastisite modülünü (sertlik) artırmak amacıyla kullanılır. Ancak, bu sert partiküller polimer matris içinde gerilim yığılmasına neden olan konsantrasyon noktaları oluşturur. Darbe yükü altında, çatlaklar bu partikül-matris arayüzlerinden başlar ve hızla yayılır. Sonuç olarak, dolgu oranı arttıkça malzemenin sünekliği ve enerji sönümleme kapasitesi azalır; bu da darbe dayanımındaki düşüşle doğrudan ilişkilidir. Kompozisyon 3'teki (%20 dolgu) darbe dayanımının, Kompozisyon 1'e (%5 dolgu) kıyasla %57'den fazla azalması bu durumun çarpıcı bir göstergesidir.

Kompozisyon 1 (%5 toplam dolgu), saf atık ABS'den elde edilen 4,47 kJ/m^2'lik önceki değerin üzerinde (5,031 kJ/m^2) bir performans sergilemiştir. Bu durum, düşük oranlarda ve iyi dağılmış dolgu maddelerinin, çatlak ilerlemesini engelleyerek veya enerji sönümleme mekanizmalarını çeşitlendirerek (örneğin, partikül-matris arayüzünden kopma veya partikül etrafında matrisin deforme olması) tokluğu hafifçe artırabileceğini göstermektedir. İğde çekirdeği ununun, bir plastikleştirici veya arayüzey iyileştirici olarak rol oynamış olması da bu iyileşmeye katkıda bulunmuş olabilir.

Kompozisyon 3'teki darbe dayanımının 2,156 kJ/m^2'ye düşmesi, malzemenin artık belirgin şekilde gevrek (brittle) bir davranış sergilediğine işaret eder. %20 gibi yüksek bir dolgu oranında, partiküller birbirine yakın hale gelir ve birleşerek sürekli bir gevrek ağ oluşturabilir. Bu durumda, bir çatlak başladığında hızla komşu partiküllere atlar ve kontrolsüz bir şekilde yayılarak ani kırılmaya neden olur. Bu, malzemenin darbe enerjisini emme yeteneğinin büyük ölçüde kaybolduğu anlamına gelir.

Literatürdeki mevcut verilere göre, saf ABS'nin Izod darbe dayanımı 11,57 kJ/m^2, geri dönüştürülmüş ABS'nin ise 9,78 kJ/m^2'dir(Taşdelen vd., 2019). Saf HDPE'nin darbe dayanımı ise farklı kaynaklarda ile 8,5 kJ/m^2 (Akdoğan, 2020) ile 6,93 kJ/m^2 arasında değişirken, geri dönüştürülmüş HDPE'nin değeri 6,46 kJ/m^2 (Şengül, 2024). olarak bildirilmiştir. Bu çerçevede, %95 atık ABS içeren bir kompozisyondan elde edilen 5,031 kJ/m^2'lik darbe dayanım değeri, özellikle geri dönüştürülmüş HDPE'nin performansı ile karşılaştırılabilir düzeydedir. Bu nedenle, yüksek oranda atık ABS içeren malzemenin, birçok HDPE uygulaması için rekabetçi ve yeterli bir darbe dayanımı sergilediği düşünülmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, atık 3D yazıcı ABS'lerinin geri dönüştürülerek yeniden işlenebilir malzemeler haline getirilebileceği başarıyla gösterilmiştir. En kritik bulgu, malzeme kompozisyonunun darbe tokluğu üzerinde belirleyici bir role sahip olduğudur. %95 ve üzeri saflıkta geri dönüştürülmüş ABS'nin, HDPE gibi geleneksel bir polimerle karşılaştırılabilir darbe dayanımı sergilediği tespit edilmiştir. Bu durum, atık ABS'nin yüksek katma değerli ürünlerde kullanımının teknik olarak mümkün olduğunu ve döngüsel ekonomiye önemli bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Akdoğan, E. (2020). The effects of high density polyethylene addition to low density polyethylene polymer on mechanical, impact and physical properties. *European Journal of Technique (EJT)*, *10*(1), 25-37.

Ingole, N., Kelzarkar, A., Rathod, P., & Bandewar, A. (2020). Floating solar power plants: a review. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(01).

Kumar, V. A., Rashmitha, M., Naresh, B., Bangararaju, J., & Rajagopal, V. (2013, September). Performance analysis of different photovoltaic technologies. In 2013 International Conference on Advanced Electronic Systems (ICAES) (pp. 301-303). IEEE.

Mittal, D., Saxena, B. K., & Rao, K. V. S. (2017, April). Floating solar photovoltaic systems: An overview and their feasibility at Kota in Rajasthan. In 2017 international conference on circuit, power and computing technologies (ICCPCT) (pp. 1-7). IEEE.

Nergizhan, A. N. A. Ç., Koçar, O., & Altuok, C. (2024). Investigation of the weldability of PLA Plus sheets with different infill ratios by friction stir welding. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 1-1.

Patil Desai Sujay, S., Wagh, M. M., & Shinde, N. N. (2017). A review on floating solar photovoltaic power plants. Int. J. Sci. Eng. Res, 8, 789-794.

Pinheiro, L. A., Chinelatto, M. A., & Canevarolo, S. V. (2004). The role of chain scission and chain branching in high density polyethylene during thermo-mechanical degradation. *Polymer Degradation and Stability*, *86*(3), 445–453. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.05.016

Reduce Plastic Pollution by Recovery & Recycling | Plastics for Change

Sabir, M. S., Ahmad, D. S., Hussain, I. M. ve Tahir, K. M. (2007). Antibacterial activity of Elaeagnus umbellata (Thunb.) a medicinal plant from Pakistan. *Saudi Medical Journal, 28*(2), 259–263.

Sahu, A., Yadav, N., & Sudhakar, K. (2016). Floating photovoltaic power plant: A review. Renewable and sustainable energy reviews, 66, 815-824.

Shahani, S., Gao, Z., Qaisrani, M. A., Ahmed, N., Yaqoob, H., Khoshnaw, F., & Sher, F. (2021). Preparation and characterisation of sustainable wood plastic composites extracted from municipal solid waste. Polymers, 13(21), 3670.

Şeker, S., & Erdinler, E. S. (2025). 3B Baskı Sürecinde Tarama Açısı ve Doluluk Oranının Boyutsal Uygunluğa Etkisi: ABS Malzeme Üzerine Bir Çalışma. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 27(2), 303-311.

Şengül, Ö. (2024). Geri dönüşümü yapılmış polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen polimer malzemesinin Izod darbe ve ısıl özelliklerinin belirlenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, *12*(2), 839-846. https://doi.org/10.29130/dubited.1268052

Taşdelen, M. A., Bingöl, M., Yılmaz, Y., & Kahramanerb, H. (2019). Geri dönüştürülmüş termoplastiklerin üç boyutlu yazıcılardaki performansları. In 4. Uluslararası 3B Baskı (Eklemeli İmalat) Teknolojileri ve Dijital Endüstri Kongresi Bildiriler Kitabı (s. 182-192). 11-14 Nisan 2019, Antalya: 3D-PTC.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Bitkisel Üretim 2. Tahmini, 2024*

Yoders, J. (2014). What's the difference between ABS and PLA for 3D printing? Retrieved from https://www.makepartsfast.com/whats-the-difference-between-abs-and-pla-for-3d-printing

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Zortrax. (2018). *Z-ABS Technical Data Sheet*. https://cf.zortrax.com/wp-content/uploads/2018/06/Z-ABS_Technical_Data_Sheet_eng-1.pdf

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DOĞAL DİL İŞLEME (NLP) ÇÖZÜMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

Emin Demir[*], Yusuf Ziya AYIK[2]

[*1]Atatürk University, Graduate School of Social Sciences, Department of Management Information Systems, Erzurum, Türkiye.
[2]Atatürk University, Vocational School of Technical Sciences, Computer Technologies Program, Erzurum.
ORCID Code: (**ORCID:0009-0007-9657-2079; ORCID:0000-0002-7857-9417)**

ABSTRACT

Günümüzde dijital dönüşüm, teknolojik gelişmelerle birlikte yaşamın her alanında büyük miktarda veri üretmektedir. Bu verilerin klasik yöntemlerle yönetilememesi, anlamlı bilgiye dönüştürülmesi için doğal dil işleme (NLP) gibi yapay zekâ tekniklerini zorunlu kılmıştır. NLP, yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerden özellik çıkarımı, sınıflandırma, duygu analizi ve benzerlik tespiti gibi metin analizi süreçlerini destekler. İnsan-bilgisayar iletişiminde dilin etkin kullanımını amaçlayan NLP, bilgisayar bilimi, dilbilim ve yapay zekâyı birleştirerek metin ve konuşmayı bilgiye dönüştürür. Bu çalışmada, yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kavramları açıklanmış; NLP'nin çalışma prensipleri, veri hazırlığı, metin ön işleme, özellik çıkarımı, model seçimi ve değerlendirme gibi aşamaları detaylandırılmıştır. Ayrıca, NLP'nin semantik arama, duygu analizi, metin özetleme, anahtar kelime çıkarma, metin sınıflandırma gibi çözümleri ve finans, sağlık, eğitim, savunma, e-yönetişim gibi uygulama alanları incelenmiştir. Türkçe diline özgü NLP çalışmalarının sınırlılıkları, veri seti eksikliği ve teşvik programlarının gerekliliği vurgulanmıştır. Çalışma, NLP'nin geleceğin teknolojisi olarak potansiyelini ortaya koyarken, Türkçe veri setlerinin hazırlanması ve paylaşılması için öneriler sunmaktadır. Bu bildiri, NLP'nin teorik çerçevesini ve pratik uygulamalarını kapsamlı bir şekilde ele alarak, alandaki mevcut zorluklara ve gelecekteki fırsatlara dikkat çekmektedir.

Keywords: Doğal Dil İşleme, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Metin Analizi, Türkçe NLP.

NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) SOLUTIONS AND THEIR APPLICATION AREAS: AN OVERVIEW

INTRODUCTION

Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte, hemen hemen yaşamın her alanında dijital dönüşüm meydana gelmekte ve dijital dönüşüm kavramı beraberinde devasa bir dijital veri ortaya çıkarmaktadır. Diğer yandan teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişen bilişim ve iletişim teknolojileri bilgiye erişimi kolaylaştırdığı gibi dijital ortamda bilgi ve veri üretimini de ciddi anlamda artırmıştır (Akbay, 2022; Kat, 2022; Özkan ve Kar, 2022; G. Yilmaz ve Yağci, 2022).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Her geçen gün hızla artan bu büyük verinin klasik yöntemlerle yönetilememeği göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Bu nedenle bu devasa verinin işlenerek anlamlı bilginin elde edilmesi için destek mekanizmalarının geliştirilmesi en az veri kadar önemli hale gelmiştir.

Bu noktada, doğal dil işleme (natural language processing - NLP) çalışmaları gerek yapılandırılmış gerekse yapılandırılmamış verileri kullanarak özellik çıkarımı, sınıflandırma, duygu analizi, benzerlik tespiti gibi birçok başlıkta metin analizine yönelik bir yapay zekâ yaklaşımıdır (Abro, Talpur ve Jumani, 2022; Akbay, 2022; Kat, 2022).

Doğal dil işleme çalışmaları, insan-bilgisayar iletişiminde dil faktörünün en etkin şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır (Tohma ve Kutlu, 2020). Bu kapsamda NLP, doğal dilleri belirli kurallara göre şekilsel ve anlamsal olarak analiz etmeyi, anlamayı ve yeniden üretmeyi amaçlar. (Kumova Metin, 2012; Tohma ve Kutlu, 2020; Yang ve diğerleri, 2021; Yılmaz ve Yumuşak, 2021).

Bu çalışmada, geleceğin teknoloji olması beklenen (Abro ve diğerleri, 2022) ve yapay zekanın popüler alt dallarında biri olan (Otter, Medina ve Kalita, 2021; Şahin, Demir ve Yıldız, 2020) doğal dil işleme (NLP) Çözümleri ve Uygulama Alanları hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde;

1. Bölüm - Yapay Zeka, Makine Öğrenme ve Derin Öğrenme Kavramları,
2. Bölüm - Doğal Dil İşleme (NLP) Nasıl Çalışır?
3. Bölüm – NLP Çözümleri ve Uygulama Alanları
4. Bölüm – Tartışma, Sonuç ve Öneriler

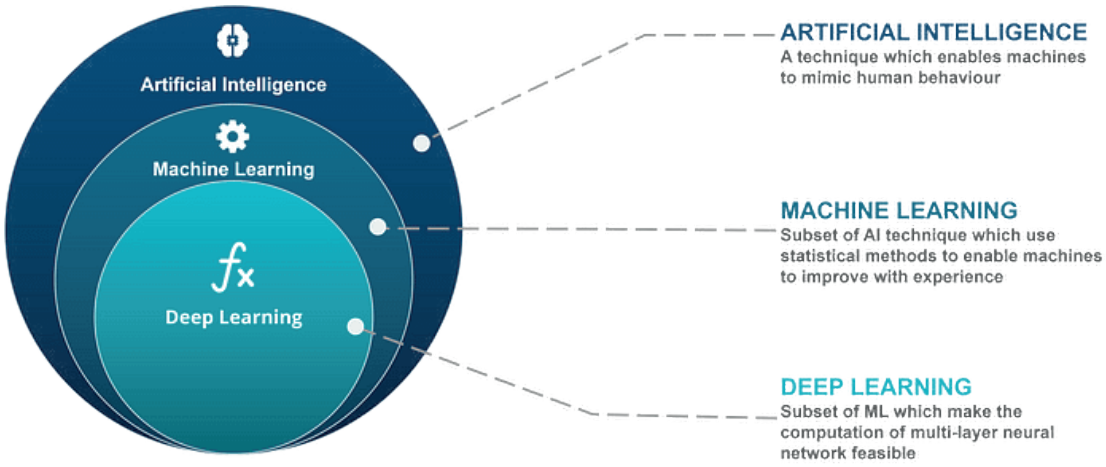
yer almaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

YAPAY ZEKA, MAKİNE ÖĞRENME VE DERİN ÖĞRENME KAVRAMLARI

Bu kavramlar arasındaki ilişki; Yapay zeka geniş bir kavram olup, içine makine öğrenme ve derin öğrenmeyi barındırmaktadır. Yine benzer olarak derin öğrenme makine öğrenmesinin bir alt kümesidir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 1.1. Yapay zeka, makine öğrenme ve derin öğrenme kavramları (Prajwal Shrestha, 2021)

1.1 Yapay Zeka (Artificial Intelligence - AI)

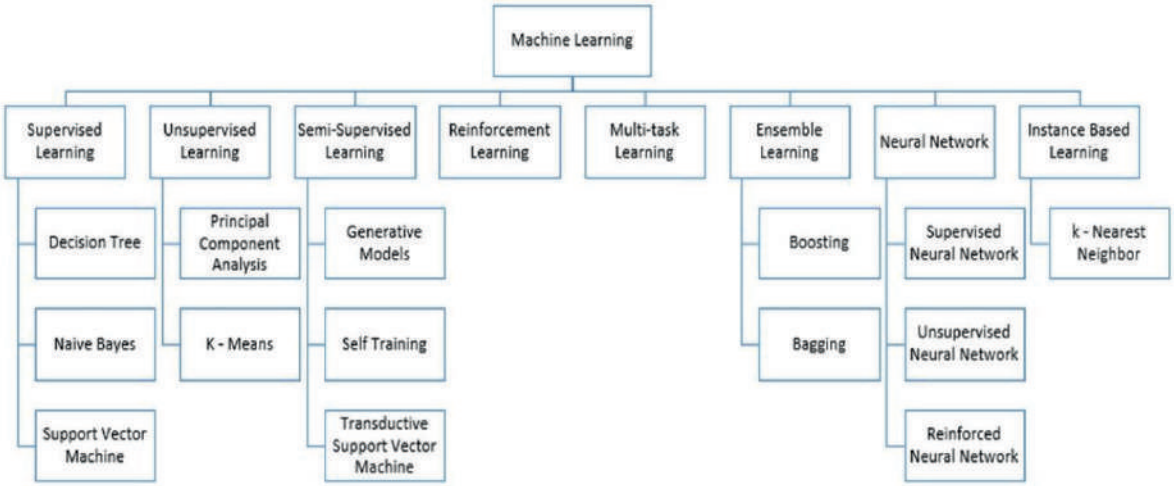
Yapay zeka, bilgisayarlı sistemlerin insan zekasını taklit etmesini amaçlayan bir bilim dalıdır. Bilgisayar sistemlerinin insan zekası gerektiren karmaşık problemleri (anlama, karar verme, problem çözme, dil işleme, görüntüleri tanıma vb.) çözmesine olanak sağlar.

1.2 Makine Öğrenme (Machine Learning)

Makine öğrenme, veri analizi ve istatistiksel modelleme tekniklerini kullanarak bilgisayarlı sistemlerin belirli bir probleme dair verilerden öğrenme yapabilmesini amaçlamaktadır. Makine öğrenme algoritmaları, büyük miktardaki verileri analiz eder ve bu verilerden örüntü ve ilişkiler keşfederek modeller oluşturur. Oluşturduğu bu modeli kullanarak ileriye dönük tahminler yapar veya kararlar alır.

Makine öğrenme; genel olarak literatüründe denetimli öğrenme (Supervised Learning), denetimsiz öğrenme (Unsupervised Learning) (Nicolae-Adrian vd., 2021) ve takviyeli öğrenme (Reinforcement Learning) ana kategorileri ile 3 bölüme ayrılmıştır. Ancak makine öğrenimini sınıflandırmak için farklı yaklaşımlar ve kategoriler bulunmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 1.2. Makine öğrenme kategorileri (Gain, 2021)

Makine Öğrenmeyi detaylı olarak kategorize eden farklı bir yaklaşım Şekil 1.2'de sunulmuştur. Bu yaklaşıma göre Makine öğrenme; Denetimli Öğrenme (Supervised Learning), Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning), Yarı Denetimli Öğrenme (Semi-Supervised Learning), Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning), Çoklu Görev Öğrenimi (Multi-Task Learning), Topluluk Öğrenimi (Ensemble Learning), Sinir Ağları (Neural Networks), Örnek Tabanlı Öğrenme (Instance Based Learning) olmak üzere 8 ana kategoride incelenebilir (Dey, 2016; Gain, Soni, Ajeet, ve Guha, Akash, 2021; Mahesh, 2019).

1.3 Derin Öğrenme (Deep Learning)

Derin öğrenme, son dönemde oldukça popüler olan yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanlarının önemli güncel bir alt araştırma alanıdır (Küçük ve Arici, 2018; Ravi ve diğerleri, 2017). Derin öğrenme metotları, genel olarak insan beyninin sinir hücrelerini taklit eden yapay sinir ağları (YSA - artificial neural networks) üzerine geliştirilmişlerdir. Ancak klasik yapay zekâdan farklı olarak, eldeki verinin birden çok soyutlama seviyesinde temsil edilebilmesi için daha fazla sayıda gizli nöron ve katman üzerine kuruludurlar (Lecun, Bengio ve Hinton, 2015; Ravi ve diğerleri, 2017).

Derin ağlar olarak da bilinen derin öğrenme yöntemlerinde, verinin temsili için üst üste olacak şekilde farklı katmanlar mevcuttur. Derin öğrenme yöntemleri ham verilerden etkin bir üst seviye soyutlaması yapmakla, otomatik öznitelik kümeleri oluşturabilmekte, böylelikle normalde insanlar tarafından belirlenen özniteliklerin otomatik olarak çıkarılıp kullanılması sağlanmaktadır (Ravi vd., 2017).

Derin öğrenme, çok katmanlı sinir ağları kullanarak büyük miktarda veri üzerinde otomatik olarak öğrenme yapabilir ve karmaşık örüntüleri algılayabilir. Derin öğrenme ile görüntü ve nesne tanıma, özellik çıkarımı, sınıflandırma, doğal dil işleme, konuşma tanıma gibi alanlarda etkili sonuçlar elde etmiştir.

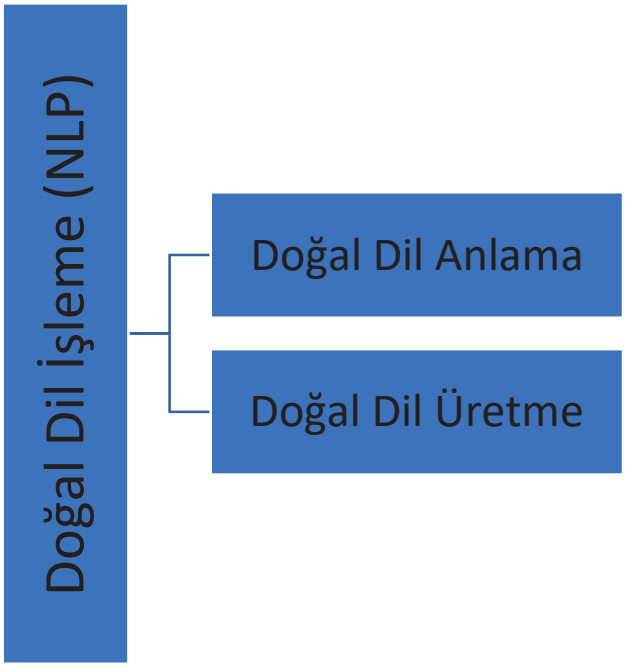
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Doğal Dil İşleme (NLP) alanında, derin sinir ağlarının kullanımı yapay zeka ve makine öğrenme tabanlı çözümlerden daha iyi performans göstermiştir (Gemirter ve Goularas, 2021).

İKİNCİ BÖLÜM

DOĞAL DİL İŞLEME (NLP)

NLP, insanlar ve bilgisayarlar arasındaki doğal dil iletişimi için yöntem ve teorileri inceler (Abro ve diğerleri, 2022). Doğal dil işlemeyi doğal dil anlama (insandan-makineye) ve doğal dil üretme (makineden insana) olmak üzere iki ana kategoriye bölmek mümkündür. Doğal dil anlama konuşulan veya metinde geçen ifadenin anlaşılması için kullanılırken, doğal dil üretme yeni bir metin oluşturmak için kullanılır (Singh ve Mahmood, 2021; Yılmaz ve Yumuşak, 2021). Yine bu iki ana kategoriyi de kendi içinde dilden bağımlı ve dilden bağımsız olarak ikiye bölmek mümkündür.

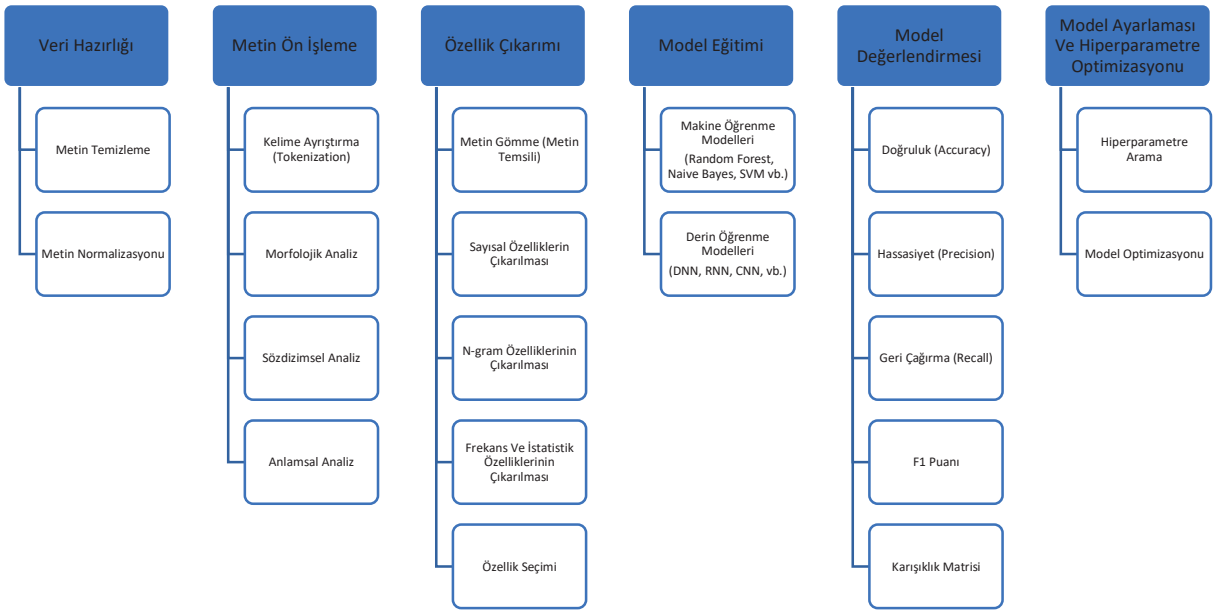


Şekil 2 Doğal dil işleme

2.1. Doğal Dil İşleme (NLP) Nasıl Çalışır?

Veri Hazırlığı, Metin Ön İşleme, Metin Gömme (Metin Temsili), Özellik Çıkarımı, Model Eğitimi, Model Değerlendirmesi, Model Ayarlaması ve Hiperparametre Optimizasyonu, Tahminler yapılması ve Değerlendirme ve Dağıtım aşamalarını içermektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 2.1 Doğal dil işleme aşamaları

2.1.1. Veri Hazırlığı/Ön İşleme

Doğal dil işleme algoritmalarında öncelikle metin gösterimlerinde önemi olmayan ya da düşük öneme sahip içeriğin (sayıların, özel karakterlerin, noktalama işaretlerinin, tarihlerin, edatlar, bağlaçlar ve zamirler gibi durak kelimelerin) metinlerden kaldırılarak cümlenin arındırılması sınıflandırma başarısı için önem taşımaktadır (Kat, 2022; Taşkiran ve Kaya, 2022). Doğal Dil işlemede metin ön işleme işlemleri; normalizasyon, morfolojik analiz, sözdizimsel analiz ve anlamsal analiz kısımlarını içerir (Stefanini ve Demazeau, 1995).

Normalizasyon kısmında, kelime düzeltme, büyük/küçük harf dönüşümü, sayıların kaldırılması veya metne dönüştürülmesi, noktalama işaretlerinin kaldırılması, gereksiz kelimelerin kaldırılması, kısaltmaların açılması gibi işlemler "normalizasyon" olarak adlandırılır (Yılmaz İnce, 2017). Normalizasyon işlemleri NLTK (Cushing & Hastings, 2009) ve Zemberek (Savaş ve Topaloğlu, 2019) gibi doğal dil işleme araçları kullanılarak yürütülmektedir.

Morfolojik analiz kısmında cümlenin dilbilgisi yapısı incelenerek kelimelerin kökleri, ekleri ve yapısı modellenir. Bu kapsamda kelime ayrıştırma, kök bulma, ek analizi ve lemmatizasyon işlemleri yapılır. Bu işlemler sonunda cümle içindeki sözcüklerin isim, fiil, sıfat, zarf vb. hangi tipe ait olduğu belirlenir (Sun, Luo ve Chen, 2017).

Söz dizimsel analiz kısmında ise sözcüklerin cümle içerisindeki dilbilgisel yapısını (özne, nesne, zarf gibi) incelenerek kullanım amaçları belirlenir (Strzalkowski, Lin, Wang ve Perez-Carballo, 1999).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Sözcüklerin cümle içerisinde farklı yerlerde farklı sayılarda kullanılması farklı anlamları ifade edebilir (İnce, 2021).

Anlamsal analiz ise kelime benzerliği ölçümü, anlamsal etiketleme, anlamsal ağ oluşturma, anlamsal bağıntı çıkarma gibi yöntemlerle ayrık kelimelerin uygun kelime veya nesnelerle ilişkilendirilmesini inceler (Aktaş, İnce ve Çakir, 2017; Nasukawa ve Yi, 2003). Anlamsal analiz ile metinlerden anlamsal bilgi çıkarılarak bu bilgi bilgisayarlı sistemlere aktarılmaktadır.

2.1.2. Özellik Çıkarımı

Verilerden anlamlı ve kullanışlı özelliklerin çıkarılmasını içerir. Özellik çıkarımı sürecinde; kullanılan sayısal özelliklerin çıkartılması, metin gömme, N-gram, frekans ve istatistiksel özelliklerin çıkarılması gibi farklı teknikler ve yaklaşımlar bulunmaktadır.

2.1.3. Model Seçimi ve Eğitim

Model seçimi probleme ve veri setinin özelliklerine uygun olan farklı model tipleri arasında seçilir. Her modelin avantajları, dezavantajları ya da sınırlılıkları bulunmaktadır. Kimi modellerin eğitim süresi kısa iken başarı düşük olabilir, kimi modellerde ise eğitim süresi uzun ancak başarı oranı yüksek olabilir. Model seçimi, hiperparametre ayarı yapılarak deneme yanılma yöntemiyle seçilir. Bu süreçte gridresearchCV gibi araçlar model seçim işlemini kolaylaştırmaktadır.

2.1.4. Model Değerlendirme

Model değerlendirilmesinde literatürde sıklıkla kullanılan performans metrik ve değerlendirme yöntemleri;

- Doğruluk (accuracy)
- Hassasiyet (precision)
- Geri çağırma (recall)
- F1 puanı
- ROC Eğrisi AUC
- Karışıklık matrisi

Model seçiminde olduğu gibi performans değerlendirilmesinde de hangi metriğin seçileceği probleme ve veriye göre değişebilmektedir.

Doğruluk sınıflandırma problemlerinde kullanılan bir metrik olup doğru tahmin edilen örneklerin toplam örnek sayısına bölünmesiyle elde edilen orandır.

Hassasiyet (Precision) sınıflandırma problemlerinde kullanılan bir metriktir olup yanlış pozitif değerlendirmelerin sayısının az olmasını amaçlar. Başka bir değişle pozitif tahmin edilen örneklerin gerçekten pozitif olmasını amaçlar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Hassasiyet = Doğru Pozitif / (Doğru Pozitif + Yanlış Pozitif)

Karışıklık Matrisi: sınıflandırma problemlerinde kullanılan bir metriktir olup True Positive ve True Negative değerlerin doğru , False Positive ve False Negative değerlerin yanlış olarak değerlendirildiği bir ölçüm şeklidir.

2.1.5. Model Hiperparametre Optimizasyonu

Hiperparametre Optimizasyonu, modelin öğrenme sürecini etkileyen ve modelin performansını ciddi bir şekilde belirleyen bir aşamadır. Genellikle bir parametre havuzdaki parametreler deneme yanılma yoluyla farklı kombinasyonlarda denerek, modelin en yüksek başarıyı elde etmesi sağlanır. Genellikle gridresearcCV gibi araçlar kullanılır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.1 Doğal Dil İşleme (NLP) Görevleri/Çözümleri

Doğal dil işleme, birçok konuyu bünyesinde barındırmaktadır. Doğal dil işleme çözümleri her geçen gün farklı alanlarda uygulanmaya devam etmektedir.

Semantik(Anlamsal) arama, duygu analizi, metin özetleme, anahtar kelime çıkarma, metin sınıflandırma, metin ayrıştırma, bilgi çıkarım, adlandırılmamış varlık isim tanıma, zamansal ilişki çıkarımı, olay çıkarımı, metin üretme, soru üretme ve cevaplama, otomatik makine çeviri, dil tanımlama gibi birçok önemli konuyu bünyesinde barındırmaktadır ve uygulama alanları da gün geçtikçe artmaktadır (Abro ve diğerleri, 2022; Chowdhary, 2020; Küçük ve Arici, 2018; Özkan ve Kar, 2022; Yılmaz ve Yumuşak, 2021).

- Semantik(Anlamsal) arama
- Duygu Analizi
- Metin Özetleme
- Anahtar Kelime Çıkarma
- Metin Sınıflandırma
- Metin Ayrıştırma
- Bilgi Çıkarım
- Adlandırılmamış Varlık İsim Tanıma
- Zamansal İlişki Çıkarımı
- Olay Çıkarımı
- Metin Üretme
- Soru Üretme ve Cevaplama

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Otomatik Makine Çeviri
- Dil Tanımlama

3.1.1. Semantik (Anlamsal) Arama

Semantik arama ile kullanıcının yazdığı metnin eşleşmesini değil, kullanıcının yazdığı metnin anlamını anlayarak bu anlam üzerinde arama yapılır. Bir başka deyişle semantik arama aranan ifadenin anlamını anlamaya ve bu anlam üzerinde arama yapar.

3.1.2. Duygu Analizi

Duygu analizi adından da anlaşılacağı üzere kendisine verilen metin içerisinden duygusal çıkarımlar yapar. Metin içeriğindeki duyguları anlamaya ve duyguları pozitif, negatif, nötr olarak sınıflandırmaya yarar. Genellikle ürün yorumları, film yorumları, sosyal medya yorumları gibi içeriklerde duygu analizi yapılmaktadır. Çogunlukla pazarlama gibi müşteri geri bildiriminin önemli olduğu alanlarda kullanılır.

3.1.3. Metin Özetleme

Adından da anlaşılacağı üzere NLP ile metin özetleme işlemi görece uzun metinlerin anlamını yitirmeden özetlenebilmesi işlemidir. Metin özetleme metinleri daha anlaşılır yaparken zaman ve emek tasarrufu sağlar. Genellikle önceden eğitilmiş modeller kullanır.

3.1.4. Anahtar Kelime Çıkarma

Anahtar kelimeler metnin anlamını en iyi yansıtan ve genellikle metinde en çok vurgulanan kelimelerdir. Anahtar kelime çıkarımı metin özetleme, sınıflandırma, metin indexleme gibi işlemlemlerde kullanılır.

3.1.1 Metin Sınıflandırma

Literatürde etiketleme veya metin kategorizasyonu olarakta bilinen metin sınıflandırma, metinlerden çıkarılan özelliklerin çeşitli yöntemler kullanılarak kategorize edilmesidir. Günümüzde veriye erişim son derece kolaydır ancak veriler istenilen düzende olmadığı sürece bu verileri kullanmak neredeyse imkansızdır. Bu nedenle metinleri kategorize etmek basit gibi düşünülse de oldukça karmaşık bir iştir (Özkan ve Kar, 2022; Taşkiran ve Kaya, 2022).

Doğal dil işleme alt konularından biri olan metin sınıflandırma, önceden tanımlı bir dizi kümeye atama şeklinde olabileceği gibi, önceden tanımlanmadan denetimsiz olarak alt kümelere ayrılabilir (Kat, 2022; Özkan ve Kar, 2022).

3.2. Doğal Dil İşleme (NLP) Uygulama Alanları

Muhasebede, Finansta, Bilgi Sistemlerinde, Pazarlamada, Strateji Yönetiminde, Savunmada, E-Yönetişimde, Sağlıkta, Eğitimde ve diğer birçok sektörde kullanılmaktadır (Abro ve diğerleri, 2022).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Finans ve Muhasebede
- Bilgi Sistemlerinde
- Pazarlamada
- Strateji Yönetiminde
- Savunmada
- E-Yönetişimde
- Sağlıkta
- Eğitimde

3.2.1. Finans ve Muhasebede

Muhasebe ve Finans araştırmacıları firma değeri gibi iş performansını etkileyen birçok unsurla ilgilenirler. İnternetin ve sosyal medyanın hızla gelişmesi sayesinde müşteriler, firmalar veya markalar hakkındaki düşüncelerini dile getirmek için online forumlardan yararlanmaktadır. Bu bilgi ve bununla ilişkili duygular, diğer tüketicilerin satın alma kararlarını ve hissedarın varlık davranışını veya yatırım arzularını etkileyebilir, bu da bir şirketin değeri üzerinde bir etkiye sahip olabilir. Bu verilerin analizi için NLP kullanılmaktadır.

Tablo 1. Finasns ve Muhasebede NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Finans	Duygu analizi	Duygu analizi yöntemiyle EUR/USD hareket yönünü tahmin etmek için geliştirilen Uzun-Kısa Vadeli Bellek (LSTM) Modeli sunulmaktadır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar geliştirilen LSTM tahmin modelinin para piyasalarında EUR/USD hareket yönünün yüksek doğrulukta tahmin edilmesinde yardımcı bir araç olarak kullanılabileceği yönündedir.	(Yusufoğlu, Aydin ve Çetinkaya, 2021)
Finans	Duygu Analizi	Bu çalışma kapsamında, derin öğrenme metodolojisi temelli altın endeksinin yönünü tahmin eden bir modelin oluşturulması amaçlanmıştır.	(Kantar ve Kilimci̇, 2022)
Finans	Soru Cevaplama	Bu çalışmada geliştirilen sistem bankacılık sektörüyle ilgili büyük veri setleri ile eğitilmiş. Sonrasında kendisine yöneltilen sorulara içerik ve uzunluk açısından en iyi cevapları üretmesi sağlanmıştır.	(Gemirter ve Goularas, 2021)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.2.2. Bilgi Sistemlerinde

Doğal dil işleme bilgi sistemlerinde bir analiz yaklaşımı olarak kullanılır. Genellikle örgütsel araştırma ve tüketici davranışları üzerinde kullanılır. Doğal dil işleme teknikleri bilgi sistemlerinde veri analitiği becerilerinin geliştirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Metin ön işleme, metin temsili, sınıflandırma ve konu modelleme, bilgi sistemleri araştırmacıları tarafından kullanılan NLP'nin ana kategorileridir.

Tablo 2. Bilgi sistemlerinde NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Bilgi Sistemlerinde	Semantik Arama	Bu çalışmada Vakıflar Genel Müdürlükleri idaresinde bulunan milyonlarca adet sayısal belgenin, elektronik ortamda yönetilmesi ve diğer kurumlar ile paylaşılmasına olanak sağlayan en önemli yazılım aracına semantik tabanlı belge arama motoru önerisinde bulunulmuştur.	(Ertugrul ve Gunes, 2017)
Bilgi Sistemlerinde	Bilgi Çıkarımı	Çalışmada üstverilerin derin öğrenme algoritmaları kullanılarak otomatik olarak çıkartılması ve sınıflanması yapılmış. Çalışma sonunda çıkarılan verilerle IEEE LOM üstverisi doldurulmuştur.	(İnce, 2021)
Bilgi Sistemlerinde	Belge Gruplama Konu modelleme	Bu çalışmada Web of Science Core Collection bilimsel veri tabanında belge gruplama ve konu modelleme yapılmıştır.	(Akbay, 2022)
Bilgi Sistemlerinde		Bu çalışmada, IoT cihazları ile iletişim ve komut vermek için doğal dil işleme çözümleri kullanılmıştır.	Rani ve ark. (2017)
Bilgi Sistemlerinde	Semantik Arama	Kültür Bakanlığından elde edilen 32000 sayfa doküman ile eski dilde kullanılan sözcükler arasındaki anlamsal yakınlıkların tespiti çıkarılmıştır.	(Canim, 2019)

3.2.3. Pazarlamada

İşletmeler, müşterilerinin internette gezinme, arama yapma, kullanıcılarla etkileşime geçme ve sosyal medyada fikirlerini belirtme davranışlarını yakından takip ediyor. Doğal dil işleme satış performansını, müşteri deneyimini ve marka itibarını iyileştirmek için kullanılmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Pazarlama faaliyetlerinde metin ön işleme, metin temsili, metin sınıflandırma, konu modelleme, duygu analizi gibi doğal dil işleme teknikleri kullanılmaktadır.

Tablo 3. Pazarlamada NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Pazarlama	Duygu Analizi	Marka iletişiminin dijital ayağında bulunan influencer pazarlamanın sanal şekli olan sanal influencer pazarlamayı konu alan bu makalede. Ay Pera isimli sanal influencer'ın Instagram üzerindeki gönderilerine yapılan Türkçe ve İngilizce yorumlar duygu analizi yöntemiyle incelenmiştir	(Bayçu ve Artukarslan, 2023)
Pazarlama	Duygu analizi	Bu çalışmada onaylanmış kullanıcıların Türkçe otel yorumları veri kazıma yöntemleri ile toplanarak çeşitli yöntemlerle duygu analiz işlemi yapılmıştır.	(Ahmetoğlu ve Daş, 2020)

3.2.4. Strateji Yönetiminde

Firmaların başarı için neleri ne ölçüde yapması gerektiği ve kuruluşların benzersiz bir şekilde topladıkları çeşitli bilgileri nasıl harmanlaması gerektiği konularında doğal dil işleme teknikleri kullanılır.

Stratejik yönetim uzmanları arasındaki en acil endişelerden biri, rekabet avantajı elde etmek için kabul edilebilir bir stratejinin nasıl geliştirileceğidir. Stratejiyi yakalamak için konu modelleme ve duyarlılık analizi kullanılır.

3.2.5. Savunmada

Belgelerden kişiler, konumlar, kuruluşlar ve para birimleri gibi varlıkları otomatik olarak çıkartarak, tanımlamak için doğal dil işleme teknikleri kullanılır. Duygu modelleri, belirli bir bölgede devam eden askeri varlık ve eylemler hakkındaki görüşleri yerel halktan olumlu, olumsuz ve tarafsız duyguları çıkarabilir. Siber güvenlikte ise metin sınıflandırma ve metin ayrıştırma teknikleri ile spam maillerin önlenmesi gibi çalışmalar bulunmaktadır.

Özetle adlandırılmamış varlık isim tanıma, metin ayrıştırma, bilgi çıkarım, zamansal ilişki çıkarımı, olay çıkarımı ve duygu analizi gibi NLP teknikleri savunma alanında kullanılmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 4. Savunmada NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Savunma	Sınıflandırma	Bu çalışmada, siber güvenlikte yaygın tehlikelerden biri olan Spam URL'lerin tespiti için doğal dil işleme teknikleri kullanılmıştır.	(Yildirim, 2022)
Savunma	Sınıflandırma	Bu makalede, spam e-postaların tespiti ve filtrelenmesi için akıllı bir sistem önerilmiştir.	(Yağanoğlu ve Irmak, 2021)
Savunma	Sınıflandırma	Sahte e-postaların tespiti için makine öğrenmesi ve doğal dil işleme tekniklerini birleştirerek transformer tabanlı özellik çıkarımı ve grafik dikkat ağları (Graph Attention Networks) önerilmiştir. Bu yaklaşım, e-posta metinlerinden anlamsal ve yapısal özellikleri çıkararak phishing saldırılarını yüksek doğrulukla tespit etmeyi sağlamaktadır.	(Sandhaus, Choksi ve Ju, 2024)

3.2.6. E-Yönetişimde

E-yönetişim, elektronik iletişim ve bilgi teknolojileri vasıtasıyla yönetişim süreçlerini yürütülmesine denir. Edevlet uygulamalarını ele alırsak vatandaşlar ve devlet arasında büyük miktarda veri alışverişi yapılır. Bu büyük veriyi yöneterek hızlı bir şekilde anlamlı bilgiye dönüştürmek ancak NLP gibi yapay zeka teknikleri ile mümkün olabilecektir. Örneğin bir politika, icraat veya bir eylem üzerinde toplumda geniş mutabakatın ne olduğunu bulmak için istekler, yorumlar, şikâyetler gibi büyük veriler hızlı bir şekilde değerlendirebilir. Çıkan sonuçlara göre varsa endişe ve sorunlar politika yapıcılara yön verebilir.

Özetle e yönetişimde bilgi çıkarım, duygu analizi, metin sınıflandırma gibi tekniklerle toplumda geniş kitlelerin düşünceleri analiz edilerek, hükümet politikalarının toplumdaki yansımaları tespit edilebilir.

Tablo 5. E-Yönetişimde NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
E-Yönetişimde	Duygu Analizi	Her iki çalışmada pandemi döneminde insanların düşüncelerini anlamak ve bu düşünceleri analiz ederek birtakım çıkarımlar yapmak için amacıyla gerçekleştirilmiştir.	(M. C. Yilmaz ve Orman, 2021) (Karaca ve Aslan, 2021)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.2.7. Sağlıkta

Hızlı büyüyen sağlık sektöründe yüksek teknoloji yaygın olarak kullanılmaktadır. Sağlık alanında doküman yönetiminin yanı sıra. NLP teknikleri ile hastanın anlattığı hastalık öyküsünden hasatlık teşhisine yardımcı olacak çalışmalar yapılmaktadır. Diğer yandan sağlıkta vatandaş dönütleride çok önemlidir. Bu kapsam sağlık bakanlığı yotube kanalından, pandemi döneminde yayınlanan videoların youmları incelenerek. Hangi videoların vatandaş tarafından daha çok yorumlandığı, bakanlığın iletişim dilinin beğenilip beğenilmediği gibi çalışmalar yapılmıştır (Tam, 2020).

Özetle duygu analizi, metin özetleme, anahtar kelime çıkarma, metin sınıflandırma, metin ayrıştırma, bilgi çıkarım gibi NLP teknikleri sağlık alanında kullanılmaktadır.

Tablo 6. Sağlıkta NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Sağlık	Metin Üretme	Görme engelli kişilere yardımcı olmak amacıyla derin öğrenme ve doğal dil işleme tekniklerini birleştirerek, görüntü girdisinden kısa ve anlamlı metin açıklamaları üreten bir sistem önerilmiştir. NASNet ve RBFNN modelleriyle desteklenen bu yaklaşım, görüntülerin içeriğini otomatik olarak analiz ederek görme engelliler için erişilebilir açıklamalar sağlamaktadır.	(Hilal, Alrowais, Al-Wesabi ve Marzouk, 2023)

3.2.8. Eğitimde

NLP dil anlama ve dil üretme becerisi ile eğitim teknolojisini sıradışı bir şekilde geliştirme potansiyeline sahiptir. Doğal dil anlama ve üretme özelliği ile herhangi bir konuda detaylı bilgi verebilir. Makine çevirisi, doğal dil hatalarını tespit etme, özetleme, anahtar kelime çıkarma, metin sınıflandırma, bilgi çıkarımı, soru üretme ve cevaplama, duygu analizi gibi birçok NLP tekniği eğitimde kullanılabilir. NLP eğitmenlerin hem belirli ödevlerdeki öğretim kalitesini hem de bir bütün olarak öğrenme ortamını geliştirmesine yardımcı olabilir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 7. Eğitimde NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Eğitim	Bilgi Çıkarım Metin Üretme Soru Üretme ve Cevaplama	Bu çalışmada Türkçe ders anlatan yapay zekaya konusu ele alınarak bu projenın nasıl alt başlıklara ayrılabileceğine dair öneriler sunulmuş ve tasarımında izlenecek yol haritası belirlenmeye çalışılmıştır.	(Kul, 2020)
Eğitim	Belge Gruplama Konu Modelleme	Her iki çalışmada da akademik bilimsel metinlerin doğal dil işleme teknikleri ile gruplanması amaçlanmıştır.	(Kat, 2022) (Özkan ve Kar, 2022)

3.2.9. Diğer Alanlar

NLP çok yönlü yapısı ile birçok farklı disiplinde kendine yer bulmaktadır.

Tablo 8. Diğer NLP kullanım alanları

Uygulama Alanı	NLP Alanı	Açıklama	Çalışma
Diğer	Sınıflandırma Etiketleme	Bu çalışmada, Doğal Dil işleme kullanılarak elektronik ortamlardaki haberlerin yaş gruplarına göre etiketlenmesi amaçlanmıştır.	(Kontuk ve Turan, 2020)
Diğer	Dil Tanımlama Metin Üretme	Çalışmada makinelerin kendi aralarında insanlar gibi doğal dille iletişim kurmaları amaçlanmıştır. Makinelerin kendi dilini oluşturabilmesi için bir model önerilmiştir	(Dayan ve Yilmaz, 2022)
Diğer		Doğal dil işleme süreci yöntemlerini kullanarak seyahat asistanı oluşturulmasını çalışmasında hedeflemiştir.	(Özcan, 2020)
Diğer	Özellik Çıkarımı ve Grup Sınıflandırma	Sosyal ağlarda rahatsız edici dil kullanımının tespit edilmesi için hibrit bir model önerilmiş.	Anand ve ark., (2022)
Diğer	Bilgi Çıkarım Sınıflandırma	Çocukların fiziksel istismarını tespit edebilmek için doğal dil işleme ve derin öğrenme yöntemlerini birlikte kullanmışlardır.	Shahi ve ark., (2021)
Diğer	Sınıflandırma	Yüksek mahkeme sonuçlarının tahmini için hukuk alanında doğal dil işleme ile birlikte makine öğrenmesi ve derin öğrenme mimarilerini kullanarak, modellerin performans sonuçları karşılaştırılmıştır	Mumcuoğlu ve ark., (2021)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tartişma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, yapay zeka, makine öğrenme, derin öğrenme ve doğal dil işleme (NLP) kavramları açıklanarak NLP çözümleri ve uygulama alanları hakkında bilgiler verilmiştir.

NLP'nin mevcut teknoloji dağıtımına ve benimsenmesine dayalı olarak geleceğin teknolojisi olması beklenmektedir (Abro ve diğerleri, 2022).

Günümüzde doğal dil işleme alanındaki çalışmaların çoğu, bilim ve iş dünyasının geçerli dili olması sebebiyle İngilizce dilinde yapılmaktadır. Türkçe geniş bir coğrafyada milyonlarca insan tarafından anadil olarak konuşulan bir dil olduğu göz önünde bulundurulduğunda Türkçe dil özelinde yapılan doğal dil çalışmalarının henüz istenen noktaya geldiğini söylemek maalesef mümkün değildir (Tohma ve Kutlu, 2020).

Bunun ana sebeplerinden biri makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi yapay zeka algoritmalarını eğitmek için kullanılacak ham veriye ulaşım zorluğudur. Bu sebeple çalışma yapılacak alana özel veri setlerinin hazırlanması ve dağıtımını destekleyici teşvik programları geliştirilmelidir.

REFERENCES

Abro, A. A., Talpur, M. S. H. ve Jumanï, A. K. (2022). Natural Language Processing Challenges and Issues: A Literature Review. *GAZI UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE*. doi:10.35378/gujs.1032517

Ahmetoğlu, H. ve Daş, R. (2020). Türkçe Otel Yorumlarıyla Eğitilen Kelime Vektörü Modellerinin Duygu Analizi ile İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *24*(2), 455-463. doi:10.19113/sdufenbed.645579

Akbay, T. (2022). Modeling Education Studies Indexed in Web of Science Using Natural Language Processing. *Öğretim Teknolojisi ve Hayat Boyu Öğrenme Dergisi—Instructional Technology and Lifelong Learning*, *3*(2), 129-144. doi:10.52911/itall.1193460

Aktaş, Y., İnce, E. Y. ve Çakir, A. (2017). Doğal Dil İşleme Kullanarak Bilgisayar Ağ Terimlerinin Wordnet Ontolojisinde Uyarlanması. *Teknik Bilimler Dergisi*, *7*(2), 1-9.

Bayçu, S. ve Artukarslan, B. (2023). SANAL BİR INFLUENCER ÜZERİNE DUYGU ANALİZİ: AY PERA. *İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi (İNİF E-Dergi)*, *8*(1), 189-205. doi:10.47107/inifedergi.1242957

Canim, M. (2019). Eski Dilde Kullanılan Sözcükler Arasındaki Anlamsal Yakınlıkların Doğal Dil İşleme Yöntemleriyle Tespiti. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *9*(3), 536-546. doi:10.17714/gumusfenbil.514154

Chowdhary, K. R. (2020). Natural Language Processing. *Fundamentals of Artificial Intelligence* içinde (ss. 603-649). New Delhi: Springer India. doi:10.1007/978-81-322-3972-7_19

Dayan, A. ve Yilmaz, A. (2022). Doğal dil işleme ve derin öğrenme algoritmaları ile makine dili modellemesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, *13*(3), 467-475. doi:10.24012/dumf.1131565

Dey, A. (2016). Machine Learning Algorithms: A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, *7*(3), 1174-1179.

Ertugrul, M. ve Gunes, A. (2017). Development of Ontology Knowledgebase for Archive Management Systems. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, *1*(2), 85-109. doi:10.29002/asujse.305026

Gain, A. (2021). A Survey on Machine Learning Algorithms. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *9*(9), 357-366. doi:10.22214/ijraset.2021.37969

Gain, A., Soni, Ajeet, ve Guha, Akash. (2021). A Survey on Machine Learning Algorithms. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, *9*(9), 357-366. doi:10.22214/ijraset.2021.37969

Gemirter, C. B. ve Goularas, D. (2021). A Turkish Question Answering System Based on Deep Learning Neural Networks. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, *4*(2), 65-75. doi:10.38016/jista.815823

Hilal, A., Alrowais, F., Al-Wesabi, F. ve Marzouk, R. (2023). Red Deer Optimization with Artificial Intelligence Enabled Image Captioning System for Visually Impaired People. *Computer Systems Science and Engineering*, *46*(2), 1929-1945. doi:10.32604/csse.2023.035529

İnce, M. (2021). Üstverilerin Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Otomatik Olarak Çıkartılması ve Sınıflanması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *9*(6), 177-187. doi:10.29130/dubited.1012046

Kantar, O. ve Kilimci, Z. H. (2022). Derin öğrenme temelli hibrid altın endeksi (XAU/USD) yön tahmin modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *38*(2), 1117-1128. doi:10.17341/gazimmfd.888456

Karaca, Y. E. ve Aslan, S. (2021). Sentiment Analysis of Covid-19 Tweets by using LSTM Learning Model. *Computer Science*, *IDAP-2021 : 5th International Artificial Intelligence and Data Processing symposium*(Special), 366-374. doi:10.53070/bbd.990421

Kat, B. (2022). Mühendislik alanındaki Türkçe akademik metinler için makine öğrenmesi destekli doğal dil işleme çalışmaları ve bir karar destek sisteminin geliştirilmesi: TÜBİTAK projeleri örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. doi:10.17341/gazimmfd.1132053

Kontuk, R. ve Turan, M. (2020). NLP Kullanılarak Haberlerin Yaş Gruplarına Göre Sınıflandırılması. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, *8*(2), 372-382. doi:10.29109/gujsc.686177

Kul, S. (2020). Türkçe ders anlatan yapay zekâya giden yolda doğal dil işleme. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, *6*(2), 43-56.

Kumova Metin, S. (2012). Named Entity Recognition in Turkish Using Association Measures. *Advanced Computing: An International Journal*, *3*(4), 43-49. doi:10.5121/acij.2012.3406

Küçük, D. ve Arici, N. (2018). Doğal dil işlemede derin öğrenme uygulamaları üzerine bir literatür çalışması. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, *2*(2), 76-86.

Lecun, Y., Bengio, Y. ve Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436-444. doi:10.1038/nature14539

Mahesh, B. (2019). Machine Learning Algorithms -A Review. *International Journal of Science and Research*, *9*(1), 381-386. doi:10.21275/ART20203995

Nasukawa, T. ve Yi, J. (2003). Sentiment analysis: Capturing favorability using natural language processing. *Proceedings of the 2nd international conference on Knowledge capture* içinde (ss. 70-77). K-CAP03: International Conference on Knowledge Capture 2003, sunulmuş bildiri, Sanibel Island FL USA: ACM. doi:10.1145/945645.945658

Otter, D. W., Medina, J. R. ve Kalita, J. K. (2021). A Survey of the Usages of Deep Learning for Natural Language Processing. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, *32*(2), 604-624. doi:10.1109/TNNLS.2020.2979670

Özkan, M. ve Kar, G. (2022). TÜRKÇE DİLİNDE YAZILAN BİLİMSEL METİNLERİN DERİN ÖĞRENME TEKNİĞİ UYGULANARAK ÇOKLU SINIFLANDIRILMASI. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, *10*(2), 504-519. doi:10.21923/jesd.973181

Prajwal Shrestha. (2021). Application of Machine Learning and Deep Learning Techniques for Nepal stock market price prediction. doi:10.13140/RG.2.2.11794.38085

Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B. ve Yang, G.-Z. (2017). Deep Learning for Health Informatics. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, *21*(1), 4-21. doi:10.1109/JBHI.2016.2636665

Sandhaus, H., Choksi, M. Z. ve Ju, W. (2024). Regaining Trust: Impact of Transparent User Interface Design on Acceptance of Camera-Based In-Car Health Monitoring Systems. *Adjunct Proceedings of the 16th*

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications içinde (ss. 203-208). doi:10.1145/3641308.3685048

Savaş, S. ve Topaloğlu, N. (2019). Data analysis through social media according to the classified crime. *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES*, *27*(1), 407-420. doi:10.3906/elk-1712-17

Singh, S. ve Mahmood, A. (2021). The NLP Cookbook: Modern Recipes for Transformer Based Deep Learning Architectures. *IEEE Access*, *9*, 68675-68702. doi:10.1109/ACCESS.2021.3077350

Stefanini, M.-H. ve Demazeau, Y. (1995). TALISMAN: A multi-agent system for natural language processing. J. Wainer ve A. Carvalho (Ed.), *Advances in Artificial Intelligence* içinde , Lecture Notes in Computer Science (ss. 312-322). Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/BFb0034824

Strzalkowski, T., Lin, F., Wang, J. ve Perez-Carballo, J. (1999). Evaluating Natural Language Processing Techniques in Information Retrieval. T. Strzalkowski (Ed.), *Natural Language Information Retrieval* içinde , Text, Speech and Language Technology (C. 7, ss. 113-145). Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-94-017-2388-6_5

Sun, S., Luo, C. ve Chen, J. (2017). A review of natural language processing techniques for opinion mining systems. *Information Fusion*, *36*, 10-25. doi:10.1016/j.inffus.2016.10.004

Şahin, T., Demir, Ö. ve Yıldız, K. (2020). Doğal Dil İşleme Uygulamaları İçin Türkçe Veri Seti Oluşturulması. *Marmara University*, *1*(2), 7-13. doi:10.35333/porta.2019.97

Tam, M. S. (2020). Covid-19 Süresince T.C. Sağlık Bakanlığı YouTube Kanalına İzleyici Dönütleri. *Düşünce ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, (3), 116-139.

Taşkiran, S. F. ve Kaya, E. (2022). Doğal Dil İşleme ile Akademik Metin Kümeleme. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 41-51. doi:10.36306/konjes.1081213

Tohma, K. ve Kutlu, Y. (2020). Challenges Encountered in Turkish Natural Language Processing Studies. *Natural and Engineering Sciences*, *5*(3), 204-211. doi:10.28978/nesciences.833188

Yağanoğlu, M. ve Irmak, E. (2021). Separation of Incoming E-Mails Through Artificial Intelligence Techniques. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 690-696. doi:10.31590/ejosat.841299

Yang, L. W. Y., Ng, W. Y., Foo, L. L., Liu, Y., Yan, M., Lei, X., … Ting, D. S. W. (2021). Deep learning-based natural language processing in ophthalmology: Applications, challenges and future directions. *Current Opinion in Ophthalmology*, *32*(5), 397-405. doi:10.1097/ICU.0000000000000789

Yılmaz, H. ve Yumuşak, S. (2021). Açık Kaynak Doğal Dil İşleme Kütüphaneleri. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *3*(1), 81-85. doi:10.47769/izufbed.879217

Yılmaz İnce, E. (2017). Spell Checking and Error Correcting Application for Turkish. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, *7*(2), 68-71. doi:10.18178/IJIEE.2017.7.2.663

Yildirim, M. (2022). Using and Comparing Machine Learning Techniques for Automatic Detection of Spam Website URLs. *NATURENGS*, *3*(1), 33-41. doi:10.46572/naturengs.1097970

Yilmaz, G. ve Yağci, M. (2022). Türkçe metinden konuşma sentezlemeye yönelik yapılan çalışmaların incelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, *10*(1), 286-296. doi:10.21923/jesd.940233

Yilmaz, M. C. ve Orman, Z. (2021). LSTM Derin Öğrenme Yaklaşımı ile Covid-19 Pandemi Sürecinde Twitter Verilerinden Duygu Analizi. *Acta Infologica*, *5*(2), 359-372. doi:10.26650/acin.947747

Yusufoğlu, H., Aydin, H. ve Çetinkaya, A. (2021). Twitter Üzerindeki Finansal Tweetlerin LSTM Sinir Ağı Algoritması ile Duygu Analizi. *Veri Bilimi*, *4*(3), 28-43.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE USE OF PCM IN A TEG DEVELOPED FOR ENERGY RECOVERY FROM THE EXHAUST WASTE HEAT OF A SI-ENGINE

Habib GÜRBÜZ[1,*], Recep Burak TURAL[2], Hüsameddin AKÇAY[3]

[*1] Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering and Natural, Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey.
[2] Graduate School of Natural and Applied Sciences, Süleyman Demirel University, 3200, Isparta/Turkey
[3] Department of Automotive Engineering, Faculty of Engineering and Natural, Süleyman Demirel University, Isparta, Turkey.
ORCID Code: 0000-0001-5157-6227[1], 0009-0002-4830-6765[2], 0000-0002-5704-670X[3]

ABSTRACT

A significant portion of the fuel energy in internal combustion engines is lost as waste heat through exhaust gases. This situation highlights the importance of improving energy efficiency and developing technologies for recovering this wasted heat. In this study, the effect of using a phase change material (PCM) on the cooling surface of a thermoelectric generator (TEG) designed for exhaust waste heat recovery was experimentally investigated. The main objective of the study was to increase the temperature difference between the hot and cooling surfaces of the TEG, balance the temperature distribution along the heat exchanger, and thereby minimize electrical imbalances and performance degradation among the thermoelectric modules. For this purpose, paraffin with a melting temperature of 53 °C and a latent heat of fusion of 170 kJ/kg was selected as the PCM. Experimental tests were carried out on a two-cylinder, water-cooled, spark-ignition engine fueled with propane. The engine was operated under wide-open throttle (WOT) conditions in the speed range of 2000 – 4000 rpm. Performance parameters such as surface temperatures, output voltage, and power generation were measured to determine the variations in TEG efficiency. The results showed that the use of PCM maintained a stable temperature difference between the heat exchanger surfaces of the TEG, which improved the overall power generation performance of the system. This study provides significant insights into the effects of PCM integration on thermal management and electrical balancing in thermoelectric generators and proposes an innovative approach for efficient recovery of exhaust waste heat.

Keywords: Thermoelectric generator (TEG); Phase change material (PCM); Exhaust waste heat recovery; Cold-side heat exchanger; Internal Combustion Engine, Propane Fuel.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTRODUCTION

Energy remains one of the most critical pillars sustaining modern industrial societies, with global demand driven by urbanization, transportation needs, and technological development. Although renewable energy systems have gained momentum in recent years, fossil fuels such as coal, oil, and natural gas still dominate the global energy portfolio due to their high energy density, established infrastructure, and ease of logistics (Soto, 2024; Abadi et al., 2025). However, this dependency comes at a significant environmental cost. Fossil fuel combustion is the primary contributor to greenhouse gas emissions, which are directly linked to global warming and climate-related risks (Kazmi et al., 2025). As reported by international energy monitoring agencies, carbon dioxide emissions from fossil fuel usage and industrial processes reached approximately 37.8 billion tons in 2023 (Our World in Data, 2024), while atmospheric CO_2 concentration has continued to increase steadily over the last two decades (Ritchie et al., 2023). These trends underscore the urgent necessity of enhancing energy efficiency and recovering wasted energy in existing systems rather than solely relying on new energy generation sources.

Among various energy conversion systems, internal combustion engines (ICEs) are particularly notable due to their widespread use in transportation, stationary power generation, and industrial machinery. However, several studies have revealed that only about 30–40% of the chemical energy stored in the fuel is converted into useful mechanical work in conventional ICEs, while the remaining portion is mostly lost through the exhaust gases and engine cooling systems (Kazmi et al., 2025; Shen et al., 2023). This wasted heat not only represents an energy loss on a systems level but also contributes to unnecessary thermal pollution and increased carbon footprint (Al-Asmakh et al., 2025). Therefore, recovering a fraction of this waste heat and converting it into useful electrical power holds significant promise both for improving overall engine efficiency and for reducing environmental impact. To address this challenge, several thermal energy recovery strategies have been developed, including Organic Rankine Cycle (ORC) systems, Stirling engines, heat pumps, and customized heat exchanger-based recovery units. Although these systems offer relatively high energy conversion efficiency, they often involve moving components, working fluids, or complex auxiliary systems that increase installation complexity, weight, maintenance demand, and cost, particularly in space-limited applications such as automotive platforms (Ritchie et al., 2020). In contrast, thermoelectric generators (TEGs) have emerged as a promising alternative due to their ability to directly convert thermal energy into electrical energy through the Seebeck effect without requiring any moving parts or external working fluids. Their silent operation, solid-state structure, reliability, and modular configuration make them suitable candidates for exhaust waste heat recovery applications in ICEs.

Despite these advantages, the practical performance of TEG systems is heavily dependent on maintaining a sufficiently high and stable temperature difference (ΔT) between the hot and cold sides of the thermoelectric modules. In real engine exhaust conditions, sharp temperature gradients and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

transient fluctuation in exhaust gas temperature can lead to uneven heat distribution along the TEG surface. This results in module-level electrical imbalance, reduced overall output, and accelerated material degradation due to thermal stress. Therefore, effective thermal management on the cold side of the system is essential to stabilize ΔT, prolong steady-state operation, and maximize energy conversion efficiency. To improve the cooling performance of thermoelectric modules, various methods have been explored, including liquid-cooled heat sinks, microchannel-based cold plates, finned surface designs, and heat pipe-assisted cooling structures. Although such active and semi-passive cooling techniques can effectively enhance heat extraction, they often require additional fluid circulation units such as pumps or blowers or introduce extra mechanical complexity and operational cost. Alternatively, phase change materials (PCMs) have gained increasing attention as a fully passive thermal management strategy. By absorbing heat during the melting process and releasing it during solidification, PCMs act as thermal buffers that smooth transient temperature peaks and maintain more consistent surface temperatures over time. Among various PCMs, paraffin-based compounds are particularly attractive due to their suitable melting point range, high latent heat capacity, chemical stability, low corrosion tendency, and cost-effectiveness.

Recent research efforts have increasingly focused on recovering exhaust waste heat through thermal energy storage and thermoelectric conversion strategies, with various experimental and numerical investigations highlighting both the potential and limitations of these approaches. Rajagopal and Natarajan (2015) demonstrated that a PCM-based latent heat storage unit integrated into a diesel generator exhaust line was able to recover approximately 6–7% of the exhaust waste heat, corresponding to nearly 0.2% of the total fuel energy, emphasizing the role of PCM as a passive thermal buffer. Similarly, Sahu et al. (2022) reported that under exhaust temperatures of 478 K, a counter-flow heat exchanger achieved 0.53 kW heat recovery, which could be increased to 1.40 kW when the exhaust gas was cooled from 205 °C to 100 °C, suggesting that thermal stabilization significantly enhances recovery performance. In another contribution, Bari and Hossain (2013) showed that PPCM-integrated thermal energy storage systems could reclaim 30–38% of the exhaust energy potential, enabling an increase in supplementary power output from 16% to 23.7%, and achieving a peak of 9.85 kW under optimized 30 bar operating conditions. Thermoelectric-specific studies have also reported promising outcomes; Kühn et al. (2014) achieved 125 W electrical output from 18 TEG modules at 600 °C exhaust temperature, while simulations suggested that optimized configurations could reach 580 W with only 10 mbar backpressure increase. Tan et al. (2016) further improved TEG cold-side stability through a two-phase cooling concept, sustaining module cold-side temperatures at 102–106 °C and increasing power output by 122 W, reaching a total of 2785 W. Complementing experimental approaches, Selvam et al. (2020) numerically demonstrated that PCM integration could reduce hot-side temperature peaks from 120 °C to 85 °C and maintain cold-side stability around 65 °C, resulting in efficiency improvements of 36.7%, 33.8%, and 30% for heat inputs

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

of 0.1 W, 0.15 W, and 0.2 W, respectively. These findings collectively indicate that PCM-assisted thermal regulation presents a highly effective strategy for stabilizing temperature gradients and enhancing the overall efficiency of waste heat recovery systems, particularly in TEG-based configurations where uniform ΔT is critical for electrical balancing.

However, there is a noticeable lack of experimental studies in the literature that directly investigate the effect of integrating PCM into the cold-side heat exchanger of a TEG under real engine exhaust conditions, focusing specifically on thermal stabilization and electrical performance. Most existing research either employs active cooling strategies or combines PCM with hybrid approaches, leaving a gap in studies that isolate and evaluate the passive buffering capability of PCM in a controlled experimental TEG setup. In this context, the present study was carried out on a three-layer TEG system integrated into the exhaust line of a two-cylinder, water-cooled, propane-fueled spark-ignition engine, where a paraffin-based PCM with a melting temperature of 53 °C and a latent heat capacity of 170 kJ/kg was embedded into the cold-side heat exchanger. The engine was operated under wide-open throttle (WOT) conditions within a speed range of 2000–4000 rpm, and parameters such as time-dependent temperature difference, inter-module temperature uniformity, output voltage, and power generation were recorded. The experimental results clearly demonstrated that the integration of PCM provided effective ΔT stabilization, reduced electrical fluctuations among TEG modules, and significantly improved the overall power generation performance of the system.

MATERIALS AND METHODS

A dedicated thermoelectric waste heat recovery system was developed and mounted on the exhaust line of a two-cylinder, water-cooled, propane-fueled spark-ignition (SI) engine, which served as the high-temperature source. The engine was operated under wide-open throttle (WOT) conditions in the 2000–4000 rpm range to ensure a stable heat input throughout all test conditions. The general technical characteristics of the test engine are presented in Table 1. Technical Specifications of the SI Engine.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Technical Specifications of the SI Engine

Parameter	Value
Engine Make and Model	Lombardini LGW 523 MPI
Maximum Engine Speed	6000 rpm
Maximum Engine Power	15 kW (5000 rpm)
Maximum Engine Torque	34 Nm (2150 rpm)
Bore × Stroke	72 x 62 mm
Displacement	505 cm^3
Compression Ratio	10.7:1

The TEG structure consists of a three-layer configuration accommodating a total of 24 thermoelectric modules (TEG1-PB-12611-6.0). Each module has a dimension of 56 × 56 mm, and CNC-machined mounting pockets with a depth of 1 mm were created on both the hot-side exhaust heat exchanger (Ex_hex) and the PCM-integrated cold-side exchanger (Ec_hex) to minimize thermal contact resistance and improve mechanical stability under vibration. A high thermal conductivity grease (HY810L) was applied to both interfaces before assembling the modules. The nominal thermo-electric properties of the commercial TEMs used in this study are listed in Table 2. Specifications of Thermoelectric Module (TEG1-PB-12611-6.0).

Table 2. Specifications of Thermoelectric Module (TEG1-PB-12611-6.0)

Parameter	Value
Hot-side Temperature	350 °C
Cold-side Temperature	30 °C
Open-circuit Voltage	9,2 V
Load Resistance	0,97 ohm
Output Voltage under Load	4,6 V
Output Current under Load	4,7 A
Output Power under Load	21,7 W

The Ex_hex was manufactured from 6082 series aluminum alloy using CNC machining and internally formed as a labyrinth-type multi-pass channel, with an 8 mm thick internal divider plate to split the exhaust flow evenly across both module layers. To avoid pressure disturbance along the exhaust line,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

the TEG was connected using an inlet nozzle and an outlet diffuser. After the mechanical integration of the TEG into the exhaust line, a schematic representation of the experimental setup was prepared to illustrate the engine–TEG–PCM interaction, as shown in Fig. 1.

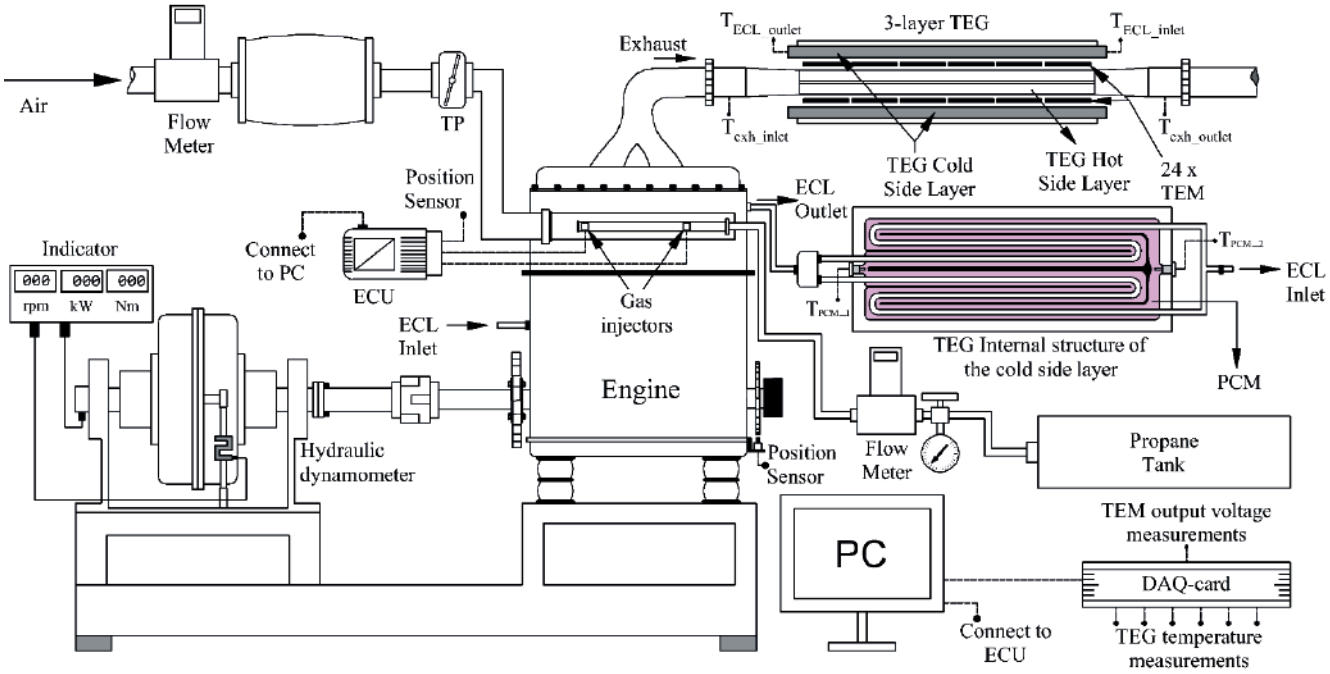


Figure 1. Schematic representation of the experimental setup.

On the cold side of the TEG, paraffin-based phase change material (PCM) with a melting temperature of 53 °C and a latent heat of 170 kJ/kg was embedded inside the Ec_hex to provide passive thermal buffering. To accelerate phase transition and improve internal heat distribution, copper serpentine tubes connected to the engine coolant loop were embedded within the PCM volume; however, unlike previous assisted-flow cooling strategies, no secondary refrigerant or fuel was introduced into the serpentine lines, and their function was strictly restricted to passive conductive enhancement. The thermo-physical properties of the PCM are listed in Table 3. Thermophysical Properties of PCM (Paraffin).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 3. Thermophysical Properties of PCM (Paraffin)

Property	Value
Melting Range	53.0 – 58.0 °C
Latent Heat of Fusion	170 kj/kg
Kinematic Viscosity at 100 °C	5.2 – 5.5 cSt
Specific Heat Capacity	2 kJ/kg
Solid Density	880 kg/m^3
Liquid Density	760 kg/m^3
Maximum Operating Temperature	89.85 °C
Flash Point	199.85 °C

Additionally, to examine the local thermal gradient along the Ec_hex under PCM-assisted operation, three K-type thermocouples were mounted directly on the outer surface of the cold-side heat exchanger in positions parallel to the exhaust gas flow direction, corresponding to PCM inlet, mid-section, and outlet regions. This configuration enabled detailed recording of axial temperature stratification during PCM melting and solidification phases. To analyze the thermal response of the system, 14 surface-mount type-K thermocouples were placed in a 2 × 7 mirrored configurations on both the hot and cold exchanger surfaces to record temperature distribution, ΔT uniformity, and PCM melting progression. Additional thermocouples were used to measure exhaust gas inlet and outlet temperatures, coolant inlet and outlet temperatures, and fuel-side temperature variations. All temperature and electrical signals were recorded at 1-second intervals for a total duration of 300 seconds after thermal stability was confirmed at each engine speed using a custom DAQ unit developed by the authors.

The electrical output power (P_out) of the TEG was not obtained from open-circuit voltage readings but rather determined under controlled load conditions using an electronic load tester, which applied a constant resistive load to simulate realistic power draw behavior. Under these controlled loading conditions, the instantaneous voltage and current values were recorded directly from the load interface, and P_out was calculated accordingly to reflect the actual usable electrical output of the TEG system. Based on the recorded exhaust gas mass flow rate and the corresponding temperature drop across the TEG, the thermoelectric conversion efficiency was calculated using Eq. (1):

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$\eta_{TEG} = \frac{P_{out}}{\dot{m}_{exh} \cdot c_{p,exh} \cdot (T_{exh,in} - T_{exh,out})} \times 100 \quad (1)$$

To evaluate the fuel-side contribution of the TEG to the overall energy system, an additional fuel-to-electricity conversion ratio was calculated using Eq. (2), where the chemical energy input of propane was determined by Eq. (3):

$$\eta_{fuel} = \frac{P_{out}}{\dot{m}_{fuel} \cdot LHV_{fuel}} \times 100 \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{fuel} = \dot{m}_{fuel} \cdot LHV_{fuel} \quad (3)$$

Here, P_{out} represents the net electrical power delivered under load, $\dot{m}_{exh}$ is the exhaust gas mass flow rate, $c_{p,exh}$ denotes the specific heat of the exhaust gas, and $T_{exh,in}$ and $T_{exh,out}$ correspond to the inlet and outlet exhaust gas temperatures. Furthermore, $\dot{m}_{fuel}$is the propane fuel mass flow rate, LHV_{fuel} is the lower heating value of propane, and $\dot{Q}_{fuel}$ defines the instantaneous chemical energy input of the fuel.

RESULTS AND DISCUSSION

Engine operating conditions directly influence both the exhaust gas mass flow and the coolant circulation rate, which determine the thermal input available for TEG conversion. To provide a reference for subsequent performance analysis, the effective engine parameters and the corresponding variations in exhaust gas and coolant mass flow rates are presented in Table 4.

Table 4. Effective engine parameters and changes in the flow rate of the ECL (Engine Coolant Liquid) with exhaust gas

Engine Speed (rpm)	Effective Power (kW)	Effective Torque (Nm)	Effective SFC (g/kWh)	Exhaust gas flow rate (kg/d)	ECL flow rate (kg/d)
2000	5.98	28.69	0.273	0.195	0.496
3000	8.69	27.67	0.284	0.233	0.713
4000	9.17	21.88	0.328	0.273	0.906

In Figure 1, the variation of exhaust gas, paraffin and ECL temperatures at the TEG inlet and outlet regions is presented as a function of engine speed. At 2000 rpm, the exhaust gas enters the TEG at 530 °C and leaves at 251 °C, and this temperature drop becomes more pronounced at higher speeds,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

reaching 643 °C at the inlet and 311 °C at the outlet at 3000 rpm, and 733 °C at the inlet and 362 °C at the outlet at 4000 rpm, which indicates a significant heat transfer from the exhaust stream to the TEG surface. On the ECL side, the temperature increase remains limited, rising only from 71–77.5 °C at the inlet to 81.5–89.7 °C at the outlet, which reflects a controlled and stable thermal response of the cooling side. In contrast, the paraffin temperatures increase progressively along the flow direction, starting from 110 °C, 130 °C and 154 °C at the inlet and reaching 132–177 °C at the mid-section and up to 140–189 °C at the outlet region as engine speed increases. This gradual temperature elevation along the paraffin channel demonstrates that the PCM does not absorb the thermal load instantaneously but rather distributes and retains heat progressively along the exchanger, thereby stabilizing the cold-side temperature profile. As a result, the thermal gradient acting on the TEG modules is not solely dictated by exhaust gas temperature but is shaped by the paraffin's ability to absorb and redistribute heat, creating a more uniform and sustained ΔT that is favorable for electrical energy conversion performance.

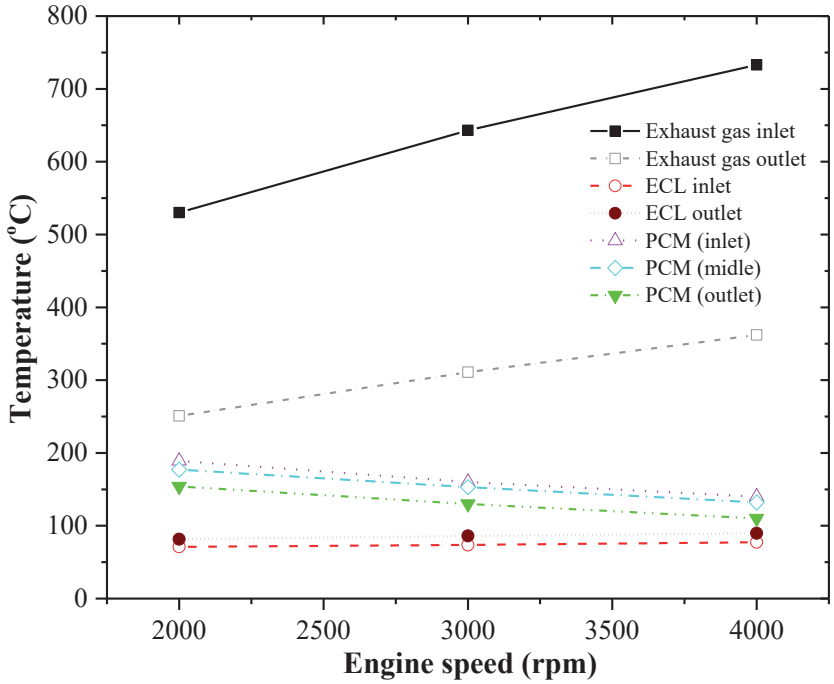


Figure 1. Exhaust gas and ECL inlet/outlet temperatures of the TEG and paraffin temperatures

In Figure 2, the hot-side and cold-side surface temperatures are presented as a function of sensor positions numbered from 1 to 7 along the exhaust gas flow path. At 2000 rpm, the hot-side temperature starts at 282 °C in the inlet region and declines to 198 °C toward the outlet, corresponding to an approximate 30% reduction in thermal potential. A similar trend is observed at 3000 rpm, where the temperature decreases from 314 °C to 223 °C with a 29% drop, and at 4000 rpm, where it declines from 351 °C to 237 °C with an approximate 32% reduction. The cold-side temperature shows a more gradual decrease, changing from 172 °C to 121 °C at 2000 rpm with a 30% reduction, from 186 °C to

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

141 °C at 3000 rpm with a 24% reduction, and from 192 °C to 146 °C at 4000 rpm with a 24% reduction, indicating a more controlled heat dissipation profile on the cooling and paraffin side. As a result, ΔT_surface decreases from 114 °C to 74 °C at 2000 rpm, from 129 °C to 82 °C at 3000 rpm, and from 159 °C to 91 °C at 4000 rpm, which corresponds to an overall thermal gradient attenuation of approximately 35 to 40 percent along the flow direction. In the same manner, ΔT_TEM_surface decreases from 104 °C to 75 °C at 2000 rpm, from 122 °C to 81 °C at 3000 rpm, and from 153 °C to 91 °C at 4000 rpm, confirming that the highest thermal potential is concentrated near the first contact point of the exhaust flow, while the downstream region shows a moderated temperature difference due to heat absorption by the TEM and paraffin structure.

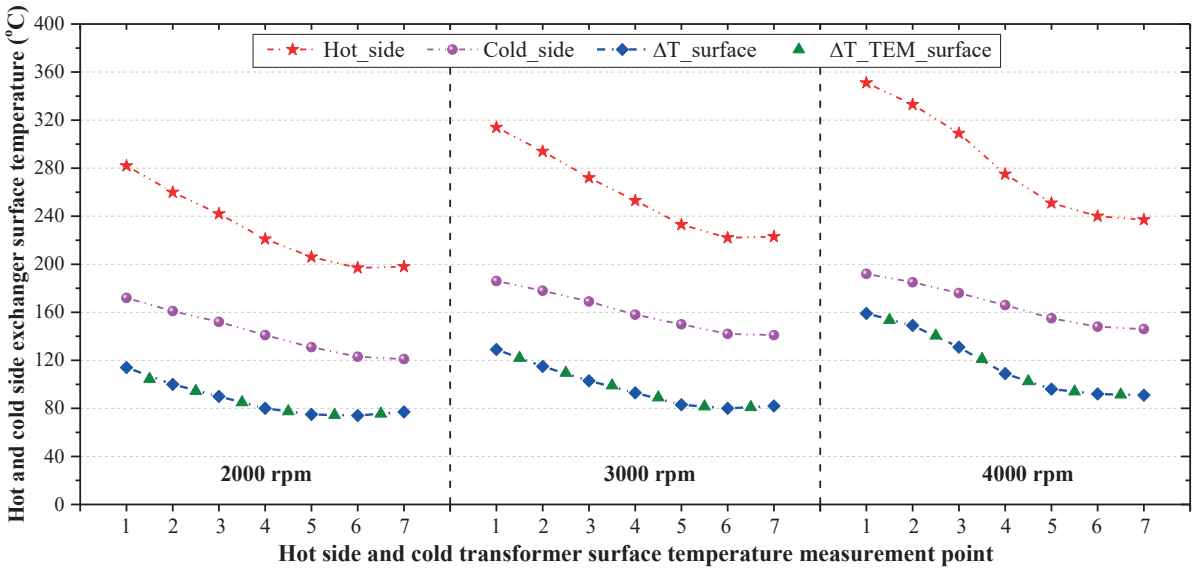


Figure 2. Variation of the TEG surface temperature with engine speed

In Figure 3, the variation of the open-circuit voltage of the TEM groups, each consisting of four thermoelectric modules connected in series, is presented as a function of engine speed. At 2000 rpm, the open-circuit voltage was measured as 11.22 V in the first group, and as the exhaust gas progressed along the exchanger, the voltage decreased to 6.68 V in the fifth group, corresponding to approximately a 41 percent reduction relative to the initial value. In the sixth group, a value of 6.88 V was recorded. At 3000 rpm, the initial voltage was 12.77 V, decreasing to 7.91 V in the fifth group, which corresponds to a voltage drop of about 38 percent, and 8.23 V was measured in the sixth group. At 4000 rpm, the initial value reached its highest level at 15.51 V, and it decreased to 10.14 V in the fifth group, corresponding to a 35 percent loss, while the sixth group generated 9.88 V. This trend indicates that although the absolute voltage levels increase with engine speed, the relative voltage decay in the region between the first and fifth groups remains similar across all operating conditions. Therefore, the first TEM group, located closest to the exhaust gas inlet of the exchanger, experiences

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

the highest ΔT and thus operates under the most favorable thermal conditions for electrical power generation.

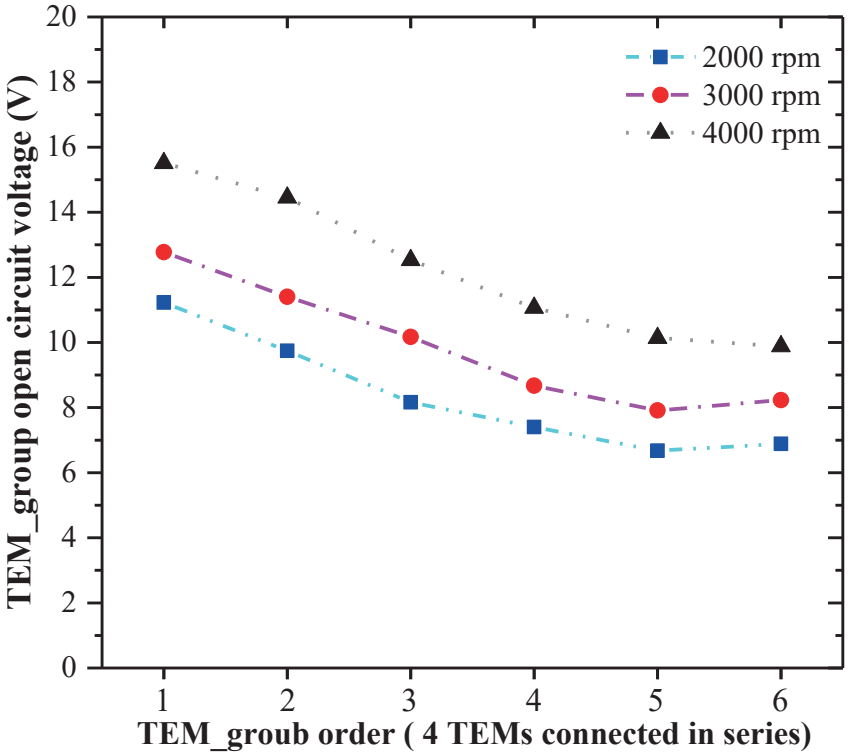


Figure 3. Variation of the open-circuit voltage of the TEM groups (4 TEM in series) according to the engine speed

In Figure 4, the variation of the load voltage generated by the TEM groups, each consisting of four thermoelectric modules connected in series, is presented as a function of engine speed. The load voltage measured in the first group was 5.612 V at 2000 rpm, which increased to 6.387 V at 3000 rpm and 7.756 V at 4000 rpm, indicating an overall increase of approximately 38 percent and demonstrating that the rise in engine speed positively influences the electrical output by enhancing the thermal input to the TEM modules. In all operating conditions, the first group consistently produced the highest voltage, confirming that the region closest to the exhaust gas inlet provides the most favorable ΔT conditions for power generation. The other groups along the exchanger also exhibited a regular increase in load voltage with engine speed. For example, the fifth group increased from 3.338 V at 2000 rpm to 5.069 V at 4000 rpm, corresponding to a gain of nearly 50 percent under load. Similarly, the sixth group increased from 3.444 V to 4.941 V across the same speed range, indicating that despite the positional variation along the flow path, all TEM groups benefited from the higher thermal potential at elevated engine speeds. This trend highlights that the thermal gradient was maintained along the exchanger and continued to support electrical generation not only at the inlet region but also across the downstream sections of the system.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

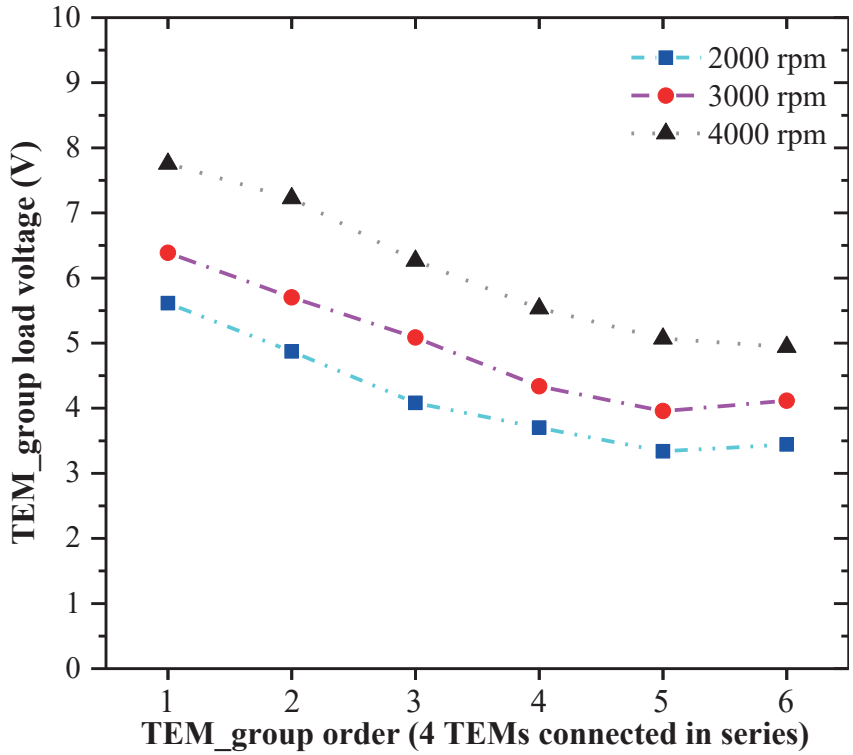


Figure 4. Variation of the load voltage of TEM groups (4 TEMs in series) with engine speed

In Figure 5, the variation of the load current generated by the TEM groups, each consisting of four thermoelectric modules connected in series, is presented as a function of engine speed. At 2000 rpm, the load current was measured as 1.96 A in the first group, and with the increase in engine speed, it reached 2.18 A at 3000 rpm and 2.55 A at 4000 rpm, corresponding to an overall increase of approximately 30 percent. At all engine speeds, the current values showed a gradual decrease from the first group toward the fifth group, indicating a natural performance distribution associated with the positional variation of the temperature difference along the flow direction. The increasing trend was also preserved in the downstream groups, and for example, the fifth group rose from 1.32 A at 2000 rpm to 1.85 A at 4000 rpm, corresponding to an increase of nearly 40 percent. In the sixth group, the current increased from 1.36 A to 1.82 A, showing that the downstream section of the exchanger was also positively affected by the higher engine speed. A comparison of all groups reveals that the increase in engine speed enhances the load current not only at the inlet region but also across the entire flow path, indicating that the rise in thermal input does not remain localized but continues to support electrical current generation along the exchanger.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

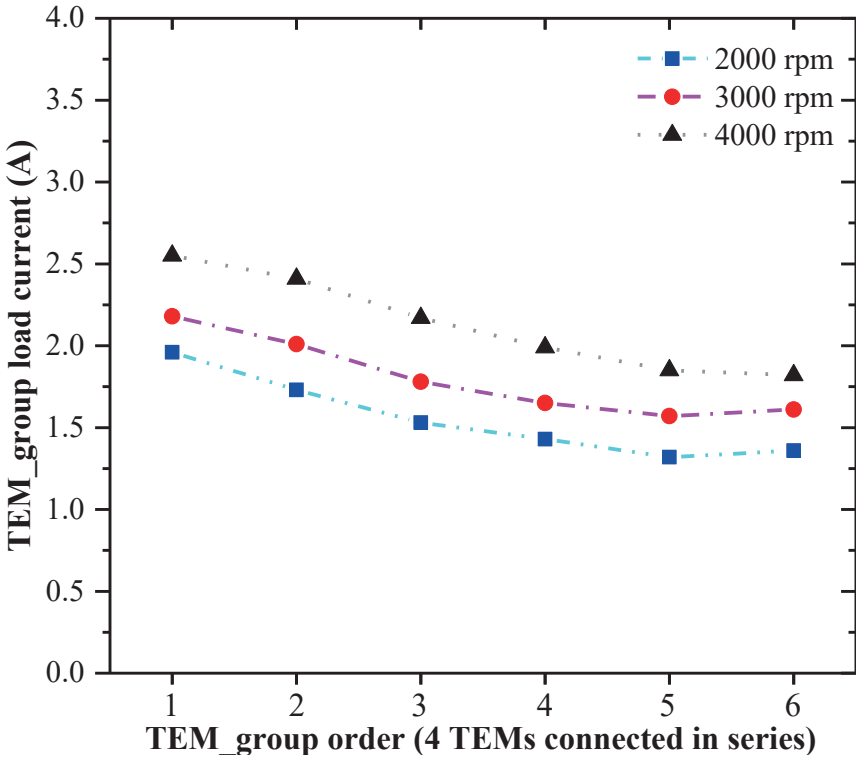


Figure 5. Variation of the load current of TEM groups (4 TEMs in series) with engine speed

In Figure 6, the variation of the output power generated by the TEM groups, each consisting of four TEMs connected in series, is presented as a function of engine speed. The graph clearly demonstrates the combined effect of the voltage increase observed in Figure 4 and the current rise shown in Figure 5 on the overall power output. The first group, which produced 10.999 W at 2000 rpm, reached 13.924 W at 3000 rpm and 19.778 W at 4000 rpm, exhibiting a consistent and progressive increase in power. This increasing trend was also preserved in the other groups, and the 3000 rpm operating condition acted as an intermediate transition level, elevating the power output of all TEM groups to a higher operating range compared to 2000 rpm. For instance, the sixth group generated 4.684 W at 2000 rpm, which increased to 6.627 W at 3000 rpm and 8.992 W at 4000 rpm, indicating that even the final position along the flow direction contributed noticeably to the total power output. The total system power was 40.055 W at 2000 rpm, increased to 54.435 W at 3000 rpm, and reached 80.163 W at 4000 rpm, revealing a substantial enhancement in overall power generation capability as the engine speed increased. This behavior confirms that the rise in thermal input with engine speed effectively translated into electrical power generation across the entire TEG module array, not only at the inlet region but also along the downstream sections of the exchanger.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

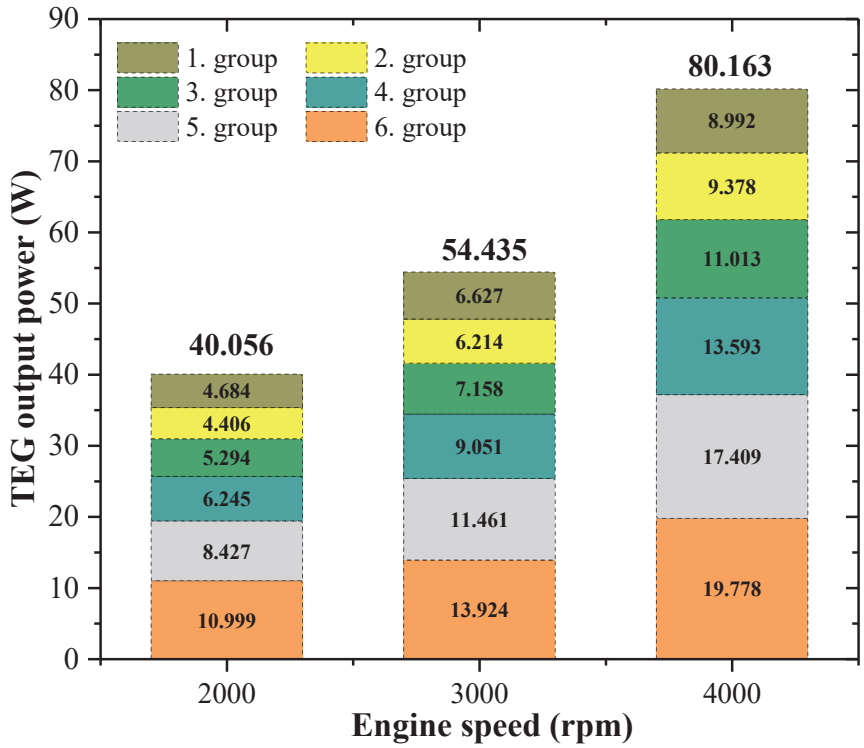


Figure 6. Variation of the TEG output power with engine speed

In Figure 7, the variation of the TEG system efficiency with engine speed is presented. At 2000 rpm, the efficiency was recorded as 2.161, and with the increase in engine speed to 3000 rpm, the efficiency slightly decreased to 2.108, indicating that the increase in thermal input at this intermediate operating point was not fully converted into electrical output and that the system operated in a transitional thermal–electrical conversion regime. At 4000 rpm, the efficiency value increased to 2.298, which represents the highest efficiency level observed across the tested speed range. This trend indicates that at higher engine speeds, the TEG system is able to convert the thermal energy input into electrical output more effectively by maintaining a more favorable balance between voltage, current generation, and thermal gradient stability. This behavior suggests that although the increase in engine speed led to a substantial rise in total electrical power output, as demonstrated in Figure 6, the efficiency shown in Figure 7 indicates that the effectiveness of thermal-to-electrical energy conversion is not solely dependent on the magnitude of power generation but rather on the balance between thermal input, ΔT stability, and electrical load matching.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

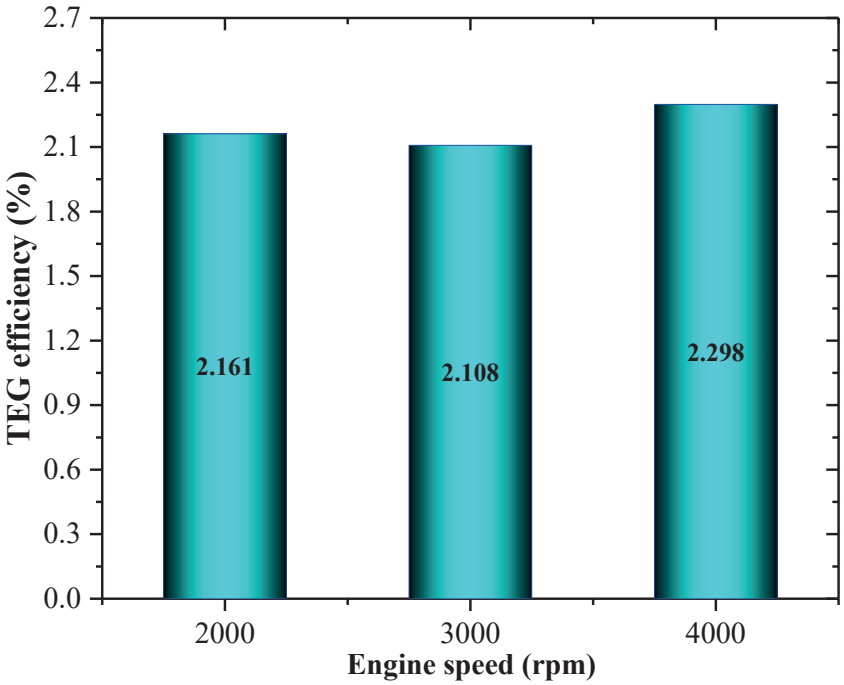


Figure 7. Variation of TEG efficiency with engine speed

In Figure 8, the variation of the recovered fuel energy through the TEG system with engine speed is presented. At 2000 rpm, the recovery ratio was recorded as 0.201, and this value slightly increased to 0.203 at 3000 rpm and 0.215 at 4000 rpm, indicating a modest yet consistent upward trend. These results show that although the absolute level of recovered fuel energy is low, it progresses positively with increasing engine speed.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

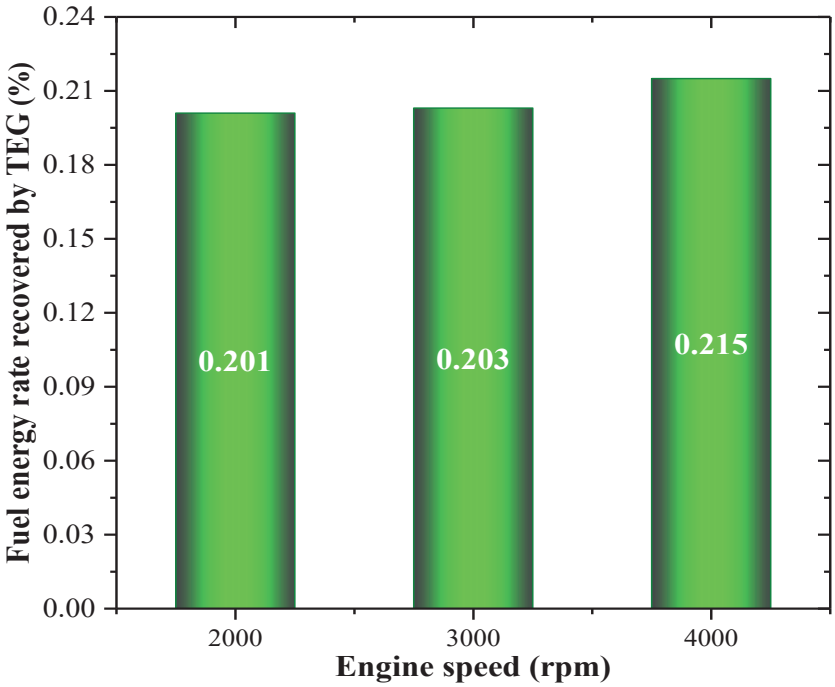


Figure 8. Variation of recovered fuel energy through the TEG with engine speed

CONCLUSION

Within the scope of this study, a thermoelectric generator (TEG) system integrated into the exhaust line of an internal combustion engine was experimentally evaluated. The temperature distributions of the exhaust gas, paraffin-based phase change material (PCM), and ECL were examined at different engine speeds, and based on these measurements, the voltage, current, power output, efficiency, and fuel-based energy recovery potential of the system were analyzed. By incorporating a paraffin PCM on the cold-side exchanger, the thermal stability of this section was investigated, and the engine speed-dependent behavior of the temperature difference across the TEG modules was characterized in detail. The key outcomes of this work can be summarized as follows:

- The hot-side surface temperatures of the TEG modules increased significantly with engine speed, and the exhaust inlet temperature rose from approximately 530 °C to 730 °C in the range of 2000–4000 rpm.
- The cold-side temperatures increased in a controlled manner due to the gradual heat absorption behavior of the paraffin, which contributed to a more uniform ΔT distribution across the system.
- Although the temperature difference decreased progressively from the first to the fifth TEM group along the exhaust flow direction, meaningful increases in open-circuit voltage, load voltage, and current were recorded at all module positions as engine speed increased.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- The electrical power output of the TEG system was approximately 40 W at 2000 rpm and rose to nearly 80 W at 4000 rpm, exhibiting a near twofold increase trend.
- The TEG system efficiency reached its highest value at 4000 rpm, indicating that the balance between thermal input and electrical output became more favorable at higher engine speeds.
- Although the fuel-based energy recovery ratio remained relatively low in absolute terms, it showed a positive increasing tendency with rising engine speed.

In general, it was concluded that the TEG system enhances the recoverable energy potential from the engine exhaust line, and that the use of a paraffin-based PCM contributes to a more controlled thermal distribution on the cold-side surface. For future studies, it is considered feasible to further improve system performance by incorporating thermally conductive additives (such as graphite or metallic particles) into the PCM structure and optimizing the exchanger surface geometry.

REFERENCES

Abadi, M. M. K. F., Liu, C., Zhang, M., Hu, Y., & Xu, Y. (2025). Leveraging AI for energy-efficient manufacturing systems: Review and future prospectives. Journal of Manufacturing Systems, 78, 153-177.

Al-Asmakh, A., Bicer, Y., & Al-Ansari, T. (2025). Alternative fuels and design modifications for environmentally sustainable marine vessels. Ocean Engineering, 330, 121226.

Bari, S., & Hossain, S. N. (2013). Waste heat recovery from a diesel engine using shell and tube heat exchanger. Applied Thermal Engineering, 61(2), 355-363.

Hannah Ritchie, Pablo Rosado, and Max Roser (2023) - "CO_2 and Greenhouse Gas Emissions" Published online at OurWorldinData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions' [Online Resource]

Kazmi, B., Taqvi, S. A. A., Zahid, U., & Azeem, B. (2025). 4E's (Energy, Exergy, Environment, and Economic) Evaluation of Biogas Purification Integrated with CHP Using Amine & Ionic Liquids. Process Safety and Environmental Protection, 107282.

Kühn, R., Koeppen, O., & Kitte, J. (2014). Influence of an optimized thermoelectric generator on the back pressure of the subsequent exhaust gas system of a vehicle. Journal of Electronic Materials, 43(6), 1521-1526.

Our World in Data (2024b). CO_2 Emissions by Fuel, https://ourworldindata.org/emissions-byfuel, Access Date: 12.02.2025.

Peng, H., Wang, J., Zhang, X., Ma, J., Shen, T., Li, S., & Dong, B. (2021). A review on synthesis, characterization and application of nanoencapsulated phase change materials for thermal energy storage systems. Applied Thermal Engineering, 185, 116326.

Rajagopal, M., & Natarajan, P. (2015). Experimental investigation on phase change material based thermal energy storage system for waste heat recovery from IC Engine exhaust. International Journal of Applied Engineering Research, 10(30), 2015.

Ritchie, H., Rosado P.& Roser, M. (2023). Energy, https://ourworldindata.org/energy, Access Date: 07.02.2025.

Ritchie, H., Rosado, P.& Roser, M. (2020). Energy Production and Consumption, https://ourworldindata.org/energy-production-consumption, Access Date: 07.02.2025.

Ritchie, H., Roser, M.& Rosado, P. (2020). Renewable Energy, https://ourworldindata.org/renewable-energy, Access Date: 14.02.2024.

Sahu, M. K., Singh, A. K., & Choudhary, T. (2022). Experimental investigation of thermal potential at diesel engine exhaust and numerical simulation of heat recovery in heat exchangers. Materials Today: Proceedings, 56, 220-225.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Selvam, C., Manikandan, S., Krishna, N. V., Lamba, R., Kaushik, S. C., & Mahian, O. (2020). Enhanced thermal performance of a thermoelectric generator with phase change materials. International Communications in Heat and Mass Transfer, 114, 104561.

Soto, G. H. (2024). Long run renewable energy productivity, carbon capture patents and air quality in Taiwan. Journal of Environmental Management, 351, 119925.

Tan, G., Ji, K., Guo, X., Yang, M., & Zuo, L. (2016, August). TEG cold side heat transfer analysis for harvesting the exhaust heat energy. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 50138, p. V003T01A037). American Society of Mechanical Engineers.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

SUSTAINABLE TRANSFORMATION IN BIODIESEL: PLASMA TECHNOLOGY

Güven DEMİRTAŞ[1], Hüseyin SÖYLER[2]

[1]Assistant Professor, Yozgat Bozok University, Alternative fuels, Energy, Internal combustion engine, guven.demirtas@yobu.edu.tr, 0000-0001-5341-001X

[2] Assistant Professor, Sinop University, Alternative fuels, Internal combustion engines, hsoyler@sinop.edu.tr, 0000-0002-1216-7049

Abstract

The conventional biodiesel production method, base-catalyzed transesterification, possesses significant disadvantages such as high energy requirements, long reaction times, and issues related to wastewater generation and saponification caused by the catalyst. These problems particularly complicate the processing of low-quality waste oils and adversely affect the process cost and environmental sustainability. This study evaluates biodiesel production via plasma technology, an alternative that offers considerable advantages compared to traditional methods.

Plasma is defined as the fourth state of matter, a high-energy mixture consisting of ions, electrons, and neutral particles. In biodiesel synthesis, non-thermal (cold) plasma systems such as Dielectric Barrier Discharge (DBD), corona discharge, or gliding arc are employed. In these systems, a high voltage is applied to a mixture of alcohol (typically methanol) and triglycerides to create a plasma field. The plasma dissociates alcohol molecules, generating highly reactive radicals (such as CH_2, OH, H, O) and ions. These high-energy species interact with triglyceride molecules, converting them into esters and glycerol.

This method has numerous superiorities compared to conventional methods. The process temperature is near ambient, and reaction times are on the order of seconds or minutes instead of hours. As it does not require a homogeneous catalyst (e.g., caustic soda), the saponification problem is avoided; consequently, no wash wastewater is generated, making the process more environmentally benign. Furthermore, low-quality waste cooking oils with high free fatty acid content can be processed with high efficiency (above 99%), as the plasma possesses the capacity to simultaneously carry out both transesterification and esterification reactions.

In conclusion, plasma technology is highly promising for biodiesel production in terms of its speed, efficiency, environmental friendliness, and feedstock flexibility. Current research is focused on optimizing the energy efficiency of the process, improving reactor design, and achieving the transition from pilot to industrial scale. The maturation of this technology has the potential to bring about a sustainable and economic transformation in the biodiesel industry.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Keywords: Biodiesel, Plasma Technology, Cold Plasma, Transesterification, Waste Oil, Renewable Energy.

BİYODİZELDE SÜRDÜRÜLEBİLİR DÖNÜŞÜM: PLAZMA TEKNOLOJİSİ

Özet

Geleneksel biyodizel üretim yöntemi olan baz katalizörlü transesterifikasyon, yüksek enerji gereksinimi, uzun reaksiyon süreleri, katalizörden kaynaklanan atık su ve sabunlaşma problemleri gibi önemli dezavantajlara sahiptir. Bu sorunlar, özellikle düşük kaliteli atık yağların işlenmesini zorlaştırmakta ve prosesin maliyeti ile çevresel sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunan bir alternatif olan plazma teknolojisi ile biyodizel üretimi değerlendirilmiştir.

Plazma, maddenin iyonlar, elektronlar ve nötr parçacıklardan oluşan yüksek enerjili dördüncü hali olarak tanımlanır. Biyodizel sentezinde, Dielektrik Bariyerli Deşarj, korona deşarjı veya gliding ark gibi termal olmayan (soğuk) plazma sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde, alkol (genellikle metanol) ve trigliserit karışımına yüksek voltaj uygulanarak bir plazma alanı oluşturulur. Plazma, alkol moleküllerini parçalayarak son derece reaktif radikaller (CH_2, OH, H, O gibi) ve iyonlar üretir. Bu yüksek enerjili türler, trigliserit moleküllerine etki ederek onları esterlere ve gliserine dönüştürür.

Bu yöntemin geleneksel yöntemlere kıyasla çok sayıda üstünlüğü bulunmaktadır. İşlem sıcaklığı oda sıcaklığına yakındır ve reaksiyon süreleri saatler yerine saniyeler veya dakikalar mertebesindedir. Homojen bir katalizör gerektirmediği için sabunlaşma sorunu yaşanmaz, bu nedenle yıkama atığı oluşmaz ve işlem daha çevrecidir. Aynı zamanda, yüksek serbest yağ asidi içeren düşük kaliteli atık yemek yağları yüksek verimle (%99'un üzerinde) işlenebilir, çünkü plazma hem transesterifikasyonu hem de esterifikasyon reaksiyonunu aynı anda gerçekleştirebilme kapasitesine sahiptir.

Sonuç olarak, plazma teknolojisi, hızı, verimi, çevre dostu olması ve ham madde esnekliği açısından biyodizel üretimi için son derece umut vericidir. Mevcut araştırmalar, prosesin enerji verimliliğinin optimize edilmesi, reaktör tasarımının iyileştirilmesi ve pilot ölçekten endüstriyel ölçeğe geçişin başarılması üzerine odaklanmıştır. Bu teknolojinin olgunlaşması, biyodizel endüstrisinde sürdürülebilir ve ekonomik bir dönüşümü beraberinde getirme potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Plazma Teknolojisi, Soğuk Plazma, Transesterifikasyon, Atık Yağ, Yenilenebilir Enerji.

1. INTRODUCTION

Biodiesel has emerged as a crucial renewable alternative to petroleum diesel, offering environmental benefits and energy security advantages. As global energy demand continues to rise due to expanding economic activity, population growth, and improving living standards, the transportation sector has become a determining factor in sustaining economic growth while managing environmental impact

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(Gebremariam, 2023). Traditional biodiesel production methods, while commercially established, face significant challenges that have prompted extensive research into alternative approaches.

The conventional biodiesel production method is based on transesterification, which is universally recognized as the most common and cost-effective approach for converting vegetable oils and animal fats into biodiesel (Mishra & Goswami, 2018; D. Singh vd., 2020; N. Singh vd., 2024). This process involves the chemical reaction of triglycerides (from vegetable oils or animal fats) with short-chain alcohols, typically methanol, in the presence of a catalyst to produce fatty acid methyl esters (biodiesel) and glycerol as a by product (Vilas Boas & Mendes, 2022). The transesterification reaction requires careful control of multiple parameters to achieve optimal conversion efficiency. These factors include reaction temperature, reaction time, molar ratio of alcohol to oil, catalyst type and concentration, and the quality of feedstock materials (Mishra & Goswami, 2018; Vilas Boas & Mendes, 2022). The process is particularly sensitive to water content and free fatty acid levels in the feedstock, which can significantly impact reaction efficiency and product quality.

Conventional biodiesel production predominantly employs homogeneous catalytic processes using strong acids and alkalis (Welter vd., 2023). Alkaline catalysts such as sodium hydroxide (NaOH) and potassium hydroxide (KOH) are commonly used for their effectiveness in promoting transesterification reactions. Acid catalysts, including sulfuric acid, are employed particularly when dealing with feedstocks containing high levels of free fatty acids. The traditional batch process remains the standard industrial approach, though continuous variations using stirred tank reactors in series have gained popularity. These homogeneous systems, while effective in achieving high conversion rates, present numerous operational challenges that have driven research toward alternative catalytic approaches(Kralova & Sjoblom, 2010).

Traditional homogeneous catalytic processes generate substantial environmental challenges that contradict biodiesel's intended eco-friendly nature. The conventional method produces large volumes of waste, requiring extensive waste management systems. High water consumption is necessary for multiple washing and purification steps, creating additional environmental burden and increasing the overall water footprint of biodiesel production. The use of hazardous reagents, including strong acids and bases, poses significant environmental and safety risks throughout the production process. These chemicals require careful handling, storage, and disposal, adding complexity to plant operations and increasing environmental liability. The economic viability of traditional biodiesel production faces multiple constraints. High operational costs stem from extensive reagent consumption, energy-intensive processing requirements, and complex downstream purification needs (Welter vd., 2023). The process demands high alcohol-to-oil molar ratios, often requiring 6:1 or higher ratios to achieve complete conversion, leading to excess alcohol that must be recovered and recycled (Kralova & Sj oblom, 2010).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Raw material costs represent approximately 70% of total production expenses, making feedstock selection and pricing critical economic factors (Vilas Boas & Mendes, 2022). The reliance on refined vegetable oils as primary feedstock creates competition with food markets, driving up costs and raising sustainability concerns about food security.

Homogeneous catalytic systems present significant technical challenges in catalyst recovery and reuse. Unlike heterogeneous catalysts, homogeneous catalysts dissolve in the reaction mixture, making separation and recovery extremely difficult and often economically unfeasible. This limitation necessitates continuous catalyst replacement, increasing operational costs and generating additional waste streams. The separation and purification of biodiesel from homogeneously catalyzed reactions require extensive downstream processing involving multiple washing steps, neutralization, and separation operations (Kayode & Hart, 2017). These processes are not only energy-intensive but also generate substantial wastewater requiring treatment before disposal. Mass transfer limitations in traditional batch processes can reduce reaction efficiency and extend processing times (Nayab vd., 2022). The heterogeneous nature of oil-alcohol mixtures creates mixing challenges that can result in incomplete conversion and reduced product quality.

Traditional methods face challenges in maintaining consistent product quality, particularly when processing feedstocks with varying compositions. High corrosivity and toxicity associated with the reaction mixture create additional handling and equipment challenges. Soap formation, particularly common in alkaline-catalyzed processes, complicates product separation and can reduce biodiesel yield and quality (Kayode & Hart, 2017). The sensitivity of traditional processes to feedstock quality means that variations in free fatty acid content, moisture levels, and impurities can significantly impact conversion efficiency and final product specifications. This sensitivity limits feedstock flexibility and often requires expensive feedstock pretreatment.

The substantial disadvantages of traditional biodiesel production methods have catalyzed extensive research and development efforts toward alternative approaches. The limitations of conventional homogeneous catalysis have shifted industry attention toward heterogeneous catalysts, which offer easier separation and recovery, reduced waste generation, and improved process economics (Nayab vd., 2022). Non-catalytic supercritical transesterification has emerged as a particularly promising alternative, offering advantages such as faster reaction rates, feedstock flexibility, elimination of catalyst-related separation issues, and reduced environmental impact (Silva & Oliveira, 2014). Despite higher operating pressures and temperatures, supercritical methods can achieve high conversion rates in significantly shorter reaction times. Enzymatic catalysis represents another alternative approach, offering mild reaction conditions, high selectivity, and easier product separation, though currently limited by higher catalyst costs and longer reaction times.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The disadvantages of traditional biodiesel production methods have profound implications for the industry's future development and commercial viability. As environmental regulations become more stringent and economic pressures intensify, the limitations of conventional approaches become increasingly problematic (Gebremariam, 2023). The industry's evolution toward more sustainable, efficient, and economically viable production processes reflects the critical need to address these traditional method limitations. Success in developing improved production technologies will be essential for biodiesel to achieve its potential as a mainstream renewable fuel alternative, contributing to energy security and environmental sustainability goals while maintaining economic competitiveness with petroleum-based fuels.

In order to improve biodiesel yield, shorten reaction times, and reduce environmental impacts, many alternative production methods have been developed. Beyond conventional chemical transesterification, new-generation physical and hybrid processes have attracted increasing interest. Among these, microwave-assisted, ultrasonic-assisted, electrochemical, and plasma-based systems stand out. Plasma technology, in particular, enables the dissociation of molecules in a high-energy environment, accelerating the reaction and achieving high conversion rates in a very short time. Furthermore, its ability to process low-quality waste oils and eliminate the need for catalysts makes it a cleaner and more sustainable approach for biodiesel production. The main objective of this study is to evaluate plasma technology as a sustainable, eco-friendly, and efficient alternative for biodiesel production. The study focuses on the fundamental mechanisms of plasma-assisted reactions, highlights the advantages of this method compared to conventional processes, and discusses its potential to improve energy efficiency while minimizing environmental impact. Overall, the research aims to provide a general assessment of the applicability of plasma technology as an innovative approach in future biodiesel production systems.

2. BASICS OF PLASMA TECHNOLOGY

Plasma is known as the fourth state of matter, following solid, liquid, and gas. When sufficient energy is applied to a gas, its atoms become ionized, forming a conductive mixture of ions and electrons. In this energetic environment, reactive species such as radicals and ions can rapidly initiate chemical reactions. Plasma technology represents a groundbreaking advancement in biodiesel production, harnessing the unique properties of the fourth state of matter to revolutionize traditional transesterification processes through innovative scientific principles and practical applications. When sufficient energy is applied to a gas, its atoms become ionized, forming a conductive mixture of ions and electrons that creates an energetic environment where reactive species such as radicals and ions can rapidly initiate chemical reactions (Asghari vd., 2022). Non-thermal (cold) plasma systems operate at near-ambient temperatures, fundamentally transforming biodiesel production by enabling alcohol and oil molecules to react directly without the need for catalysts, resulting in fast and efficient formation of esters and glycerol while significantly reducing processing complexity and costs.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Multiple studies demonstrate the remarkable temperature flexibility of this technology, with successful biodiesel production achieved at 25°C, 40°C, and room temperature (Oliveira Palm vd., 2022), showcasing its ability to operate under mild conditions that contrast sharply with conventional high-temperature, high-pressure processes. The efficiency of plasma-assisted transesterification is extraordinary, with reaction times as short as 16 seconds and conversion rates reaching up to 99% for waste glycerol processing (Jonathan Harris et al., 2018) and 95.9% for methyl ester synthesis (Asghari vd., 2022), demonstrating both speed and effectiveness that surpass traditional methods. Waste oil processing represents a particularly significant advantage, as the technology successfully converts various feedstocks including frying oils (Cubas vd., 2016), used cooking oils (Zara vd., 2020) and mixed oil systems (Zara vd., 2019), enabling the valorization of waste materials that would otherwise require disposal. The environmental benefits are substantial, with multiple studies confirming the elimination or significant reduction of glycerol by-products (Zara vd., 2019), addressing a major challenge in conventional biodiesel production while minimizing wastewater generation and reducing overall environmental impact.

Plasma systems used in biodiesel production employ various reactor configurations that harness non-thermal plasma technology to achieve efficient transesterification under mild operating conditions. DBD reactors represent the most commonly studied configuration, utilizing high-voltage electrodes to generate plasma fields that act as electrocatalysts, enabling triglycerides and methanol to react without traditional chemical catalysts (Zara vd., 2019, 2020). Corona discharge plasma systems offer another effective approach, successfully converting waste frying oils at ambient temperature (25°C) with reaction times of 110 minutes, achieving acid values as low as 0.43 mg KOH/g (Cubas vd., 2016). Advanced capillary discharge plasma reactors enable continuous biodiesel production, achieving 95.9% methyl ester content at optimized conditions including 6.2:1 methanol-to-oil ratios and 18 kV applied voltage, with power consumption of only 46.16 kJ/L (Asghari vd., 2022). Combined plasma jet-hydrodynamic systems integrate atmospheric cold plasma jets with mechanical mixing, reaching 83% conversion efficiency (Ansari Samani vd., 2023). These systems demonstrate remarkable feedstock flexibility, successfully processing various waste oils including used cooking oils and mixed oil systems, while operating at near-ambient temperatures and atmospheric pressure. The key advantages include elimination of chemical catalysts, dramatic reduction in reaction times from hours to minutes or even seconds and significant reduction or elimination of glycerol by-products (Harris vd., 2018). Plasma-assisted catalytic routes further enhance performance, showing synergistic effects that increase reaction rate constants and achieve high conversions in shorter times (Oliveira Palm vd., 2022), positioning these systems as promising technologies for sustainable, efficient biodiesel production.

These comprehensive advantages position plasma technology as a fast, efficient, and environmentally friendly method for biodiesel production that offers strong potential for sustainable energy

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

transformation, providing a viable pathway for clean fuel production that addresses multiple challenges simultaneously while opening new opportunities for green chemical processes and waste material biorefining (Harris vd., 2018).

3. MECHANISM OF BIODIESEL PRODUCTION WITH PLASMA

Plasma-based biodiesel production represents an innovative approach to converting vegetable oils into fatty acid methyl esters (FAME) using high-voltage electrical discharges. This technology leverages the ionization of molecules in gas or liquid phases to create reactive species including electrons, ions, radicals, and excited molecules that facilitate the conversion process.

The fundamental mechanism involves high-energy electrons generated from high-voltage power supplies that collide with reaction mixtures, affecting covalent bonding and causing molecular excitation, dissociation, or ionization. These reactive species break down alcohols, particularly methanol, to produce methoxy and hydrogen radicals that interact with triglyceride molecules to initiate transesterification and esterification reactions. However, research suggests the primary mechanism may be “non-thermal pyrolysis rather than transesterification” (Istadi vd., 2014), indicating the process complexity requires further investigation.

Multiple reactor configurations have been developed, including DBD reactors (Istadi vd., 2014), liquid-phase plasma discharge systems, oscillatory slug flow reactors. (Asghari vd., 2024), and capillary discharge plasma reactors (Asghari vd., 2023). These systems typically operate with various plasma carrier gases including argon and gas mixtures (Zara vd., 2019, 2020).

The formation of reactive species in plasma environments and their subsequent activation of transesterification and esterification reactions represents a complex electrochemical process that fundamentally transforms biodiesel production methodology. When high voltage is applied in plasma reactors, typically ranging from 10-20 kV as demonstrated across multiple studies (Zara vd., 2020), the intense electrical field ionizes molecules in both gas and liquid phases, creating a highly energetic environment populated by electrons, ions, radicals, and excited molecules. These high-energy electrons, supplied through high-voltage electrodes, collide with reaction mixtures and affect the electron pairs of covalent bonds, causing molecular excitation, dissociation, or complete ionization at higher energy levels (Istadi vd., 2014). The plasma environment particularly targets alcohol molecules, especially methanol, breaking them down into methoxy (CH_3O-) and hydrogen (H-) radicals through homolytic bond cleavage facilitated by electron impact and energy transfer processes. These newly formed radicals possess high reactivity due to their unpaired electrons, making them extremely effective at initiating chemical transformations that would otherwise require elevated temperatures or strong catalysts. When these methoxy and hydrogen radicals encounter triglyceride molecules present in vegetable oils, they initiate a cascade of transesterification and esterification reactions through radical-mediated pathways rather than conventional ionic mechanisms. The methoxy radicals

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

specifically attack the ester linkages in triglycerides, facilitating the exchange of the glycerol backbone with methanol molecules to form fatty acid methyl esters (biodiesel), while hydrogen radicals can participate in secondary reactions that promote bond reorganization and product stabilization. Research evidence supports this mechanism, with studies achieving remarkable conversion efficiencies of 99.5% in just 923 milliseconds (Wu vd., 2019) and 95.9% methyl ester content under optimized conditions (Asghari vd., 2023), demonstrating the exceptional reactivity of plasma-generated species. However, the complexity of this radical-mediated process extends beyond simple transesterification, as one comprehensive study revealed that the main reaction mechanism occurring in plasma electro-catalysis systems was "non-thermal pyrolysis rather than transesterification" (Istadi vd., 2014), suggesting that the high-energy environment creates multiple competing reaction pathways including C-C bond cleavage, molecular rearrangement, and formation of various hydrocarbon products.

4. ADVANTAGES OF PLASMA TECHNOLOGY OVER TRADITIONAL METHODS

Plasma technology represents a revolutionary advancement in biodiesel production, offering compelling advantages over traditional transesterification methods that address fundamental limitations of conventional processes. The most transformative advantage is catalyst-free operation, eliminating the complex challenges associated with homogeneous and heterogeneous catalysts used in traditional methods (Cubas vd., 2016; Fakhri vd., 2018; Zara vd., 2019). Conventional alkaline-catalyzed processes suffer from sensitivity to free acid and water contamination, leading to soap formation that complicates product separation and reduces efficiency. Acid-catalyzed processes, while avoiding soap formation, introduce corrosive conditions that damage equipment and significantly reduce reaction rates (Istadi vd., 2009). Plasma technology circumvents these issues entirely, providing clean conversion without catalyst-related complications.

The elimination of glycerol by product formation represents another major breakthrough, as conventional transesterification produces substantial glycerol quantities requiring complex, energy-intensive separation processes involving large amounts of water (Anisa vd., 2020; Zara vd., 2019). This glycerol-free production simplifies downstream processing, reduces waste generation, and eliminates costly purification steps (Cubas vd., 2016; Fakhri vd., 2018). The economic implications are significant, as glycerol separation and disposal represent major cost centers in traditional biodiesel production.

Reaction efficiency demonstrates plasma technology's superiority through dramatically reduced processing times and enhanced conversion rates. (Bashir vd., 2022) identified liquid-phase plasma discharge as achieving remarkable 99.5% yield in seconds, compared to hours required by conventional methods. This acceleration stems from plasma's ability to generate highly reactive species that facilitate rapid molecular decomposition and esterification (Buchori vd., 2016). The

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

technology also operates effectively at ambient temperatures, with (Cubas vd., 2016) reporting optimal conditions at 25°C, eliminating energy-intensive heating requirements that increase operational costs in traditional processes.

Operational advantages extend to equipment longevity and process simplicity. Plasma reactors avoid the corrosive environments created by acid catalysts, reducing maintenance costs and extending equipment life (Istadi vd., 2009). The absence of catalyst recovery and regeneration steps further simplifies operations while reducing chemical consumption and waste generation (Babadi vd., 2022). Additionally, plasma technology demonstrates versatility in feedstock utilization, effectively processing waste oils and high free fatty acid materials that challenge conventional methods (Cubas vd., 2016).

Environmental benefits compound these operational advantages, as plasma processes generate minimal waste, eliminate catalyst disposal issues, and reduce overall energy consumption (Asghari vd., 2022). The technology's ability to process waste materials like used cooking oil transforms environmental liabilities into valuable biofuel resources (Anisa vd., 2020). Furthermore, the simplified process design reduces capital investment requirements while improving product quality through elimination of catalyst contamination (Fakhri vd., 2018). These comprehensive advantages position plasma technology as a superior alternative that overcomes the bottlenecks limiting conventional biodiesel production, offering a pathway toward more sustainable, efficient, and economically viable biofuel manufacturing.

5. DISCUSSION AND FUTURE APPLICABILITY OF THE TECHNIQUE

As discussed in previous sections, plasma technology offers a clean, efficient, and catalyst-free alternative for biodiesel production under mild operating conditions. This section focuses on evaluating these advantages in terms of energy performance, economic feasibility, and industrial applicability. From an energy perspective, plasma systems stand out for their ability to complete reactions within seconds. However, the high-voltage requirements can increase energy consumption if not properly optimized. Therefore, further research should focus on enhancing energy efficiency through improved electrode materials, power control systems, and energy recovery mechanisms. Integrating plasma reactors with renewable energy sources such as solar, wind, or biogas would significantly reduce the carbon footprint and strengthen the sustainability of the process.

Economically, plasma technology may involve higher initial investment costs compared to conventional systems, but the elimination of catalysts, solvents, and water use substantially lowers long-term operating expenses. Furthermore, the reduction of soap and glycerol formation simplifies purification steps, reduces energy consumption, and minimizes waste generation. These factors contribute to improved process efficiency and lower total production costs over time. At the industrial scale, several challenges remain, particularly regarding reactor durability, electrode lifetime, thermal

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

control, and performance stability during continuous operation. In this context, the development of continuous-flow plasma reactors and hybrid systems (such as plasma–catalytic or plasma–ultrasonic configurations) should be key priorities for future research. Additionally, applying artificial intelligence and computational modeling techniques for process optimization can help fine-tune operating parameters, reduce energy use, and improve product quality.

In conclusion, plasma-assisted biodiesel production demonstrates strong potential for sustainable fuel manufacturing due to its energy efficiency, environmental benefits, and ability to utilize waste oils. Beyond biodiesel, the advancement of plasma technology could also contribute to other renewable energy applications such as green hydrogen, biogas, and synthetic fuel production, making it a versatile tool for the broader transition toward a low-carbon and circular energy economy.

6. Conclusion

This study evaluated the applicability and potential of plasma technology in biodiesel production and its role in sustainable energy transformation. The findings and existing literature indicate that plasma-based systems offer significant advantages due to their ability to operate at low temperatures, eliminate the need for catalysts, and efficiently convert low-quality feedstocks such as waste oils into biodiesel. Plasma technology represents not only an alternative production method but also an innovative approach that may define a new era in biodiesel synthesis. The substantial reduction in reaction time, lower energy demand, and minimized environmental impact demonstrate that this technique is both economically and ecologically viable.

However, for widespread industrial application, further research is required on reactor durability, energy efficiency, continuous-flow system design, and cost optimization. Integrating plasma systems with renewable energy sources could play an important role in reducing carbon emissions and strengthening the circular energy economy. Moreover, developing hybrid configurations that combine plasma with catalytic or ultrasonic processes may further enhance conversion efficiency while minimizing energy consumption. In conclusion, plasma-assisted biodiesel production has strong potential to become one of the key methods for sustainable fuel generation in the future. This technology contributes to environmental protection by enabling the valorization of waste oils and also supports energy security by providing a reliable and clean alternative to fossil fuels. With appropriate optimization and technological maturity, plasma-based systems are expected to achieve industrial scalability and establish a new paradigm in renewable fuel production.

Reference

Anisa, S. F., Nabilla, S., Zara, K., & Bismo, S. (2020). Characteristics of biodiesel synthesis from used palm oil and methanol reactants in the DBD plasma reactor using argon. *AIP Conference Proceedings*, *2259*, 030002. https://doi.org/10.1063/5.0014810

Ansari Samani, M., Hosseinzadeh Samani, B., Ghasemi-Varnamkhasti, M., Rostami, S., & Ebrahimi, R. (2023). Biodiesel production from sunflower oil using a combined atmospheric cold plasma jet-hydrodynamic reactor. *Biofuels*, *14*(9), 895-905. https://doi.org/10.1080/17597269.2023.2190569

Asghari, M., Hosseinzadeh Samani, B., & Ebrahimi, R. (2022). Review on non-thermal plasma technology for biodiesel production: Mechanisms, reactors configuration, hybrid reactors. *Energy Conversion and Management*, *258*, 115514. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115514

Asghari, M., Hosseinzadeh Samani, B., Ebrahimi, R., Rostami, S., & Fayyazi, E. (2023). Optimization of a novel liquid phase capillary discharge plasma reactor for continuous methyl ester synthesis. *Energy Conversion and Management*, *277*, 116667. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.116667

Asghari, M., Samani, B. H., Ebrahimi, R., Rostami, S., & Fayyazi, E. (2024). Optimization of methyl ester synthesis using gas/liquid phase pulsed discharge plasma in a novel oscillatory slug flow reactor. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *16*(2). https://doi.org/10.1063/5.0186653

Babadi, A. A., Rahmati, S., Fakhlaei, R., Barati, B., Wang, S., Doherty, W., & Ostrikov, K. (Ken). (2022). Emerging technologies for biodiesel production: Processes, challenges, and opportunities. *Biomass and Bioenergy*, *163*, 106521. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106521

Bashir, M. A., Wu, S., Zhu, J., Krosuri, A., Khan, M. U., & Ndeddy Aka, R. J. (2022). Recent development of advanced processing technologies for biodiesel production: A critical review. *Fuel Processing Technology*, *227*, 107120. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107120

Buchori, L., Istadi, I., & Purwanto, P. (2016). Advanced Chemical Reactor Technologies for Biodiesel Production from Vegetable Oils—A Review. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, *11*(3), 406-430. https://doi.org/10.9767/bcrec.11.3.490.406-430

Cubas, A. L. V., Machado, M. M., Pinto, C. R. S. C., Moecke, E. H. S., & Dutra, A. R. A. (2016). Biodiesel production using fatty acids from food industry waste using corona discharge plasma technology. *Waste Management*, *47*, 149-154. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.040

Fakhri, S. N., Ramadhani, S. D., & Bismo, S. (2018). Coaxial dielectric barrier discharge plasma reactor for biodiesel production from palm oil and methanol. *E3S Web of Conferences*, *67*, 02009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186702009

Gebremariam, S. N. (2023). Biodiesel as a transport fuel, advantages and disadvantages: Review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *17*(5), 1445-1456. https://doi.org/10.1002/bbb.2503

Harris, J., Phan, A. N., & Zhang, K. (2018). Cold plasma catalysis as a novel approach for valorisation of untreated waste glycerol. *Green Chemistry*, *20*(11), 2578-2587. https://doi.org/10.1039/c8gc01163j

Istadi, I., Anggoro, D. D., Marwoto, P., Suherman, S., & Nugroho, B. T. (2009). Biodiesel Production from Vegetable Oil over Plasma Reactor: Optimization of Biodiesel Yield using Response Surface Methodology. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, *4*(1), 23-31. https://doi.org/10.9767/bcrec.4.1.7115.23-31

Istadi, I., Yudhistira, A. D., Anggoro, D. D., & Buchori, L. (2014). Electro-Catalysis System for Biodiesel Synthesis from Palm Oil over Dielectric-Barrier Discharge Plasma Reactor. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, *9*(2), 111-120. https://doi.org/10.9767/bcrec.9.2.6090.111-120

Kayode, B., & Hart, A. (2017). An overview of transesterification methods for producing biodiesel from waste vegetable oils. *Biofuels*, *10*(3), 419-437. https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1306683

Kralova, I., & Sjoblom, J. (2010). Biofuels–Renewable Energy Sources: A Review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, *31*(3), 409-425. https://doi.org/10.1080/01932690903119674

Mishra, V. K., & Goswami, R. (2018). A review of production, properties and advantages of biodiesel. *Biofuels*, *9*(2), 273-289. https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1336350

Nayab, R., Imran, M., Ramzan, M., Tariq, M., Taj, M. B., Akhtar, M. N., & Iqbal, H. M. N. (2022). Sustainable biodiesel production via catalytic and non-catalytic transesterification of feedstock materials – A review. *Fuel*, *328*, 125254. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125254

Oliveira Palm, M. ira, Luchetti Alves de Freitas Barbosa, S., Wilgen Gonçalves, M., Duarte, D. A., de Camargo Catapan, R., & Silva de Carvalho Pinto, C. atia R. (2022). Plasma-assisted catalytic route for transesterification reactions at room temperature. *Fuel*, *307*, 121740. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121740

Silva, C. da, & Oliveira, J. V. (2014). Biodiesel production through non-catalytic supercritical transesterification: Current state and perspectives. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, *31*(2), 271-285. https://doi.org/10.1590/0104-6632.20140312s00002616

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Singh, D., Sharma, D., Soni, S. L., Sharma, S., Kumar Sharma, P., & Jhalani, A. (2020). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, *262*, 116553. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116553

Singh, N., Saluja, R. K., Rao, H. J., Kaushal, R., Gahlot, N. K., Suyambulingam, I., Sanjay, M. R., Divakaran, D., & Siengchin, S. (2024). Progress and facts on biodiesel generations, production methods, influencing factors, and reactors: A comprehensive review from 2000 to 2023. *Energy Conversion and Management*, *302*, 118157. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118157

Vilas Boas, R. N., & Mendes, M. F. (2022). A REVIEW OF BIODIESEL PRODUCTION FROM NON-EDIBLE RAW MATERIALS USING THE TRANSESTERIFICATION PROCESS WITH A FOCUS ON INFLUENCE OF FEEDSTOCK COMPOSITION AND FREE FATTY ACIDS. *Journal of the Chilean Chemical Society*, *67*(1), 5433-5444. https://doi.org/10.4067/s0717-97072022000105433

Welter, R. A., Santana, H. S., Gaziola de la Torre, L., Barnes, M. C., Taranto, O. P., & Oelgem\" oller, M. (2023). Biodiesel Production by Heterogeneous Catalysis and Ecofriendly Routes. *ChemBioEng Reviews*, *10*(2), 86-111. https://doi.org/10.1002/cben.202200062

Wu, S., Bashir, M. A., Hsieh, H., Krosuri, A., & McDonald, A. (2019). Highly Efficient Biodiesel Conversion from Soybean Oil Using Liquid-Phase Plasma Discharge Technology. *Transactions of the ASABE*, *62*(5), 1129-1134. https://doi.org/10.13031/trans.13534

Zara, K., Anisa, S. F., Nabilla, S., & Bismo, S. (2019). Biodiesel synthesis in DBD plasma reactor using hot mixture of castor oil and used palm oil—Methanol. *AIP Conference Proceedings*, *2175*, 020006. https://doi.org/10.1063/1.5134570

Zara, K., Nabilla, S., Annisa, S. F., & Bismo, S. (2020). Characteristics of biodiesel production from cold plasma DBD reactors using a warm mixed castor oil and used oil. *AIP Conference Proceedings*, *2259*, 030001. https://doi.org/10.1063/5.0014523

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF USING MWCNT-ENHANCED VEGETABLE-BASED NANOFLUID ON SURFACE CHARACTERIZATION IN TURNING OF INCONEL 718 ALLOY

Ayşegül Çakır Şencan[1*]

[*1]Zonguldak Bülent Ecevit University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, Zonguldak, Türkiye.
ORCID Code: https://orcid.org/0000-0002-0506-6522

ABSTRACT

Inconel 718 is a nickel-based superalloy widely used in aerospace and energy industries due to its high strength, excellent corrosion resistance, and ability to retain mechanical integrity at elevated temperatures. However, its high hardness and wear resistance make machining difficult, requiring optimized cooling and lubrication strategies. In this context, the Minimum Quantity Lubrication (MQL) technique combined with environmentally friendly vegetable-based cutting fluids has gained significant attention for improving cutting performance while supporting sustainable manufacturing. Furthermore, incorporating nanoparticles with superior thermal conductivity and lubricating properties into base fluids to form nanofluids has proven effective in enhancing machinability. In the present study, multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) possessing high thermal conductivity and lubricity were dispersed in sunflower oil at a 0.5 vol.% concentration to prepare a nano-enhanced cutting fluid. The modified and pure sunflower oils were each applied through the MQL system in the turning of Inconel 718 under identical conditions, alongside dry cutting trials for comparison. Experiments were performed at two cutting speeds (75 m/min and 125 m/min) using a fresh cutting insert for each test. Surface roughness (Ra) measurements were taken at three different points on each specimen over an 8 mm cut-off length, and average values were reported. Results demonstrated that the use of vegetable-based cutting fluids significantly improved surface quality compared to dry machining. Moreover, the inclusion of MWCNT nanoparticles further enhanced lubrication and heat dissipation, leading to a 66% reduction in Ra compared to dry cutting, while conventional MQL achieved a 35% decrease. The improvement was more pronounced at higher cutting speeds, highlighting the importance of an effective cooling strategy under intensified thermal conditions. Overall, the study confirms that Nano-MQL offers a sustainable and efficient approach for improving surface integrity during the machining of hard-to-cut materials such as Inconel 718.

Keywords: Inconel 718, turning, MQL, sunflower oil, MWCNT, nanofluid

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MWCNT KATKILI BİTKİSEL NANOAKIŞKAN KULLANIMININ INCONEL 718 ALAŞIMININ TORNALANMASINDA YÜZEY KARAKTERİZASYONUNA ETKİSİ

ÖZET

Inconel 718, yüksek mukavemeti, mükemmel korozyon direnci ve yüksek sıcaklıklarda mekanik kararlılığını koruma özelliği sayesinde havacılık ve enerji sektörlerinde yaygın olarak kullanılan nikel esaslı bir süperalaşımdır. Ancak, yüksek sertlik ve aşınma direnci bu malzemenin işlenebilirliğini zorlaştırmakta ve uygun soğutma–yağlama stratejilerinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, çevre dostu bitkisel bazlı kesme sıvıları ile Minimum Miktarda Yağlama (MMY) yönteminin bir arada kullanımı, hem kesme performansını artırmak hem de sürdürülebilir üretimi desteklemek açısından önem kazanmaktadır. Ayrıca, yüksek ısı iletkenliği ve yağlayıcılık özelliklerine sahip nanoparçacıkların baz sıvılara eklenmesiyle elde edilen nanoakışkanlar, zor işlenebilir malzemelerin talaşlı imalatında önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, yüksek ısı iletkenliği ve yağlayıcılık özellikleriyle bilinen çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT) %0,5 hacim oranında ayçiçek yağına eklenerek nanoakışkan hazırlanmıştır. Elde edilen nanoakışkan ve saf ayçiçek yağı, Inconel 718 alaşımının tornalanmasında MMY sistemiyle uygulanmış; ayrıca kuru kesme koşullarıyla karşılaştırılmıştır. Deneyler, 75 m/dk ve 125 m/dk olmak üzere iki farklı kesme hızında gerçekleştirilmiş; her testte yeni bir kesici uç kullanılmıştır. Numunelerin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üç farklı noktada, 8 mm cut-off uzunluğunda ölçülerek ortalama değerler hesaplanmıştır. Sonuçlar, bitkisel bazlı kesme sıvısının kuru kesmeye göre yüzey kalitesini belirgin şekilde iyileştirdiğini göstermiştir. Özellikle MWCNT katkılı nanoakışkan, ısı taşınımı ve yağlayıcılığı artırarak Ra değerlerinde %66, saf MMY koşullarında ise %35 azalma sağlamıştır. Bu etkinin yüksek kesme hızlarında daha belirgin olduğu gözlenmiş ve uygun soğutma stratejisinin seçiminde kritik öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak, Nano-MMY yönteminin Inconel 718 gibi zor işlenebilir malzemelerin tornalanmasında çevre dostu ve verimli bir alternatif sunduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Inconel 718, tornalama MMY, ayçiçek yağı, MWNCT, nanoakışkan

KAYNAKÇA

Akyürek, E. F. (2022). Al2O3-MWCNT/saf su hibrit nanoakışkanının ısıl iletkenlik ve viskozite değerlerinin belirlenmesi. Erzurum Teknik Üniversitesi, 134-150.

Akın, İ., Çakır Şencan, A., Erdoğan, B., Şencan C. (2025) Ti6Al4V Titanyum Alaşiminin Tornalanmasinda Mono ve Hibrit Nanoakişkan Kullanilan MMY Yönteminin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi, 20. Uluslararasi İstanbul Fen, Mühendislik, Mimarlik ve Matematik Bilimlerinde Bilimsel Araştirmalar Kongresi (21-23 Şubat), Sayfa:288-295. https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8553-0-2.2025.2034.

Ali, A., Koloor, S. S. R., Alshehri, A. H., & Arockiarajan, A. (2023). Carbon nanotube characteristics and enhancement effects on the mechanical features of polymer-based materials and structures–A review. Journal of Materials Research and Technology, 24, 6495-6521.

Alsoruji, G., Muthuramalingam, T., Moustafa, E. B., & Elsheikh, A. (2022). Investigation and TGRA based optimization of laser beam drilling process during machining of Nickel Inconel 718 alloy. Journal of Materials Research and Technology, 18, 720-730.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Çelik, M., Şencan, A. Ç., Şirin, Ş., Erdoğan, B., & Şencan, C. (2024). Effect of hBN and SDS added vegetable based cutting fluid application on the performance of turning Ti6Al4V alloys: a comparative analysis with Taguchi and ANN approaches. Materials Chemistry and Physics, 322, 129552.

Khanna, N., Agrawal, C., Gupta, M. K., & Song, Q. (2020). Tool wear and hole quality evaluation in cryogenic Drilling of Inconel 718 superalloy. Tribology International, 143, 106084.

Li, M., Yu, T., & Zhang, R. (2020). Experimental evaluation of an eco-friendly grinding process combining minimum quantity lubrication and graphene-enhanced plant-oil-based cutting fluid. Journal of Cleaner Production.

Lotfi, M., Farid, A. A., Akbari, J., Sharif, S., & Mohruni, A. S. (2022). Evaluation of surface integrity when drilling Inconel 718 through experimental measurement and finite element analysis. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 119(7), 4237-4248.

Sen, B., Mia, M., Krolczyk, G.M. et al. (2021) Eco-Friendly Cutting Fluids in Minimum Quantity Lubrication Assisted Machining: A Review on the Perception of Sustainable Manufacturing. Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech. 8, 249–280.

Sharma, A. K., Tiwari, A. K., Dixit, A. R., & Singh, R. K. (2020). Measurement of machining forces and surface roughness in turning of AISI 304 steel using alumina-MWCNT hybrid nanoparticles enriched cutting fluid. Measurement, 150, 107078.

Şencan, A. Ç., Duran, A., Şeker, U., Koçak, M. R., & Şencan, C. (2025)The Effect of Internal and External MQL Methods Used for Environmentally Friendly Manufacturing on Machining Performance in Drilling AA2024 Alloys: A Comparison for ANN And Taguchi Analyzes.Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 27(79), 86-98.

Ulus, H., Üstün, T., Eskizeybek, V., Şahin, Ö. S., Avcı, A., & Ekrem, M. (2014). Boron nitride-MWCNT/epoxy hybrid nanocomposites: Preparation and mechanical properties. Applied Surface Science, 318, 37-42.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THREE-POINT BENDING ANALYSIS OF LATTICE STRUCTURES WITH HOMOGENIZATION METHOD

Hasan Yıldırım

Yıldız Technical University, Mechanical Engineering, Istanbul, Turkey
ORCID Code: 0009-0007-2873-7759

ABSTRACT

Due to their advantageous properties such as high mechanical strength, energy absorption capacity, specific stiffness, and lightness, lattice structures are widely used across a broad range of engineering applications. In this study, three-point bending tests were conducted on samples constructed using three different lattice types—Body-Centered Cubic (BCC), Honeycomb, and Gyroid—each with three different unit cell sizes.

The primary objective of this study is to evaluate the mechanical performance of the samples more efficiently and with lower computational cost by employing a homogenization-based modeling approach. In this context, the samples prepared using nTopology software were analyzed using both the conventional solid modeling method and a homogenization-based approach.

The results obtained from solid finite element method (FEM) analyses and homogenization-based simulations, were compared and evaluated. The findings indicate that the homogenization method shows a high degree of agreement with results of the solid FEM analyses. As expected, the traditional solid mesh approach yields more accurate results; however, it was observed that this method presents significant disadvantages in terms of computational time and resource consumption as the model complexity increases.

Keywords: Lattice Structures, Homogenization, Additive Manufacturing, Three-Point Bending Test

ÖZET

Yüksek mekanik dayanım, enerji emilim kapasitesi, özgül rijitlik (specific stiffness) ve hafiflik gibi avantajlı özelliklerinden dolayı, kafes (lattice) yapılar mühendislik alanında geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, üç farklı kafes tipi—Kübik Hücre Merkezli (BCC), Petek (Honeycomb) ve Gyroid—ve her bir yapı için üç farklı birim hücre boyutu kullanılarak oluşturulan numunelere üç nokta eğilme (three-point bending) testleri uygulanmıştır.

Çalışmanın temel amacı, numunelerin mekanik dayanımını hem daha hızlı hem de daha az hesaplama maliyeti ile değerlendirebilmek adına, homojenizasyon yöntemi kullanılarak modellenmesidir. Bu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

kapsamda, nTopology yazılımı aracılığıyla hazırlanan numuneler, hem geleneksel katı (solid) modelleme yöntemi hem de homojenizasyon temelli yaklaşımla analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda elde edilen sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ve homojenizasyon yöntemi verileri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, homojenizasyon yönteminin FEM analizleriyle yüksek düzeyde uyum sağladığını ortaya koymuştur. Beklenildiği üzere, geleneksel FEM mesh yaklaşımı daha hassas sonuçlar üretmektedir; ancak modelin karmaşıklığının artması durumunda bu yöntemin hesaplama süresi ve kaynak tüketimi açısından önemli dezavantajlar barındırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kafes Yapılar, Homojenleştirme Metodu, Katmanlı Üretim, Üç Nokta Eğilme Testi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ZAMAN SERILERINDE EKSIK VERI TAMAMLAMA YÖNTEMLERININ KARŞILAŞTIRMALI ANALIZI: METEOROLOJIK VERILER ÜZERINE BIR UYGULAMA

Emin Demir*, Yusuf Ziya AYIK[2]

*[1]Atatürk University, Graduate School of Social Sciences, Department of Management Information Systems, Erzurum, Türkiye.
[2]Atatürk University, Vocational School of Technical Sciences, Computer Technologies Program, Erzurum.
ORCID Code: (**ORCID:0009-0007-9657-2079; ORCID:0000-0002-7857-9417)**

ABSTRACT

Zaman serilerinde eksik veri problemi, özellikle meteorolojik ölçümler gibi sürekli gözleme dayalı alanlarda modelleme doğruluğunu doğrudan etkileyen temel bir sorundur. Eksik gözlemlerin doğru biçimde tamamlanamaması, öngörü ve tahmin performansında sistematik hatalara yol açmaktadır. Bu çalışmada, eksik veri tamamlama (imputation) yöntemlerinin performansı, gerçek meteorolojik zaman serisi verileri üzerinde karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada üç farklı eksiklik senaryosu tanımlanmış, özellikle Günlük Ortalama Sıcaklık değişkeni üzerinde %10 oranında rastgele eksiklik (MCAR) simüle edilmiştir. Eksik verilerin tamamlanmasında Basit istatistiksel yöntemler (Ortalama, Forward Fill), Orta düzey yöntem (KNN Imputer) ve Gelişmiş derin öğrenme tabanlı yöntem (Autoencoder) karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, eksikliklerin seyrek ve rastgele biçimde dağıldığı zaman serilerinde Forward Fill yönteminin en düşük hata değerlerini verdiğini (RMSE = 2.01, R^2 = 0.89) göstermiştir. Buna karşın Autoencoder modeli, yüksek model karmaşıklığına rağmen yerel sürekliliği yakalayamamış ve hata düzeyi basit yöntemlerle benzer çıkmıştır. Bulgular, yöntem seçiminin yalnızca algoritmik karmaşıklığa değil, eksik veri yapısının (oran, dağılım, ardışıklık) özelliklerine bağlı olarak belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, çalışma, eksik veri tamamlama sürecinin veri ön işleme aşamasında stratejik bir karar olarak ele alınması gerektiğini ve basit yöntemlerin belirli koşullarda daha güvenilir sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Keywords: Eksik Veri Tamamlama, Meteorolojik veri, Zaman Serisi Analizi, Forward Fill

COMPARATIVE ANALYSIS OF MISSING DATA IMPUTATION METHODS IN TIME SERIES: AN APPLICATION ON METEOROLOGICAL

INTRODUCTION

Veri analitiği ve yapay zekâ uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan temel problemlerden biri, eksik veri (missing data) olgusudur. Gözlem hataları, ölçüm cihazlarındaki arızalar, veri aktarımındaki kesintiler veya çevresel koşullardan kaynaklanan belirsizlikler, verilerin belirli kısımlarının kaybolmasına veya

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

eksik kaydedilmesine neden olmaktadır (Esperanza, 2024; Karepova, Shan'ko, Tokarev ve Petrakova, 2025). Özellikle zaman serisi verilerinde eksiklikler yalnızca bireysel gözlemleri değil, aynı zamanda verinin süreklilik ve mevsimsellik yapısını da bozarak model performansını ciddi biçimde düşürebilmektedir. Eksik veriler uygun biçimde ele alınmadığında, modelin öğrenme sürecinde önyargılar (bias) oluşur, varyans artar ve genelleme yeteneği zayıflar. Bu nedenle eksik verilerin doğru biçimde tamamlanması, istatistiksel tutarlılığın ve tahmin güvenirliğinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Eksik veri problemi, literatürde verilerin rastgelelik düzeyine göre üç ana kategoriye ayrılmaktadır (Mirzaei, Carter, Patanwala ve Schneider, 2022; Zhou, Aryal ve Bouadjenek, 2024):

1. MCAR (Missing Completely at Random): Eksiklik tamamen rastgele olup herhangi bir değişkenle ilişkili değildir.

2. MAR (Missing at Random): Eksiklik, başka bir gözlenen değişkenle ilişkilidir; örneğin düşük nem değerlerinin kaydedilmemesi.

3. MNAR (Missing Not at Random): Eksiklik, doğrudan kendi değeriyle ilişkilidir; örneğin aşırı sıcak günlerde sensörün arıza yapması gibi durumlar.

Bu sınıflandırma, uygun eksik veri tamamlama (imputation) yönteminin seçilmesinde belirleyici rol oynamaktadır (Little ve Rubin, 2002; Schafer ve Graham, 2002). Çünkü her yöntem belirli bir eksiklik desenine göre daha başarılı veya yetersiz sonuç verebilmektedir.

Eksik veri tamamlama teknikleri, literatürde basit istatistiksel yaklaşımlardan gelişmiş makine öğrenimi temelli yöntemlere kadar geniş bir yelpazede incelenmiştir. Basit yöntemler arasında ortalama (mean), medyan (median), ileri doldurma (forward fill) ve enterpolasyon (interpolation) gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar, hesaplama açısından hızlı ve kolaydır; ancak yüksek oranlı veya ardışık (blok) eksikliklerde eğilimleri doğru yansıtamayabilirler. Daha gelişmiş yöntemler arasında K-En Yakın Komşu (KNN) Imputer, Çoklu İteratif İmputasyon (MICE) ve MissForest gibi algoritmalar yer almaktadır. Bu teknikler, değişkenler arası ilişkileri kullanarak eksik değerleri tahmin eder ve özellikle çok değişkenli zaman serilerinde daha başarılı sonuçlar verir (Jerez ve diğerleri, 2010; Stekhoven ve Bühlmann, 2012).

Eksik veri oranı ve eksikliğin dağılım yapısı (örneğin seyrek veya ardışık olması), yöntemin performansını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Düşük oranlı, rastgele eksikliklerde basit yöntemler yeterli olurken; yüksek oranlı veya ardışık (blok yapılı) eksikliklerde ilişkisel yaklaşımlar (KNN, MissForest, IterativeImputer) genellikle daha başarılı sonuçlar vermektedir (Ahn, Sun ve Kim, 2021; Zhang ve diğerleri, 2021). Bu nedenle doğru yöntemin seçimi, yalnızca eksiklik oranına değil, aynı zamanda eksiklik desenine (missingness pattern) de bağlıdır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Son yıllarda yapılan çalışmalar, eksik veri işlemenin yalnızca veri temizleme aşamasında değil, aynı zamanda model performansını doğrudan etkileyen bir faktör olduğunu ortaya koymuştur. zaman serilerinde farklı imputation yöntemlerinin tahmin doğruluğu üzerindeki etkisini incelemiş ve en uygun yöntemin veri yapısına göre değiştiğini göstermiştir. Benzer biçimde (Tang ve Ishwaran, 2017), rastgele oranda eksikliği bulunan tıbbi verilerde MissForest algoritmasının klasik istatistiksel yöntemlere göre daha kararlı sonuçlar ürettiğini bildirmiştir.

Bu çalışma, söz konusu literatürden hareketle, gerçek dünya meteorolojik verileri üzerinde farklı eksik veri tamamlama yöntemlerinin performansını karşılaştırmalı olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Veri setinde bazı değişkenlerde doğal eksiklikler bulunması (örneğin "Toplam Buharlaşma" %4,56; "Açık Yüzey Buharlaşma" %26,64), yöntemin farklı oran ve dağılım koşullarındaki davranışını değerlendirmek için uygun bir zemin sunmaktadır. Böylece, eksik veri oranı ve deseninin model başarısına etkisi gerçek veriler üzerinden gözlemlenebilecek ve yöntemlerin uygulama geçerliliği daha somut biçimde değerlendirilecektir.

Bu yönüyle çalışma, eksik veri problemini yalnızca teorik düzeyde değil, uygulamalı bir senaryo üzerinden ele alarak literatüre katkı sağlamayı hedeflemektedir. Elde edilecek bulgular, hem meteorolojik hem de sağlık alanında kullanılan zaman serisi analizlerinde uygun imputasyon yöntemlerinin seçilmesine yönelik yol gösterici sonuçlar üretmeyi amaçlamaktadır.

MATERIALS AND METHODS

2.1. Veri Seti ve Değişkenler

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Ordu meteoroloji istasyonuna ait günlük ölçümlerden oluşan gerçek dünya meteorolojik zaman serisi verisi kullanılmıştır. Veri seti, 1 Ocak 2022 – 31 Aralık 2024 tarihleri arasındaki 1096 günlük gözlemi kapsamaktadır. Her bir kayıt, ilgili güne ait meteorolojik değişkenleri içermektedir. Çalışmada kullanılan temel değişkenler:

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 1. Veri setindeki değişkenlerin eksik oranı

Değişken Adı	Eksik Veri Sayısı	Eksik Veri Oranı (%)
Tarih	0	0.000000
Max_Sicaklik_C	0	0.000000
Min_Sicaklik_C	0	0.000000
Gunluk_Ort_Sicaklik	0	0.000000
Ortalama_Aktuel_Basinc_hPa	0	0.000000
Nispi_Nem_Yuzde	0	0.000000
Ortalama_Bulutluluk	0	0.000000
Ortalama_Deniz_Suyu_Sicakligi	5	0.45
Deniz_Hali	0	0.000000
Guneslenme_Suresi_Saat	2	0.182482
Toplam_Buharlasma_Evapotranspirasyon	50	4.56
Toplam_Yagis	0	0.000000
Acik_Yuzey_Buharlasma	292	26.64
Ort_Rüzgar_Yönü	0	0.000000
Ort_Rüzgar_Hızı	0	0.000000
Ort_Rüzgar_Türü	0	0.000000
Max_Rüzgar_Yönü	0	0.000000
Max_Rüzgar_Hızı	0	0.000000
Max_Rüzgar_Türü	0	0.000000

Veri ön incelemesi sonucunda değişkenlerin büyük çoğunluğunun tam (eksiksiz) olduğu; yalnızca iki değişkende anlamlı düzeyde eksiklik bulunduğu saptanmıştır (Tablo 1). “Toplam Buharlaşma” değişkeninde %4,56, “Açık Yüzey Buharlaşma” değişkeninde ise %26,64 oranında eksik veri tespit edilmiştir. Bu durum, veri setinin hem düşük oranlı eksiklik hem de yüksek oranlı eksiklik senaryolarını temsil etmesi bakımından analize uygun bir zemin oluşturmuştur.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2.2. Eksik Veri Yapısının Özellikleri

Eksik verinin nedenleri incelendiğinde, bazı eksikliklerin ölçüm sistemindeki teknik sınırlamalardan (örneğin buharlaşma sensörünün belirli dönemlerde devre dışı kalması) kaynaklandığı, bazılarının ise rastgele gözlem hataları olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda veri seti, literatürde tanımlanan üç temel eksik veri türünden (MCAR, MAR, MNAR) birden fazlasını içermektedir.

- MCAR (Missing Completely at Random): Ölçüm yapılmayan rastgele günler.
- MAR (Missing at Random): Belirli meteorolojik koşullarda (örneğin düşük sıcaklıkta) eksik kayıt oluşması.
- MNAR (Missing Not at Random): Uzun süreli sensör arızaları sonucu ardışık (blok) eksiklikler.

Eksikliklerin dağılımı incelendiğinde, özellikle "Açık Yüzey Buharlaşma" değişkeninde blok yapılı eksikliklerin bulunduğu, yani eksikliklerin ardışık günlerde kümelendiği görülmüştür. Bu durum, zaman serisi bütünlüğünü ve mevsimsellik bilgisini bozabileceği için, uygulanacak imputasyon yönteminin performansını doğrudan etkileyebilecek bir unsurdur. Bu nedenle analizde yalnızca eksiklik oranı değil, eksiklik deseninin (missingness pattern) etkisi de dikkate alınmıştır.

2.3. Deneysel Tasarım ve Senaryolar

Eksik veri oranı ve dağılımının yöntem performansına etkisini incelemek amacıyla üç farklı senaryo tanımlanmıştır (Tablo 2):

Tablo 2. Deneysel tasarım senaryoları

Senaryo	Açıklama	Eksiklik Türü	Eksik Veri Oranı (%)	Kullanılan Değişken
S1	Gerçek yüksek oranlı eksiklik	MNAR (blok)	26,64	Açık Yüzey Buharlaşma
S2	Gerçek düşük oranlı eksiklik	MAR/MCAR karışık	4,56	Toplam Buharlaşma
S3	Rastgele simüle edilmiş eksiklik	MCAR	10	Ortalama Sıcaklık

S3 (Simüle edilmiş eksiklik): Eksiksiz bir değişken olan Ortalama Sıcaklık üzerinde rastgele %10 oranında eksiklik oluşturulmuştur. Bu senaryo, tamamen rastgele eksiklik (MCAR) durumunu temsil etmektedir. Gerçek değerler bilindiği için, farklı doldurma yöntemlerinin hatası doğrudan hesaplanmıştır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2.4. Eksik Veri Tamamlama (Imputation) Yöntemleri

Eksik veri probleminin çözümünde kullanılan yöntemler, genellikle model karmaşıklığına ve veri yapısına duyarlılığına göre üç temel grupta sınıflandırılmaktadır:

(1) Basit istatistiksel yöntemler,

(2) İlişkisel (komşuluk veya regresyon tabanlı) yöntemler,

(3) Gelişmiş makine öğrenimi tabanlı yöntemler.

Bu çalışmada, her bir kategoriye ait temsilci teknikler seçilmiş ve aynı veri seti üzerinde performansları karşılaştırılmıştır.

2.4.1. Basit İstatistiksel Yöntemler

Bu grup, eksik gözlemleri veri dağılımının özet istatistiklerine dayanarak doldurmayı amaçlayan yöntemleri içerir.

- Ortalama Doldurma (Mean Imputation): Eksik değer, değişkenin ortalamasıyla tamamlanır. Bu yöntem hızlı ve kolay uygulanabilir olmakla birlikte, varyansı küçültme eğiliminde olduğu için verinin doğal değişkenliğini kısmen kaybettirebilir.
- İleri Doldurma (Forward Fill, ffill): Zaman serisi verilerinde yaygın kullanılan bu yöntemde, eksik değer kendisinden önceki geçerli gözlemle doldurulur. Serinin sürekliliğini korur; ancak uzun ardışık eksikliklerde eğilim (trend) ve mevsimsellik bilgisini yeterince yansıtamaz.

Bu iki yöntem, düşük oranlı ve rastgele eksikliklerin (MCAR) bulunduğu durumlarda yeterli doğruluk sağlayabilir; fakat blok yapılı veya yüksek oranlı eksikliklerde performansları hızla düşer.

2.4.2. Orta Düzey (İlişkisel) Yöntemler

Bu kategorideki yöntemler, eksik değeri tahmin ederken veri setindeki değişkenler arası benzerlikleri dikkate alır. Eksik değer, benzer gözlemler arasındaki mesafeye (genellikle Öklid mesafesi) dayalı olarak tahmin edilir. KNNImputer, her eksik değeri k adet en yakın komşunun ortalamasıyla doldurur. Bu sayede değişkenler arasındaki ilişkilerden yararlanır ve özellikle çok değişkenli zaman serilerinde başarılı sonuçlar verir. KNNImputer, lineer olmayan ilişkileri kısmen yakalayabilir; ancak yüksek boyutlu veri setlerinde hesaplama maliyeti artar. Ayrıca komşuluk sayısı (k) doğru seçilmediğinde aşırı yumuşatma (over-smoothing) problemi ortaya çıkabilir.

2.4.3. Gelişmiş Yöntemler

Gelişmiş yöntemler, eksik verilerin tahminini yalnızca istatistiksel özetlere değil, veri örüntülerini öğrenebilen modellerin çıkarım gücüne dayandırır. Bu yaklaşımlar, hem makine öğrenimi hem de derin öğrenme tabanlı algoritmaları kapsar ve doğrusal olmayan, yüksek boyutlu ya da çok değişkenli veri yapılarında eksik değer tahmini için alternatif bir çözüm sunar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MissForest yöntemi, Random Forest algoritmasına dayalı iteratif bir imputasyon yaklaşımıdır (Stekhoven & Bühlmann, 2012). Her bir değişken, diğer değişkenlerle olan ilişkilerden yararlanılarak tahmin edilir ve bu süreç yinelemeli biçimde tekrarlanır. Sayısal ve kategorik verilerle çalışabilmesi, doğrusal olmayan ilişkileri yakalayabilmesi ve gürültülü veri karşısındaki dayanıklılığı nedeniyle, literatürde özellikle MAR ve MNAR türü eksikliklerin bulunduğu veri setlerinde kullanılabilir bir yöntem olarak öne çıkmıştır.

Son yıllarda derin öğrenme mimarileri, eksik veri tamamlama problemine yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu yöntemler, eksik gözlemleri yeniden oluşturma (reconstruction) sürecini bir öğrenme görevi olarak ele alır.

- Autoencoder Tabanlı İmputasyon: Kodlayıcı (encoder) katman veriyi düşük boyutlu bir temsile dönüştürürken, çözümleyici (decoder) katman eksik değerleri tahmin eder. Model, girdi ile çıktıyı olabildiğince benzer hale getirmeye çalışarak eksik değerleri öğrenir.
- LSTM-Imputer: Zaman serilerinde ardışıklığı koruyarak eksik gözlemleri tahmin eder. LSTM katmanları, geçmiş zamana ait bilgileri (lag) hafızada tutarak trend ve mevsimsellik yapısının bozulmamasını sağlar.
- GAN (Generative Adversarial Network) Tabanlı Yöntemler: Özellikle GAIN (Generative Adversarial Imputation Networks) gibi mimariler, eksik gözlemleri gerçek veriye benzer şekilde üreterek veri dağılımının korunmasını hedefler (Yoon et al., 2018).

Bu yöntemler, klasik imputasyon tekniklerine göre daha fazla hesaplama kaynağı gerektirmekte; ancak yüksek boyutlu ve karmaşık veri setlerinde yapısal eksikliklerin modellenmesine yönelik alternatif stratejiler sunmaktadır. Gelişmiş yöntemlerin uygulanmasında, eksiklik oranı, veri boyutu ve hesaplama maliyeti gibi unsurların birlikte değerlendirilmesi önem taşır. Böylece her bir yöntemin uygunluğu, veri yapısına ve analiz amacına göre nesnel biçimde belirlenebilir.

2.5. Değerlendirme Metrikleri

İmputation yöntemlerinin başarısı, eksik veri öncesi ve sonrası arasındaki farkı ölçen üç yaygın hata metriği ile değerlendirilmiştir:

Denklem 1 Ortalama Mutlak Hata (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |y_i - \hat{y}_i| \qquad (1)$$

Denklem 2 Kök Ortalama Kare Hata (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2} \qquad (2)$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Denklem 3 Determinasyon Katsayısı (R^2) modelin varyansı ne kadar iyi açıkladığını gösterir; 1'e yaklaştıkça uyum artar:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \underline{y}\right)^2} \qquad (3)$$

Bu metrikler, hem eksikliği simüle edilen değerler üzerinden doğrudan hata ölçümü için (S3 senaryosu) hem de gerçek eksiklik içeren değişkenlerde dolaylı karşılaştırma için (S1, S2 senaryoları) kullanılmıştır.

2.6. Uygulama Ortamı

Tüm analizler, Python 3.10 ortamında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan temel kütüphaneler şunlardır: pandas, numpy, scikit-learn, missingpy, matplotlib, seaborn. Çalışma, Google Colab Pro+ ortamında yürütülmüş olup, rastgelelik içeren tüm algoritmalarda seed=42 parametresi kullanılarak sonuçların tekrarlanabilirliği sağlanmıştır.

3. Bulgular

Bu bölümde, üç farklı eksiklik senaryosu (S1–S3) kapsamında uygulanan eksik veri tamamlama yöntemlerinin performans karşılaştırmaları sunulmaktadır. Gerçek eksiklik içeren Açık Yüzey Buharlaşma (S1) ve Toplam Buharlaşma (S2) değişkenlerinde, eksik gözlemlerin tamamına ait gerçek değerler bulunmadığından hata metrikleri doğrudan hesaplanamamıştır. Bu iki senaryoda, yalnızca eksiklik oranı ve dağılım yapısı incelenmiştir.

Eksiksiz bir değişken olan Günlük Ortalama Sıcaklık (S3) üzerinde ise %10 oranında rastgele eksiklik oluşturulmuş ve farklı imputasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu senaryo, literatürde MCAR (Missing Completely at Random) olarak tanımlanan rastgele eksiklik durumunu temsil etmektedir. Özet olarak çalışmamızda aşağıdaki 4 bulgu tespit edilmiştir.

1. Eksikliklerin rastgele (MCAR) ve seyrek biçimde dağılması, ardışık bilgiye dayalı yöntemlerin (Forward Fill) avantajını güçlendirmiştir.

2. Model tabanlı yöntem (Autoencoder), verinin genel yapısını öğrenmiş ancak yerel sürekliliği yakalayamamıştır.

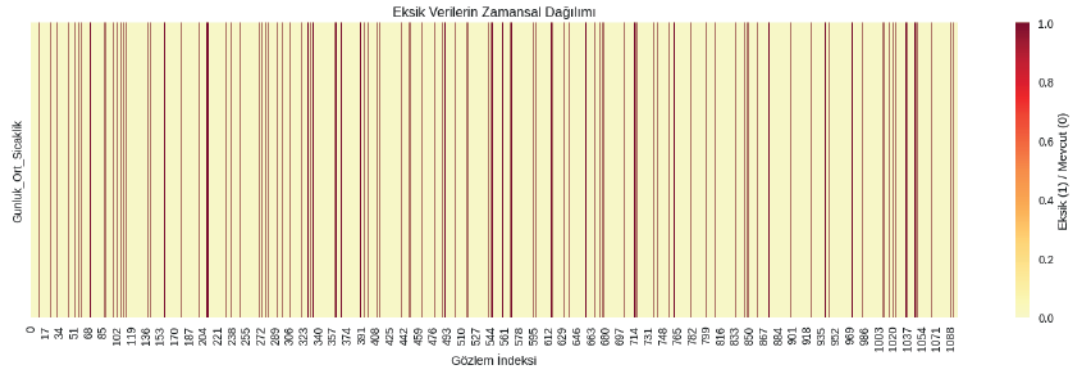
3. KNN yöntemi tek değişkenli durumda yeterli komşuluk ilişkisi kuramadığı için performans açısından ortalama yöntemiyle benzer sonuç vermiştir.

4. Eksiklik oranı düşük (%10) ve blok yapısı zayıf olduğunda, basit yöntemler (Forward Fill) karmaşık modellerden daha başarılı olabilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.1. Eksiklik Dağılımının Analizi

Eksik verinin zamansal dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Günlük Ortalama Sıcaklık değişkeninde oluşturulan eksiklikler büyük ölçüde seyrek ve rastgele (ortalama ardışık eksik = 1.07, maksimum ardışık eksik = 3) biçimde dağılmıştır. Bu dağılım, eksikliklerin zamansal kümelenme göstermediğini ve serinin süreklilik yapısının büyük ölçüde korunduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 1. Eksik Verilerin Zamansal Dağılımı (Heatmap)

3.2. Performans Sonuçları

Uygulanan yöntemlerin Ortalama Mutlak Hata (MAE), Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) ve Determinasyon Katsayısı (R^2) değerleri Tablo 3'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Performans sonuçları

Senaryo	Değişken	Yöntem	MAE	RMSE	R2
S3	Gunluk_Ort_Sicaklik	Mean	5,293658	6,197828	-0,00437
S3	Gunluk_Ort_Sicaklik	**Forward Fill**	**1,324771**	**2,007372**	**0,894641**
S3	Gunluk_Ort_Sicaklik	KNN Imputer	5,293658	6,197828	-0,00437
S3	Gunluk_Ort_Sicaklik	Autoencoder	5.4367	6.4018	-0.0005

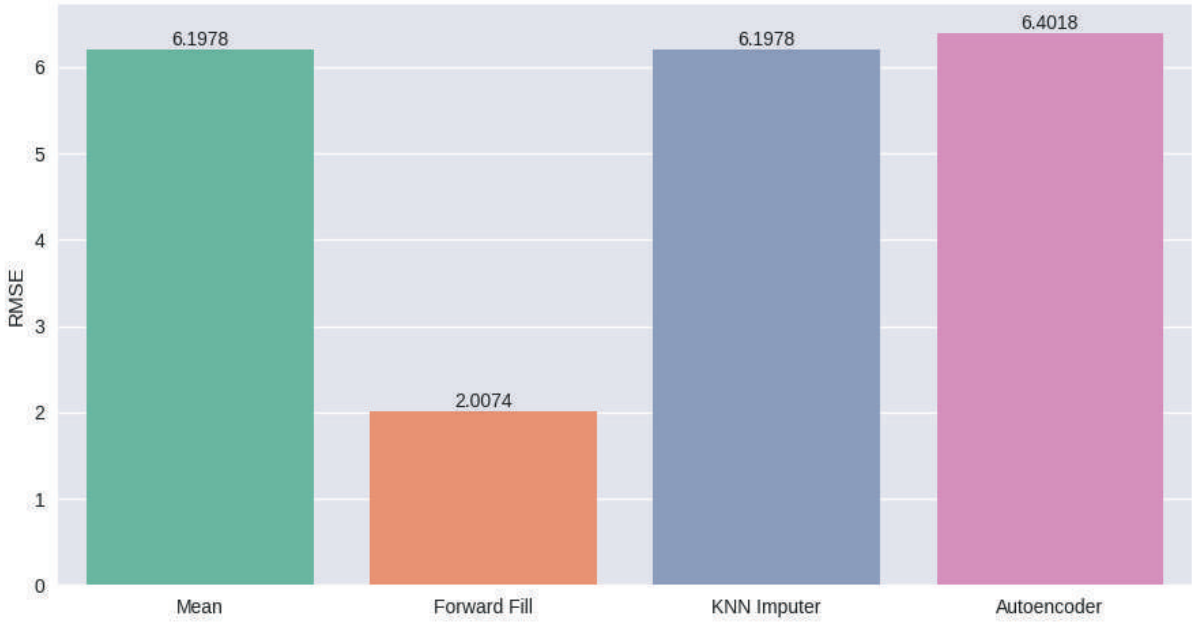
Elde edilen sonuçlara göre, Forward Fill (İleri Doldurma) yöntemi tüm metriklerde en yüksek başarıyı göstermiştir (MAE = 1.32, RMSE = 2.01, R^2 = 0.895). Bu yöntem, eksikliklerin hemen öncesindeki geçerli gözlemi kullanarak serinin sürekliliğini korumuş ve sıcaklık değerlerindeki ardışıklığı bozmadan tahmin yapabilmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu sonuç, eksikliklerin rastgele ve seyrek yapısı nedeniyle, diğer modelin yerel sürekliliği öğrenmekte zorlanmasından kaynaklandığını göstermektedir.

3.3. Yöntem Performanslarının Görsel Karşılaştırması

Eksik veri tamamlama yöntemlerinin RMSE değerlerine göre karşılaştırılması Şekil 2'te sunulmuştur. Grafiksel sonuçlar, Forward Fill yönteminin hatayı en düşük düzeyde tuttuğunu açıkça göstermektedir. Autoencoder yöntemi, verinin genel eğilimini öğrenmiş olsa da kısa dönemli sıcaklık değişimlerini temsil etmede yetersiz kalmıştır. Mean ve KNN yöntemlerinin benzer başarısızlık düzeyi, tek değişkenli veri yapısında komşuluk temelli tahminlerin etkisiz kaldığını göstermektedir.



Şekil 2. Eksik veri tamamlama yöntemleri RMSE karşılaştırması

4. Tartışma Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, eksik veri tamamlama (imputation) yöntemlerinin performansı, meteorolojik zaman serisi verileri üzerinde üç farklı senaryo kapsamında değerlendirilmiştir. Bulgular, yöntem seçiminin yalnızca modelin karmaşıklığına değil, aynı zamanda eksik verinin dağılım yapısına, oranına ve ardışıklığına da güçlü biçimde bağlı olduğunu göstermektedir.

Eksiksiz bir değişken olan Günlük Ortalama Sıcaklık (S3) üzerinde gerçekleştirilen deneyler, %10 oranında rastgele eksiklik (MCAR) içeren serilerde, Forward Fill (ileri doldurma) yönteminin en düşük hata değerlerini verdiğini ortaya koymuştur (RMSE = 2.01, $R^2 = 0.89$). Buna karşılık, ortalama ve KNN tabanlı yaklaşımlar varyans kaybı ve yapısal uyumsuzluk nedeniyle serinin gerçek eğilimini koruyamamıştır. Autoencoder tabanlı imputasyon modeli ise, yüksek model karmaşıklığına rağmen (MAE = 5.43, RMSE = 6.40, $R^2 \approx 0$), Forward Fill kadar başarılı olamamıştır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Eksiklik dağılımı analizi, bu sonuçların nedenini açıklamaktadır. Serideki eksikliklerin büyük çoğunluğu seyrek ve rastgele biçimde dağılmış (ortalama ardışık eksik ≈ 1.07, maksimum 3 gün) olup, zamansal kümelenme göstermemektedir. Bu durum, serinin ardışık yapısının korunmasına olanak tanımış ve Forward Fill yönteminin basit ama etkili bir çözüm üretmesini sağlamıştır. Diğer yandan, Autoencoder modeli serinin genel dağılımını öğrenmiş olsa da kısa vadeli dalgalanmaları temsil etmede yetersiz kalmıştır. Bu bulgu, literatürde de (örn. Tang & Ishwaran, 2017; Zhang et al., 2020) vurgulandığı üzere, eksik veri yapısının model başarısı üzerinde belirleyici bir faktör olduğunu desteklemektedir.

Bu sonuçlar, "en gelişmiş yöntem her zaman en iyi sonucu vermeyebilir" önermesini ampirik olarak doğrulamaktadır. Özellikle düşük eksiklik oranına ve kısa ardışıklıklara sahip zaman serilerinde, basit yöntemler (ör. Forward Fill) karmaşık derin öğrenme tabanlı modellere kıyasla daha güvenilir sonuçlar üretebilmektedir. Ancak eksiklik oranı yükseldiğinde, eksiklikler blok (MNAR) biçiminde kümelendiğinde veya çok değişkenli bağımlılıklar içeren veri setlerinde, Autoencoder, LSTM-Imputer veya MissForest gibi gelişmiş yöntemlerin potansiyel üstünlüğü yeniden değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma eksik veri probleminin çözümünde yöntem karmaşıklığından ziyade veri yapısının analizi ve uygun yöntem seçiminin daha kritik olduğunu göstermiştir. Eksik veri tamamlama süreci, yalnızca teknik bir ön işleme adımı değil, modelleme doğruluğunu doğrudan etkileyen stratejik bir karardır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, blok yapılı (MAR veya MNAR) eksikliklerin olduğu çok değişkenli meteorolojik serilerde LSTM ve MissForest yaklaşımlarının denenmesi ve elde edilen sonuçların model performansına etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Ahn, H., Sun, K. ve Kim, K. (2021). Comparison of Missing Data Imputation Methods in Time Series Forecasting. *Computers, Materials & Continua*, *70*(1), 767-779. doi:10.32604/cmc.2022.019369

Esperanza, H. D. G. (2024). Weathering the storm: A systematic literature review of weather stations' observational practices. *Cognizance Journal of Multidisciplinary Studies*, *4*(11), 23-43. doi:10.47760/cognizance.2024.v04i11.002

Jerez, J. M., Molina, I., García-Laencina, P. J., Alba, E., Ribelles, N., Martín, M. ve Franco, L. (2010). Missing data imputation using statistical and machine learning methods in a real breast cancer problem. *Artificial Intelligence in Medicine*, *50*(2), 105-115. doi:10.1016/j.artmed.2010.05.002

Karepova, E., Shan'ko, Y., Tokarev, A. ve Petrakova, V. (2025). Temporal patterns of instrumentation failures in atmospheric boundary layer observational systems. *E3S Web of Conferences*, *646*, 00011. doi:10.1051/e3sconf/202564600011

Little, R. J. A. ve Rubin, D. B. (2002). *Statistical Analysis with Missing Data*. Wiley Series in Probability and Statistics (1. bs.). Wiley. doi:10.1002/9781119013563

Mirzaei, A., Carter, S. R., Patanwala, A. E. ve Schneider, C. R. (2022). Missing data in surveys: Key concepts, approaches, and applications. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, *18*(2), 2308-2316. doi:10.1016/j.sapharm.2021.03.009

Schafer, J. L. ve Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, *7*(2), 147-177. doi:10.1037/1082-989X.7.2.147

Stekhoven, D. J. ve Bühlmann, P. (2012). MissForest—Non-parametric missing value imputation for mixed-type data. *Bioinformatics*, *28*(1), 112-118. doi:10.1093/bioinformatics/btr597

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tang, F. ve Ishwaran, H. (2017). Random forest missing data algorithms. *Statistical Analysis and Data Mining: The ASA Data Science Journal*, *10*(6), 363-377. doi:10.1002/sam.11348

Zhang, Y., Zhou, B., Cai, X., Guo, W., Ding, X. ve Yuan, X. (2021). Missing value imputation in multivariate time series with end-to-end generative adversarial networks. *Information Sciences*, *551*, 67-82. doi:10.1016/j.ins.2020.11.035

Zhou, Y., Aryal, S. ve Bouadjenek, M. R. (2024). Review for Handling Missing Data with special missing mechanism. doi:10.48550/ARXIV.2404.04905

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BIDIRECTIONAL LONG SHORT-TERM MEMORY-BASED DEEP LEARNING MODEL FOR FAKE NEWS DETECTION

Hanife Göker[1*]

[*1]Health Services Vocational College, Gazi University, Ankara, Turkey.
ORCID Code: 0000-0003-0396-7885

ABSTRACT

Fake information spreads rapidly on digital platforms; therefore, it is imperative to develop intelligent systems that can detect deceptive news content and automatically evaluate its credibility. In this study, a Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) based deep learning model is presented for detecting fake news. The dataset comprises 20,000 news texts, categorized into three classes, namely fake, misleading, and real, representing various types of information. The text data performed preprocessing steps, including tokenization, conversion to lowercase, lemmatization, removal of stop words, and removal of punctuation. The generalization ability of the presented model was evaluated by splitting the dataset into training and test subsets using the hold-out method. The BiLSTM model effectively distinguished fake, misleading, and real news by learning the contextual relationships in texts. Experimental results revealed that the model demonstrated high classification performance, with an accuracy of 97.1%, a Cohen's Kappa of 0.9502, and a weighted F1-score of 0.9708. The results demonstrate that the presented BiLSTM-based model provides a robust and reliable method for automatically detecting fake news.

Keywords: Deep learning, text classification, natural language processing, text preprocessing, BiLSTM, fake news detection.

SARCASM DETECTION IN ONLINE COMMENTS USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS

ABSTRACT

Sarcasm is a nuanced form of expression in which the speaker deliberately says something opposite to its true meaning, often to mock, criticize, or convey contempt. The rapid growth of social media platforms and online communication channels has led to an increase in sarcastic expressions in digital texts. Detection of sarcasm is an extremely difficult task for sentiment analysis tools as the meaning intended in such cases is usually the opposite of what has been said. In this study, we propose a deep learning-based Natural Language Processing (NLP) model for detecting sarcasm in online comments. This study aims to improve the performance of sentiment analysis systems by enabling more accurate analysis of user comments online. The dataset comprises 3,260 posts per class, encompassing both

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

sarcastic and non-sarcastic content, totaling 6,520 posts. The presented model includes preprocessing steps for text data, such as tokenization, removal of stop words, lemmatization, punctuation removal, and conversion to lowercase. The preprocessed texts are then fed into a convolutional neural network (CNN), which classifies comments as either sarcastic or non-sarcastic. The CNN-based model achieved 0.9550 recall, 0.9349 precision, 0.9335 specificity, 0.9449 f1-score, 0.8885 Cohen's kappa, 0.8888 Matthews correlation coefficient, 0.9443 weighted f1-score, and 94.43% accuracy. Experimental results demonstrate that the CNN-based approach effectively captures contextual relationships, improving sarcasm detection accuracy.

Keywords: Natural language processing, sarcasm detection, deep learning, text classification, convolutional neural networks.

1. INTRODUCTION

Sarcasm is a linguistic phenomenon that poses a challenge for both machines and humans to comprehend, as it conveys a message that is the exact opposite of the literal meaning of the words. It is frequently considered a subtype of verbal irony, distinguished by its intentional antagonistic or biting tone directed toward a target (Liu et al., 2022). Accurately understanding sarcasm is challenging for both humans and machines because much of the meaning is inferred not directly from the words but from implicit cues such as context, intonation, and cultural background. With the rapid proliferation of social media and online communication platforms, the proportion of sarcastic expressions in online content is steadily increasing (Boutsikaris & Polykalas, 2024). Social media comments contain sarcasm or irony. If not correctly detected, this can seriously distort the results of sentiment analysis and opinion mining (Olaniyan et al., 2023). It has been reported that when sarcasm is not taken into account, the accuracy of sentiment analysis tools can decrease by up to 50% (Sykora et al., 2020). Moreover, with over 500 million tweets being tweeted daily (Abid et al., 2023), the misclassification of a percentage of these tweets can lead to millions of erroneous sentiment predictions.

Sarcasm is a significant challenge for NLP studies since it can completely flip the emotional polarity of a sentence. The sentence "Great, another traffic jam!" conveys a negative sentiment despite using positive words. Misclassifying these types of statements lowers reliability, particularly in applications such as customer opinion, political debate analysis, and social media monitoring. Furthermore, sarcasm detection in text is inherently challenging because, unlike speech, text messages lack prosodic cues such as intonation, stress, or voice inflexion (Gao et al., 2024). The lack of tone makes the automatic detection of sarcastic text in NLP applications challenging. The sarcastic remarks are typically backed up by either contextual or cultural information, such that it is even more difficult to establish the meaning of such a text based solely on the words. If a comment is framed positively but the utterance context is a complaint, it actually has a negative sentiment. Such context-dependent utterances are a massive challenge for systems relying on purely grammatical rules (Helal et al., 2024).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The fact that online language is concise, informal, and multi-functional further complicates sarcasm detection. Especially on social media, emojis, abbreviations, and teasing tones can serve to hide an expression's literal intent. As it is, the accurate detection of sarcasm is not just linguistic but also requires context modelling capabilities (Wahyuni et al., 2025). However, the widespread use of sarcastic and ironic speech on social media clouds the proper interpretation of user-generated data. This renders data-driven decision-making less trustworthy for business firms, public institutions, and research organizations. Misinterpretation of sarcasm can result in erroneous predictions in automatic sentiment analysis, leading to faulty business planning, political, and psychological assessments (Bouazizi & Ohtsuki, 2022). Twitter posts and online comments contain sarcasm, the scale of this problem is substantial. This poses significant risks for businesses conducting sentiment analysis for brand reputation management, institutions conducting public opinion polls, and policymakers analyzing social media data (Šandor & Bagić Babac, 2024). Misclassified sarcastic remarks can misdirect brands' customer satisfaction strategies, misrepresent public sentiment in political analyses, or waste time in crisis communication processes. Therefore, the inability of traditional text processing methods to distinguish sarcastic intent from verbal meaning leads to significant noise and loss of accuracy in analyses, undermining the integrity of sentiment analysis systems.

Although sarcasm has been researched in the social sciences for decades, the analysis of models that automatically detect sarcasm in text is a relatively recent topic. Automatic sarcasm detection has recently attracted the attention of researchers in both machine learning and NLP (Sharma et al., 2022). Pawar and Bhingarkar (2020) used machine learning classification models for sarcasm detection. They combined features related to sentiment, punctuation, semantics, syntax (e.g., laughter, unusual word expression, number of exclamations), and patterns. All these feature sets were classified using KNN, SVM, and Random Forest. Accuracy with the KNN model was 58%, the SVM model 74%, and the Random Forest model 81% (Pawar & Bhingarkar, 2020). Shrivastava & Kumar (2021) explored sarcasm detection, a prevalent yet challenging task in text-based communication. For this purpose, they proposed a new model on Google BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) that can handle data volume, veracity, and velocity. The model was contrasted with those of other conventional and modern methods employed for the same purpose, i.e., SVM, Logistic Regression, LSTM, and BiLSTM. Their proposed model, using a variant of BERT, was 70.6% accurate (Shrivastava & Kumar, 2021). Sharma et al. (2022) proposed a novel hybrid sentence embedding approach using an autoencoder model for the identification of sarcasm on social media. The hybrid approach attained 92.80% accuracy (Sharma et al., 2022). Farhan et al. (2024) continued with a Bi-LSTM model, which was trained over pre-trained GloVe word vectors to identify sarcasm from multi-domain text. Pre-trained GloVe word vectors were used to capture semantic and contextual knowledge from the text, and the Bi-LSTM was trained on such features. The model had 86.35% accuracy (Farhan et al., 2024). Eke et al. (2020) have reviewed the previous research on sarcasm

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

detection. The most common feature extraction methods, as per this review, are n-gram and part-of-speech tagging (POS) methods. Feature representation was done using binary representation and term frequency, however. The Chi-squared test and information gain were employed extensively in feature selection. Naive Bayes, RF, maximum entropy, and SVM machine learning algorithms were employed more frequently (Eke et al., 2020). Both traditional machine learning approaches, like SVM or Naive Bayes, relying on stable features and shallow linguistic cues, won't generalize across the spectrum of text context. Sarcasm always relies upon context reversal, cultural implication, and discourse-level meaning that are difficult to annotate by hand. The ability of automatic human-like learning to extract high-level semantic and contextual properties directly from raw text is the reason why deep learning models, specifically CNNs, are a good replacement (Chen et al., 2024). The CNN-based systems are more accurate and reliable in identifying sarcasm for various domains and communication strategies. Therefore, correctly identifying sarcasm in text is not just a linguistic concern but one of the requirements for the success of sentiment and opinion mining.

This study presented a CNN-based deep learning framework for the automated detection of sarcasm in online comments, one of the most persistent challenges in NLP. Manual detection of sarcasm is impractical due to the vast and continuously growing volume of online content, and traditional machine learning methods often fail to capture the contextual and semantic subtleties of sarcastic expressions. To address these challenges, the proposed framework employs a Convolutional Neural Network (CNN) model trained on a balanced sarcasm dataset containing both sarcastic and non-sarcastic samples. The contributions of this study can be summarized as follows:

a. The proposed CNN-based model enables automatic sarcasm detection and classification without involving handcrafted feature extraction; hence the model is scalable and can be applied in large-scale NLP tasks.

b. The model had a recall of 0.9550, precision of 0.9349, specificity of 0.9335, F1-score of 0.9449, and accuracy of 94.43%.

c. The model was constructed based on a balanced dataset containing 6,520 posts (3,260 sarcastic and 3,260 non-sarcastic); the balance between sarcastic and non-sarcastic could guarantee the fairness of experimental results.

d. Experimental results show that the CNN architecture effectively learns contextual and semantic relationships, outperforming traditional feature-based approaches.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. The Presented CNN-Based Model

The workflow of the sarcasm detection model comprises data splitting, text preprocessing, classification, and model evaluation phases. The raw text data is stored in a CSV format. The text preprocessing phase is performed before the text is fed into the deep learning model. The phase includes several essential NLP steps to ensure data consistency and improve the quality of input texts. These steps involve converting all text into lowercase, removing punctuation marks and stop words, tokenizing the text into smaller units, and applying lemmatization to reduce words to their base or root form. Following preprocessing, the textual data is passed into the CNN model. The workflow of the presented model is given in Figure 1.

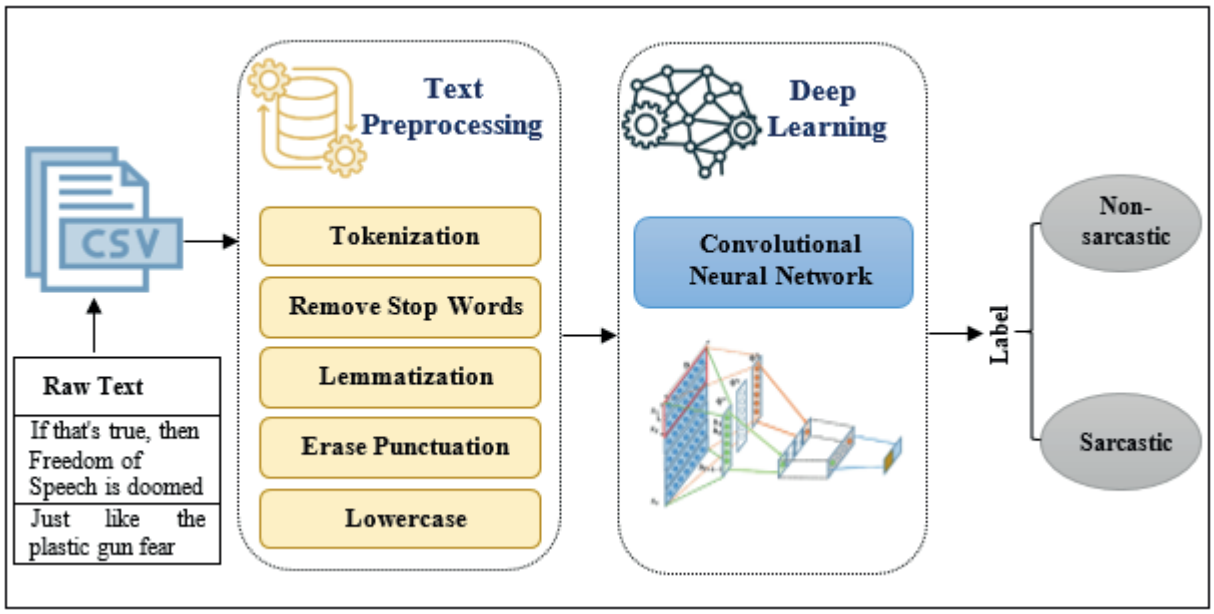


Figure 1. The Presented CNN-Based Model

2.2. Dataset

The sarcasm dataset used in this study is publicly available from the NLDS Corpora (2024). The dataset is well-balanced, comprising 3,260 sarcastic-labeled and the same number of posts labeled as non-sarcastic, summing up to 6,520 posts. The dataset was selected based on its linguistic diversity and evenly distributed classes, making it well-suited for the correct training and testing of deep models used in sarcasm detection (Oraby et al., 2017; NLDS Corpora, 2024). Table 1 presents the description of the sarcasm dataset.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. The Description of the Sarcasm Dataset

Column	**Content**
Text	"If that's true, then Freedom of Speech is doomed. Harassment is subjective. Now I can claim that a book I don't like is harassing me, and it will be banned."
	"Neener neener - is it time to go in from the playground yet?"
	"Child alert. Child alert."
	"What a relief, I would hate to think Batman was so gullible. But Dems, I can understand them thinking that."
	"The first half of the above post you're being purposefully thick. The last part is just dumb and not at all based in reality!"
Class	Notsarc Sarc

The sarcasm dataset was separated using the hold-out method. It is one of the most common ways to split between training and testing subsets. In this study, the 6,520 posts were divided into training (70%) and testing subsets (30%). The train subset with 4,564 posts was used to tune model parameters and to learn sarcasm language features. We used the remaining testing subset, which consists of 1,956 posts, to assess the performance and generalization power of the trained CNN model. Table 2 presents the distribution of the sarcasm training and test subsets.

Table 2. Distribution of the Sarcasm Dataset

Dataset	**Label**	**Number of Sarcasm Dataset Texts**	**Total**
Training subset	Non-Sarcastic	2282	4564
	Sarcastic	2282	
Test subset	Non-Sarcastic	978	1956
	Sarcastic	978	
TOTAL			6520

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

As presented in Table 2, the sarcasm dataset was divided into balanced subsets for training and testing through the hold-out method. Each subset contains an equal number of sarcastic and non-sarcastic samples, ensuring that the CNN model is trained and evaluated under fair and unbiased conditions.

2.3. Text Preprocessing

Text preprocessing transforms raw text data into a form that can be used by deep learning. All posts go through a series of NLP tasks before they are fed into the model in order to standardize the content (Kalra & Aggarwal, 2017). Preprocessing involves tasks such as converting the text to lowercase, removing punctuation marks, numbers, and stop words and tokenization and lemmatization. Tokenization segments sentences into word units for the purpose, while lemmatization reduces words to their base form to prevent redundancy. Both of these processes ensure that the semantic makeup of the text is not interrupted and that the CNN model can identify contextual patterns of sarcasm effectively.

2.4. CNN Deep Learning

CNN-based deep learning has been shown to perform very well in text classification tasks because it can automatically extract contextual and hierarchical features from text data. Here, a CNN model was used to detect whether the online comment is sarcastic. Convolutional layers capture the contextual and semantic features by using convolutional filters on the text sequences. These layers capture local word dependencies, which are crucial in identifying fine-grained patterns and contextual hints of sarcasm. More pooling layers compress dimensions further and emphasize dominant features. Finally, fully connected layers weigh learned features to generate the final label, marking each comment as sarcastic or not (Li et al., 2022). The CNN block is given in Figure 2.

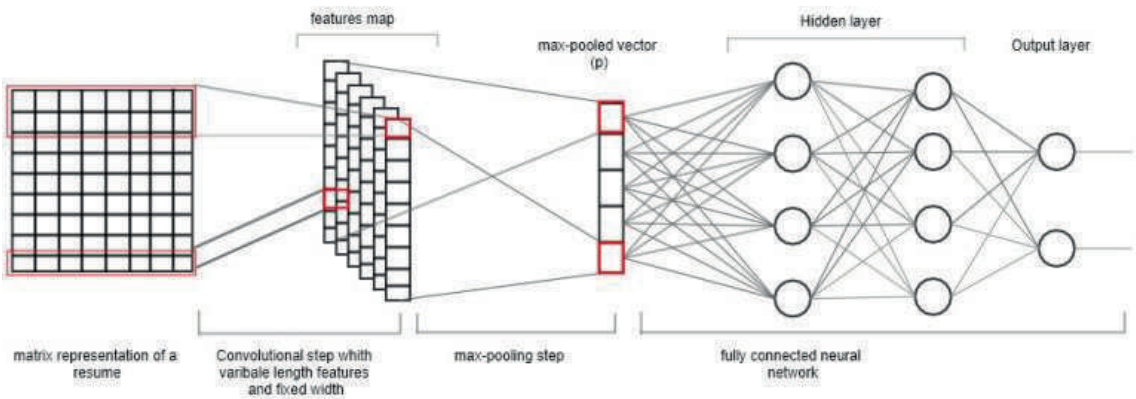


Figure 2. The CNN block (Flambeau & Norbert., 2020)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2.5. Model Evaluation

Model evaluation metrics are crucial for evaluating the performance and effectiveness of deep learning. The model performance metrics were computed based on the confusion matrix obtained from the test results. This matrix provides detailed information about correctly and incorrectly predicted samples by displaying true positives (TP), true negatives (TN), false positives (FP), and false negatives (FN). The most commonly used performance measures in text classification are Accuracy, Precision, Recall, F1-score, Specificity, Cohen's Kappa, and Matthews Correlation Coefficient (MCC). The formulas and definitions of model evaluation metric are presented in Table 3.

Table 3. Model Evaluation Metrics

Evaluation Metrics	Definition	Formula
Recall	The ratio of correctly predicted positive samples to all actual positive samples.	Recall = TP / (FN + TP)
Precision	The ratio of correctly predicted positive samples to all predicted positive samples.	Precision = TP / (FP + TP)
Specificity	The ratio of correctly predicted negative samples among all actual negatives.	Specificity = TN / (FP + TN)
F1- score	The harmonic means of Precision and Recall, balancing both measures.	F1- score = 2 x (Precision x Recall) / (Precision + Recall)
Cohen's kappa	A statistical measure that evaluates inter-rater agreement beyond chance.	Cohen's kappa = $(P_o - P_e) / (1- P_e)$ $P_o = \sum_{i=1}^{k} CM_{ii} / N$ $P_e = \sum_{i=1}^{k}\left(\sum_{i=1}^{k} CM_{ij} \; x \; \sum_{j=1}^{k} CM_{ji}/N^2\right)$
MCC	Measures the correlation between observed and predicted classifications.	$MCC=(TN \times TP - FP \times FN)/ \sqrt{(FN + TN) \times (FP + TP) \times (TN + FP) \times (TP + FN)}$
Weighted F1- score	Weighted average of F1-scores for each class, considering class support.	Weighted $F1= \sum_i (F1_i \times n_i) / \sum_i^{ni}$
Accuracy	The ratio of correctly predicted samples among all samples.	Accuracy= (TP+TN) / (TP+TN+FP+FN)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3. EXPERIMENTAL RESULTS

The performance of the presented CNN-based deep learning model for sarcasm detection was evaluated on the publicly available NLDS Corpora sarcasm dataset. The CNN-based deep learning model was trained and tested on textual posts labeled as sarcastic and non-sarcastic. The deep learning model is among the most widely adopted approaches for text classification, offering strong capabilities in extracting contextual and semantic features from textual data. Word clouds provide a quick understanding of the dominant terms and underlying themes in sarcastic and non-sarcastic comments, revealing linguistic patterns that distinguish sarcasm in online texts. Figure 3 presents the word clouds generated from the sarcasm dataset, where frequently used words are visually emphasized.

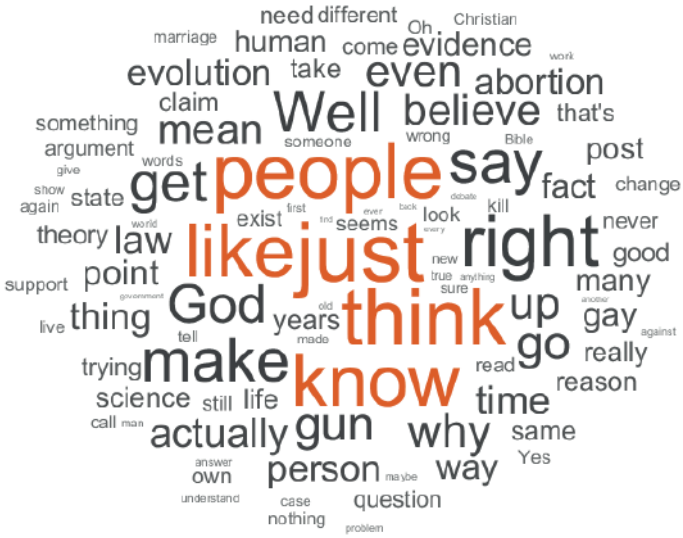


Figure 3. The word clouds for sarcasm texts

The dataset used in the experiment contains a total of 6,520 text samples, divided into 70% for training (4,564 posts) and 30% for testing (1,956 posts) using the hold-out method. The CNN model was configured with an initial learning rate of 0.001, an embedding dimension of 100, a mini-batch size of 128, the Adam optimizer, and a maximum of 50 epochs. The confusion matrix was computed to evaluate the model's classification performance. It allows for an analysis of the model's ability to distinguish between sarcastic and non-sarcastic expressions, extending beyond simple accuracy measurement. Figure 4 displays the confusion matrix obtained from the experimental results.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

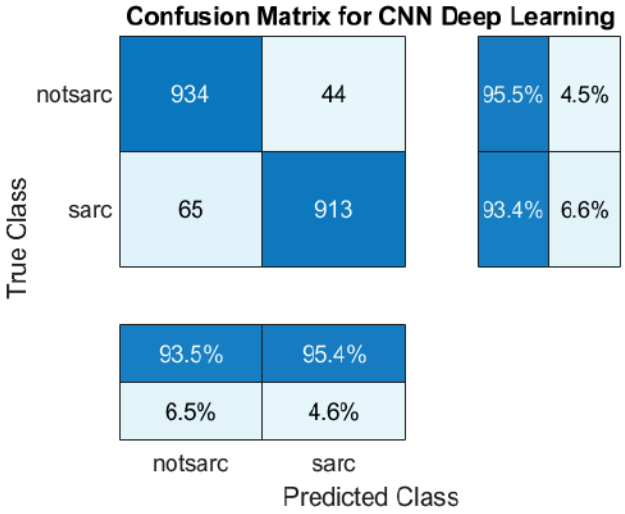


Figure 4. The confusion matrix of the CNN-based deep learning model

The confusion matrix of the CNN deep learning model presents the distribution of correctly and incorrectly classified posts for the sarcasm detection task. As shown in Figure 4, the CNN model correctly classified a total of 1,847 posts, including 934 non-sarcastic and 913 sarcastic posts, and misclassified 109 posts, including 44 non-sarcastic and 65 sarcastic posts. These results demonstrate that the CNN model achieved high accuracy, with a balanced distribution across both classes. Specifically, the non-sarcastic detection rate (true positive rate) was 95.5%, and the sarcastic detection rate was 93.4%, demonstrating that the model performs robustly in distinguishing between the two text categories. The confusion matrix confirms that the CNN-based approach provides an efficient and reliable classification performance for sarcasm detection. Table 4 presents the performance metrics of the CNN-based deep learning model

Table 4. The Performance Metrics of the CNN-based deep learning model

Model Evaluation Metrics	**CNN**
Recall	0.9550
Precision	0.9349
Specificity	0.9335
F1- score	0.9449
Cohen's kappa	0.8885
MCC	0.8888
Weighted F1- score	0.9443
Accuracy	94.43%

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The CNN model achieved a recall of 0.9550, a precision of 0.9349, and a specificity of 0.9335, reflecting its high ability to correctly identify both positive and negative instances. The resulting F1-score of 0.9449 indicates a balanced performance between precision and recall. Additionally, the model obtained a Cohen's kappa value of 0.8885 and an MCC of 0.8888, suggesting substantial agreement beyond chance. The weighted F1-score was 0.9443, further confirming the consistency of the model's performance across all classes. Overall, the CNN model achieved an accuracy of 94.43%. These results indicate that the CNN-based approach provides reliable and consistent classification, particularly excelling in recall and F1-score metrics. The high precision and specificity values demonstrate its effectiveness in minimizing false positives. Figure 5 presents the f1-scores, Cohen's kappa, mcc, and weighted f1-score, and accuracy, highlighting the model's strong performance for the classification task.

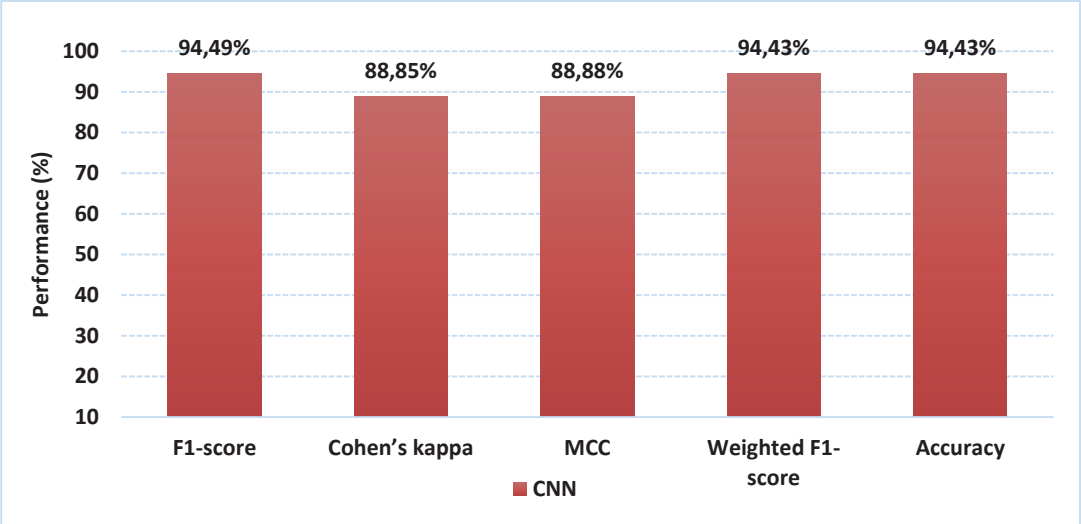


Figure 5. The F1-scores, Cohen's kappa, MCC, and Weighted F1-score, and Accuracy

As seen in Figure 5, all the performance metrics of the CNN model are above 88%. The closeness of the values of F1-score, weighted F1-score, and accuracy suggests that the model provides balanced classification accuracy. Cohen's kappa and MCC reveal high concordance levels, reflecting consistency in the reported CNN-based model.

4. CONCLUSION

Consequently, this study presented a deep learning-based sarcasm detection model utilizing a CNN architecture to classify online comments as sarcastic or non-sarcastic. Through text preprocessing such as lowercasing, punctuation and stop-word removal, tokenization, and lemmatization, the textual data were effectively standardized and optimized for model training. The CNN model achieved remarkable classification performance with a recall of 0.9550, precision of 0.9349, F1-score of 0.9449, and overall accuracy of 94.43%. These results confirm the strong discriminative capability of the model and its

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ability to accurately capture the subtle contextual cues and semantic patterns associated with sarcasm. The CNN model successfully overcame the limitations of traditional machine learning approaches, which heavily depend on handcrafted features, by automatically extracting hierarchical and contextual representations from the text. This ability is particularly valuable for sarcasm detection, as sarcastic expressions often rely on contextual and pragmatic elements rather than literal meaning. The model's consistent performance across evaluation metrics demonstrates its potential for integration into sentiment analysis systems, social media monitoring platforms, and content moderation tools. Moreover, the use of a balanced dataset with an equal number of sarcastic and non-sarcastic samples ensured unbiased training and reliable evaluation results. The experimental results of this study highlight the effectiveness of CNN-based models for complex linguistic tasks like sarcasm detection. Future research could explore hybrid architectures combining CNN with transformer-based models or attention mechanisms to further enhance feature learning and contextual understanding.

REFERENCES

Abid, M. A., Mushtaq, M. F., Akram, U., Abbasi, M. A., & Rustam, F. (2023). Comparative analysis of TF-IDF and loglikelihood method for keywords extraction of twitter data. Mehran University Research Journal Of Engineering & Technology, 42(1). 88-94.

Bouazizi, M., & Ohtsuki, T. (2022). Sarcasm over time and across platforms: Does the way we express sarcasm change? IEEE Access, 10, 55958-55987.

Boutsikaris, L., & Polykalas, S. (2024). A comparative review of deep learning techniques on the classification of irony and sarcasm in text. IEEE Transactions on Artificial Intelligence. 6(5), 1052-1066.

Chen, W., Lin, F., Li, G., & Liu, B. (2024). A survey of automatic sarcasm detection: Fundamental theories, formulation, datasets, detection methods, and opportunities. Neurocomputing, 578, 127428.

Eke, C. I., Norman, A. A., Shuib, L., & Nweke, H. F. (2020). Sarcasm identification in textual data: systematic review, research challenges and open directions. Artificial Intelligence Review, 53(6), 4215-4258.

Farhan, S., Shoukat, R., & Aslam, A. (2024). Automatic Sarcasm Detection on Cross-Platform Social Media Datasets: A GLoVe and Bi-LSTM Based Approach. Journal of Universal Computer Science (JUCS), 30(5).

Flambeau, J. K. F., & Norbert, T. (2020). Simplifying the explanation of deep neural networks with sufficient and necessary feature-sets: case of text classification. arXiv preprint arXiv:2010.03724.

Gao, X., Nayak, S., & Coler, M. (2024, May). Improving sarcasm detection from speech and text through attention-based fusion exploiting the interplay of emotions and sentiments. In Proceedings of Meetings on Acoustics (Vol. 54, No. 1, p. 060002). Acoustical Society of America.

Helal, N. A., Hassan, A., Badr, N. L., & Afify, Y. M. (2024). A contextual-based approach for sarcasm detection. Scientific Reports, 14(1), 15415.

Kalra, V., & Aggarwal, R. (2017). Importance of Text Data Preprocessing & Implementation in RapidMiner. ICITKM, 14, 71-75.

Li, Q., Peng, H., Li, J., Xia, C., Yang, R., Sun, L., ... & He, L. (2022). A survey on text classification: From traditional to deep learning. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 13(2), 1-41.

Liu, H., Wang, W., & Li, H. (2022). Towards multi-modal sarcasm detection via hierarchical congruity modeling with knowledge enhancement. arXiv preprint arXiv:2210.03501.

NLDS Corpora (2024). Natural Language and Dialogue Systems Sarcasm Corpus V2, Available at: https://nlds.soe.ucsc.edu/sarcasm2, [02.08.2025]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Olaniyan, D., Ogundokun, R. O., Bernard, O. P., Olaniyan, J., Maskeliūnas, R., & Akande, H. B. (2023). Utilizing an attention-based LSTM model for detecting sarcasm and irony in social media. Computers, 12(11), 231.

Oraby, S., Harrison, V., Reed, L., Hernandez, E., Riloff, E., & Walker, M. (2017). Creating and characterizing a diverse corpus of sarcasm in dialogue. arXiv preprint arXiv:1709.05404.

Pawar, N., & Bhingarkar, S. (2020, June). Machine learning based sarcasm detection on Twitter data. In 2020 5th international conference on communication and electronics systems (ICCES) (pp. 957-961). IEEE.

Šandor, D., & Bagić Babac, M. (2024). Sarcasm detection in online comments using machine learning. Information Discovery and Delivery, 52(2), 213-226.

Sykora, M., Elayan, S., & Jackson, T. W. (2020). A qualitative analysis of sarcasm, irony and related# hashtags on Twitter. Big Data & Society, 7(2), 1-15.

Sharma, D. K., Singh, B., Agarwal, S., Kim, H., & Sharma, R. (2022). Sarcasm detection over social media platforms using hybrid auto-encoder-based model. Electronics, 11(18), 2844.

Shrivastava, M., & Kumar, S. (2021). A pragmatic and intelligent model for sarcasm detection in social media text. Technology in Society, 64, 101489.

Wahyuni, E. D., Suryanto, T. L. M., & Arviani, H. (2025). Deep Learning Multimodal Sarcasm Detection in Social Media Comments: The Role of Memes and Emojis. Journal of Artificial Intelligence and Technology, 5, 192-201.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TREYLER SEKTÖRÜNDE PARÇA ORTAKLAŞTIRMA

Resul Akçalı[1*], Mustafa Yılmaz[2]

[*1]Koluman Otomotiv Endüstri Anonim Şirketi, Ar-ge, Mersin, Türkiye.
[2]Koluman Otomotiv Endüstri Anonim Şirketi, Ar-ge, Mersin, Türkiye.
ORCID Code: (**[1]0009-0009-3817-8676, [2]0009-0009-8423-3242**)

ÖZET

Treyler sektöründe artan müşteri talepleri, özelleştirilmiş ürün ihtiyacını ve buna bağlı olarak üretim karmaşıklığını artırmaktadır. Bu durum, üreticilerin maliyet, kalite ve teslimat süreleri arasında denge kurmasını zorlaştırmaktadır. Parça ortaklaştırma (component commonality), farklı model ve ürünlerde aynı bileşenlerin kullanılması yoluyla bu zorluklara çözüm sunan etkili bir stratejidir. Bu çalışma, treyler sektöründe parça ortaklaştırmanın üretim, tasarım, bakım ve tedarik zinciri süreçlerine olan etkilerini incelemektedir. Araştırmada, dingil bağlantı sistemleri, aydınlatma ekipmanları, pnömatik hat elemanları ve bağlantı elemanları gibi alt sistemler temel alınarak ortaklaştırma uygulamaları analiz edilmiştir. Bulgular, parça ortaklaştırmanın üretim maliyetlerinde %10–20, stok yönetimi giderlerinde %15–25 oranında azalma sağladığını göstermektedir. Ayrıca, tasarım süresinin kısalması, montaj verimliliğinin artması ve satış sonrası hizmetlerin standartlaşması gibi ek faydalar da elde edilmiştir. Sonuç olarak, parça ortaklaştırma stratejisinin treyler endüstrisinde hem ekonomik hem de sürdürülebilir üretim hedeflerine önemli katkılar sunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Parça ortaklaştırma, Treyler, Standardizasyon, Üretim

Component Standardization in the Trailer Industry

ABSTRACT

The increasing customer demands in the trailer industry have led to higher levels of product customization, resulting in greater complexity in production processes. This situation makes it more challenging for manufacturers to balance cost, quality, and delivery performance. Part commonality, defined as the use of identical or interchangeable components across different trailer models, offers an effective strategy to overcome these challenges. This study examines the effects of part commonality on production, design, maintenance, and supply chain operations within the trailer sector. Key subsystems such as axle connection assemblies, lighting equipment, pneumatic line components, and fastening elements were analyzed in terms of standardization potential. The findings indicate that part commonality can reduce manufacturing costs by 10–20% and inventory management expenses by 15–25%. Additional benefits include shorter design times, improved assembly efficiency, and enhanced standardization in after-sales services. In conclusion, implementing part commonality strategies

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

significantly contributes to both economic performance and sustainable manufacturing in the trailer industry, providing a competitive advantage for manufacturers in an increasingly demanding market environment.

Keywords: Part Standardization, Trailer, Standardization, Production

1. GİRİŞ

Treylerler, ağır ticari taşımacılık sektöründe farklı yük tiplerinin güvenli, ekonomik ve hızlı bir biçimde taşınmasını sağlayan temel araçlardır. İnşaat, enerji, tarım ve gıda sektörleri başta olmak üzere birçok alanda kullanılan treylerlerin üretiminde; **hafiflik, dayanıklılık, güvenlik ve ekonomik üretim** gibi kriterler ön plana çıkmaktadır. Ancak her müşteri grubunun farklı beklentileri olması, üreticileri model çeşitliliğini artırmaya zorlamaktadır.

Model çeşitliliği, tasarım mühendisliği açısından yenilik fırsatları sunarken; tedarik, üretim ve bakım süreçlerinde önemli karmaşıklıklara yol açmaktadır. Her yeni model için farklı parçaların tasarlanması, stok kalem sayısının artmasına, üretim hatlarında karmaşaya ve maliyet yükselişine neden olur.

Bu noktada **parça ortaklaştırma (component commonality)**, yani farklı ürünlerde aynı bileşenlerin kullanılması, hem maliyet etkinliği hem de üretim sürekliliği sağlayan modern bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Otomotiv sektöründe uzun yıllardır kullanılan bu yaklaşım, son yıllarda treyler üreticileri tarafından da benimsenmeye başlanmıştır.

Parça ortaklaştırma, yalnızca maliyet avantajı değil; aynı zamanda bakım kolaylığı, kalite istikrarı ve sürdürülebilir üretim açısından da fayda sağlamaktadır. Bu çalışma, treyler sektöründe parça ortaklaştırmanın etkilerini teknik, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Parça ortaklaştırma ve modüler ürün geliştirme kavramları, endüstriyel mühendisliğin en önemli araştırma alanlarından biridir. **Ulrich ve Eppinger (2015)**, ürün mimarisi tasarımında bileşenlerin tekrar kullanılabilirliğinin maliyet düşüşü ve kalite artışıyla doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamıştır. **Fixson (2005)**, ürün mimarisi kararlarının tedarik zinciri ve üretim süreçleri üzerindeki etkilerini analiz etmiş ve parça ortaklaştırmanın tedarik risklerini azalttığını belirtmiştir. **Jiao ve Tseng (2000)** ise, ürün ailesi tasarımında ortak bileşenlerin modülerlik seviyesini artırarak hem üretim hızını hem de müşteri özelleştirmesini mümkün kıldığını göstermiştir.

Otomotiv sektöründeki platform stratejileri (örneğin VW MQB, Renault-Nissan CMF platformları) parça ortaklaştırmanın en başarılı örneklerindendir. Bu platformlarda, şasi, motor bağlantı elemanları ve elektronik sistemler gibi birçok bileşen farklı modeller arasında paylaşılmaktadır. Bu sayede üretim adetleri artarken, tedarik zinciri daha kararlı hale gelmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Treyler sektöründe yapılan akademik çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, **Çetin ve Korkmaz (2022)** tarafından yapılan bir araştırmada, şasi elemanları ve fren sistemi parçalarının ortaklaştırılmasının üretim maliyetlerini %17, montaj süresini ise %12 azalttığı rapor edilmiştir. Avrupa'daki üreticilerde yapılan gözlemler, **aks grupları, hava hattı komponentleri ve elektrik tesisatı** gibi alt sistemlerde ortaklaştırmanın kalite stabilitesini artırdığını göstermektedir.

Bu literatürden hareketle, bu makale treyler sektörüne özgü olarak parça ortaklaştırmanın üretim verimliliği, maliyet optimizasyonu ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini incelemektedir.

3. YÖNTEM

Bu çalışma, **betimsel araştırma** ve **nitel veri analizi** yöntemlerini temel almıştır. Veriler, Türkiye ve Avrupa'daki 6 farklı treyler üreticisinden elde edilen üretim kayıtları, teknik kataloglar ve satış sonrası servis raporlarından derlenmiştir.

3.1. Veri Toplama Süreci

Toplanan veriler dört ana kategoride sınıflandırılmıştır:

1. **Üretim Verileri:** Parça sayısı, üretim çevrim süresi, montaj süresi ve birim maliyetler.
2. **Tedarik Zinciri Verileri:** Stok miktarı, tedarik süresi, tedarikçi sayısı.
3. **Bakım Verileri:** Ortalama servis süresi, parça erişilebilirliği.
4. **Çevresel Veriler:** Malzeme atığı, enerji tüketimi, karbon emisyonu tahmini.

3.2. Analiz Kriterleri

Analizde dört performans göstergesi değerlendirilmiştir:

- Maliyet azalma oranı (%),
- Tasarım süresinde azalma (%),
- Servis süresi (%),
- Stok çeşitliliği azalması (%).

Bu kriterler, ortaklaştırma uygulanmış ve uygulanmamış modeller arasında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Analiz sonuçları, parça ortaklaştırmanın treyler sektöründe çok yönlü faydalar sağladığını açıkça göstermektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

4.1. Maliyet Optimizasyonu

Parça çeşitliliğinin azalması, üretim ve stok maliyetlerinde önemli düşüş sağlamıştır. Değerlendirmeler 10 adet parçadan 2 sinin ortaklaştırıldığı varsayarak yapılmıştır.(%20)

Verilere ve hesaplamalara göre:

4.1.1 Kalıp ve İşleme Maliyetleri: Ortaklaştırma uygulanmadığında, farklı model ve varyantlar için her biri özel kalıp ve işleme parametreleri gerektirir. Bu da toplam maliyeti yükseltir. Aşağıdaki tabloda, toplamda 10 adet parçadan, 2 parçanın ortaklaştırılarak, ortalama maliyet hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. İşçilik hesapları da değerlendirildiğinde yaklaşık olarak %12 maliyette azalma yaşanmaktadır.

Kalem	Ortaklaştırma Öncesi	Ortaklaştırma Sonrası	Açıklama
Toplam Parça Sayısı	10	10	Toplam üretim parça adedi değişmedi
Farklı Kalıp Sayısı	10	8 + 1 = 9	2 parça ortak kalıpta üretildi
Kalıp Maliyeti (adet)	€7500	€7500	Her kalıp için ortalama
Toplam Kalıp Maliyeti	€75,000	€67,500	1 kalıp tasarrufu
İşleme Maliyeti (adet)	€750	€750	Ortalama işleme maliyeti
Toplam İşleme Maliyeti	€750 × 10 = €7,500	€750 × 10 = €7,500	İşleme maliyeti sabit varsayılmıştır
Operasyon Süresi	30 dk	30dk	Kalıp değiştirme süresi
Toplam Operasyon Süresi	10x30=300dk	9x30=270dk	Toplam kalıp değiştirme süresi
Toplam Maliyet	€82,550	€75,000	Yaklaşık %10 tasarruf
Maliyet Tasarrufu	—	$7,550 (%10)	Sadece kalıp maliyetinden

Tablo 1. Parça Ortaklaştırmanın Kalıp ve İşleme Maliyetleri Alanlarındaki Etkileri

4.1.2 Stok ve Lojistik Maliyeti: 10 adet parçadan 2 si ortaklaştırıldığında, stok maliyeti, depolama maliyeti, taşıma maliyeti, sipariş/satın alma yönetimi olarak ilgili konular ele alınarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. Yaklaşık olarak %15 lik bir iyileştirme elde edilmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Maliyet Kalemi	Öncesi	Sonrası	İyileşme Oranı	Açıklama
Farklı Parça Sayısı	10	9	%10	2 parça ortak üretildi
Stok Maliyeti (yıllık)	$10,000	$8,500	%15	Daha iyi stok optimizasyonu
Depolama Maliyeti	$5,000	$4,250	%15	Raf, alan ve ekipman kullanımı azaldı
Taşıma Maliyeti	$3,000	$2,550	%15	Parça konsolidasyonu ve taşıma verimliliği
Sipariş/Satın Alma Yönetimi	$2,000	$1,700	%15	Daha az sipariş kalemi ve işlem süresi
Toplam Yıllık Maliyet	$20,000	$17,000	%15	Tüm kalemlerde etkin iyileştirme

Tablo 2. Parça Ortaklaştırmanın Stok ve Lojistik Alanlarındaki Etkileri

4.1.3 Kalite Kontrol Süresi: 10 adet parçadan 2si azaldığında, kalitesel olarak; ölçüm kriterleri, tolerans aralıkları ve kontrol planları sadeleşir(Standardizasyon), parça sayısı azaldıkça, izlenebilirlik ve kök neden analizi kolaylaşır(Hata Takibi), rapor şablonları azalır, sistematik hale gelir(Raporlama), ölçüm aparatları ve kalıp validasyonu için yatırım düşer(Kalite Ekipman Yatırımı), tek tip parçalar üzerinde iyileştirme yapmak daha etkilidir(Kalite İyileştirme Projeleri). Yaklaşık %10luk bir iyileştirme gözlemlenmektedir.

Kalem	Öncesi	Sonrası	İyileşme Oranı	Açıklama
Farklı Parça Sayısı (Kontrol)	10	9	%10	2 parça tek tip hale getirildi
Özel Kalıp Sayısı	10	9	%10 azalma	1 kalıp düşüşü: daha az kalıp kontrolü
Özel Ölçüm Aparatı Sayısı	10	9	%10 azalma	Her parçaya özel aparat ihtiyacı azalır
CMM (koordinat ölçüm makinesi) Programı	10 adet	9 adet	%10 azalma	Ölçüm programı sayısı da azalır
Kalite Operatörü Eğitimi	10 farklı set	9 set	%10 azalma	Operatörlerin öğrenme yükü azalır

Tablo 3. Parça Ortaklaştırmanın Kalite Kontrol Süreçleri Alanlarındaki Etkileri

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

4.1.4 Tasarım Verimliliği

CAD tabanlı tasarım süreçlerinde, ortak parça kütüphaneleri mühendislerin tekrar eden iş yükünü %15 azaltmıştır.

Yeni model geliştirme süresi ortalama 45 günden 38 güne düşmüştür. Bu, hem **Ar-Ge maliyetlerinde düşüş** hem de **pazara çıkış süresinde hızlanma** sağlamıştır.

4.1.5 Tedarik Zinciri Yönetimi

Ortak parçaların kullanımı, stok kalem sayısında ortalama %11 azalma yaratmıştır. Tedarikçi sayısının azalması, tedarik zincirinin daha esnek ve öngörülebilir hale gelmesine neden olmuştur.

Aşağıdaki tabloda, süreçler incelenmiştir.

Tedarik Zinciri Alanı	Öncesi	Sonrası	İyileşme / Etki	Açıklama
Tedarikçi Sayısı (Parça Bazlı)	10 tedarikçi	9 tedarikçi	%10 azalma	Ortak parçalar aynı tedarikçiden alınabilir
Sipariş Kalemi (SKU)	10	9	%10 azalma	Daha az kalemle işlem yapılır
Tedarik Süresi (lead time)	Ortalama 4 hafta	3.5 hafta	%12 iyileşme	Parça konsolidasyonu ile daha sık alım, daha hızlı temin
Satın Alma İş Yükü	Yüksek	Orta	Azalma	Daha az teklif alma, sipariş geçme süreci
Lojistik Planlama	Dağınık	Daha odaklı	Artan verim	Nakliye konsolidasyonu mümkün olur

Tablo 4. Parça Ortaklaştırmanın Tedarik Alanlarındaki Etkileri

4.2. Sürdürülebilirlik Etkisi

Ortak parça üretimi sayesinde enerji tüketimi %8, malzeme israfı %10 oranında azalmıştır. Kalıp değişim sayısının azalması, üretim hattındaki karbon salınımını düşürmüştür. Bu yönüyle parça ortaklaştırma, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine doğrudan katkı sağlamaktadır.

4.3. Genel Değerlendirme

Sonuçlar, parça ortaklaştırmanın yalnızca maliyet avantajı değil, aynı zamanda organizasyonel istikrar, mühendislik verimliliği ve sürdürülebilirlik açısından da kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Etki Alanı	Performans Göstergesi	Ortalama İyileşme Oranı (%)
Üretim Verimliliği	Montaj Süresinde Azalma	10-15
Maliyet Optimizasyonu	Birim Maliyette Azalma	12
Tasarım Süreci	Yeni Model Geliştirme Süresinde Azalma	10-15
Tedarik Zinciri	Stok Çeşitliliğinde Azalma	10-15
Sürdürülebilirlik	Malzeme Atığında Azalma	10

Tablo 5. Parça Ortaklaştırmanın Farklı Alanlardaki Etkileri

5. Sonuç

Treyler sektöründe parça ortaklaştırma stratejisi;

- Üretim ve stok maliyetlerini azaltır,
- Tasarım ve mühendislik süreçlerini hızlandırır,
- Satış sonrası hizmetleri kolaylaştırır,
- Sürdürülebilir üretim hedeflerine katkı sağlar.
- Tedarik ve satın alma süreçlerini kolaylaştırır.

Araştırmanın genel sonucu, parça ortaklaştırmanın treyler sektöründe **rekabet avantajı yaratan stratejik bir mühendislik yaklaşımı** olduğunu göstermektedir. Gelecekteki çalışmaların, bu etkinin **yaşam döngüsü maliyeti (LCC), karbon ayak izi hesaplaması ve dijital ikiz sistemleri** ile entegrasyonu üzerine yoğunlaşması önerilmektedir.

6. Kaynaklar

Fixson, S. K. (2005). *Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions.* Journal of Operations Management, 23(3–4), 345–369.

Jiao, J., & Tseng, M. M. (2000). *Understanding product family and product platform.* Journal of Intelligent Manufacturing, 11(5), 473–493.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2015). *Product Design and Development.* McGraw-Hill Education.

Çetin, M. & Korkmaz, A. (2022). "Treyler Üretiminde Standardizasyonun Verimlilik Üzerine Etkileri." *Makine Teknolojileri Dergisi*, 9(2), 55–62.

Christopher, M. (2016). *Logistics and Supply Chain Management.* Pearson Education.

Otto, K., & Wood, K. (2020). *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development.* Prentice Hall.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EXPERIMENTAL EVALUATION OF CARBON FIBER RIM GEOMETRIES UNDER VERTICAL IMPACT LOADING

Cihat ENSARİOĞLU[1*], M.Kıvanç TURAN[1], Mert Ali ÖZEL[1,2]

[*1]Bursa Uludağ Universitey, Mechanical Engineering Department, Bursa Türkiye
[2]Oxodes Technology, Bursa, Türkiye
ORCID Code: 0000-0003-2843-9536, 0000-0002-1605-9678, 0000-0003-2887-3359

ABSTRACT

This study presents a comprehensive experimental analysis of the vertical impact behavior of two carbon fiber composite rim geometries. The specimens were fabricated using the resin transfer molding (RTM) process to ensure homogeneous fiber distribution and minimal void content. A vertical drop-weight testing setup was utilized, where a calibrated 580 kg mass was released from a height of 250 mm to apply a controlled impact load to the rim surface. High-resolution force–displacement data were acquired to evaluate deformation modes and failure mechanisms. Both rim configurations exhibited a nonlinear mechanical response typical of laminated composite materials, including an initial elastic phase, gradual damage accumulation, and ultimate failure characterized by matrix cracking and delamination. The peak impact forces measured were 14.717 kN and 14.374 kN, corresponding to maximum load capacities of 1499.47 kg and 1465.57 kg, respectively. The comparative assessment indicates that fiber orientation and layup geometry significantly affect the rim's impact resistance and energy dissipation capacity. These results enhance the understanding of the dynamic response of carbon fiber rims under vertical impact loading and provide valuable insights for the design of lightweight, high-strength composite structures.

Keywords: Carbon fiber rim, vertical impact test, composite materials, energy absorption, failure mechanism, drop-weight impact, structural dynamics.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

A NOVEL MECHANICAL ACTUATION AND FORCE TRANSMISSION ARCHITECTURE TAILORED FOR DRUM BRAKE-BASED ELECTRIC PARKING BRAKE

Berkay Şentürk

*[1]Uludağ University, Engineering Faculty, Automotive Engineering, Bursa, Türkiye
ORCID Code: 0009-0007-4744-6375

ABSTRACT

Brake systems are critical for vehicle safety, with disc and drum brakes being the most prevalent types. While disc brakes dominate front axle applications due to their superior performance, drum brakes remain widely used in rear axles for their cost-effectiveness. In electric parking brake (EPB) systems utilizing drum brakes, two primary architectures exist: cable-driven systems actuated by a central motor, which pose packaging and durability challenges, and direct actuator systems mounted on the drum, which simplify layout but increase mechanical complexity and failure risk. This study introduces a novel force transmission solution for drum brake EPB systems that addresses the limitations of existing designs. The proposed system employs a compact Motorized Gear Unit (MGU) externally mounted on the drum brake assembly. This configuration enables seamless integration of EPB functionality into vehicles not originally designed for it, without significant modifications to the existing brake hardware. The mechanism replicates the action of a manual handbrake, offering a simple, reliable, and fully independent electric actuation method. Upon EPB activation, the MGU engages the internal lever via the cable, causing the brake shoes to press against the drum and secure the vehicle. This architecture combines the robustness of cable systems with the simplicity of direct actuation, offering a balanced and scalable solution for modern automotive platforms.

Keywords: Electric Park Braking, Drum Actuation, Motorized Gear Unit, Brake Force

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NUMERICAL EVALUATION OF CRATERS FORMED BY RDX ON DIFFERENT GROUND DURING DETONATION

Murat TEKER[1], *İrfan Özsoy[2]

[1] Sakarya Univ. Science Faculty Chemistry Department Orcid: 0000-0001-7699-0504
[2] Sakarya Univ. Institute of Natural Sciences, Chemistry Department Orcid: 0009-0002-8072-7965

Abstract

Energetic materials are gaining an increasing range of applications each day. These materials are generally classified as explosives, propellants, and pyrotechnics. Their widespread use in recent years, particularly in the defense industry, stems from their economic and high-energy chemical nature. In the literature, studies on explosive materials have been reported in the fields of defense industry (Erdik, 2017), engineering (Atasoy, 2019), industrial applications (Nagy, 2015), and scientific research (Meneşke, 2024). Furthermore, new conventional explosives containing nitro organic compounds such as azides and nitramines are being developed. (Şen, 2013).

Currently, cyclic nitramines (CNAs) are widely studied in terms of their combustion reaction modeling and experimental behavior (Ermolin & Zarko, 1998; Strunin & Nikolaeva, 2010; Strunin & Nikolaeva, 2013).

As the use of explosive materials becomes more common, there is a growing need for comprehensive studies on crater formation and the interaction between explosives and different ground materials. The aim of this study is to investigate the destructive effects of RDX detonation on wooden surfaces, compare the experimental crater formation data with empirical crater formation equations, and determine crater coefficients for different types of wood based on the obtained results.

In the experimental phase, various wood samples with distinct physical and mechanical properties were selected. The strength and hardness values of each material were measured. Explosion tests were conducted using RDX, and the exact quantities used in each test were carefully calculated. After detonation, the diameters of cavities and fractures formed on the wooden surfaces were measured. The following empirical equations were applied to calculate the crater coefficients for each type of wood:

$D = 1.01(N^{0.5})(M_{ave}\,Q)^{0.25}(1+1.30$ and $P = 1.558\ ^{2}(N)(M_{ave}Q)^{0.5}$

[Östmark and ect (2007), Zhurova, and (2007)].

These equations enabled the determination of the crater formation coefficients for each wood material, providing a comparative framework for evaluating the mechanical response of different woods subjected to RDX explosions.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Keywords : RDX, Explosion, Crater

Referencess

Atasoy, A. (2019). *Laboratuvar Ölçekte Siklotrimetilen Trinitramin (RDX) Üretimi ve Karakterizasyonu* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Kırıkkale.

Erdik, A. (2017). *Mayın Patlamasına Maruz Kalan Zırhlı Bir Aracın Sayısal Simülasyon Modelinin Geliştirilmesi* (Doctoral dissertation, Sakarya Universitesi (Turkey)).

Ermolin,N.E.,ve Zarko, V. E. (1998). Modeling of Cyclic-Nitramine Combustion. *Combustion, Explosion and Shock Waves*, *34*(5), 485-501.

Menekşe, B. Ç. (2024). *Wiberg Bağ İndeksi Hesaplamalarını Kullanarak Bazı Nitroaromatik Bileşiklerin Tetik Bağ Analizleri* (Master's thesis, Balikesir University (Turkey)).

Nagy, N. (2015). Numerical Evaluation Of Craters Produced By Explosions On The Soil Surface. *Acta Physica Polonica A*, *128*(2B).

Ostmark, H. Wallin, S. and Goede P. (2007).” High energy density materials (HEDM): overview, theory and synthetic efforts at FOI.”, CEJEM, 4(1-2), 83-108.

Strunin, V. A., Nikolaeva, L. I., & Manelis, G. B. (2010). Modeling of HMX combustion. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, *4*(4), 627-633.

Strunin, V. A., & Nikolaeva, L. I. (2013). Combustion Mechanism Of RDX And HMX and Possibilities Of Controlling The Combustion Characteristics Of Systems Based On Them. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, *49*(1), 53-63.

Şen, N. (2013). *Azit ve Nitro Grubu Içeren Organik Patlayıcı Maddelerin Termal Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi Ve Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi Kullanarak Analiz Olanaklarının Araştırılması* (Doctoral dissertation, Ankara Universitesi (Turkey)).

Venugopalan S. (2015), Demystifying Explosives: Concepts in High Energy Materials, Elsevier, Amsterdam

Zhurova, A. V. Zhurov V. and Pinkerton,A. (2007). “Structure and Bonding in β-HMX-Characterization of a Trans-Annular N...N Interaction.”, JACS, 129(45), 13887-13893,147

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

RDX 'IN DETONASYONUNDA FARKLI ZEMİNLER ÜZERİNDE OLUŞTURACAĞI KRATERLERİN SAYISAL DEĞERLENDİRİLMESİ

Murat TEKER[1], İrfan Özsoy[2]

[1] Sakarya Univ. Science Faculty Chemistry Department (teker@sakarya.edu.tr) Orcid: 0000-0001-7699-0504
[2] Sakarya Univ. Institute of Natural Sciences, Chemistry Department (irfanozsoy34@gmail.com) Orcid: 0009-0002-8072-7965

Özet

Enerjik malzemeler her geçen gün daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Bu malzemeler genellikle patlayıcılar, itici gazlar ve piroteknik olarak sınıflandırılır. Son yıllarda, özellikle savunma sanayinde yaygın kullanımları, ekonomik ve yüksek enerjili kimyasal yapılarından kaynaklanmaktadır. Literatürde, patlayıcı malzemeler üzerine savunma sanayi (Erdik, 2017), mühendislik (Atasoy, 2019), endüstriyel uygulamalar (Nagy, 2015) ve bilimsel araştırma (Menekşe, 2024) alanlarında çalışmalar bildirilmiştir. Ayrıca, azitler ve nitraminler gibi nitro organik bileşikler içeren yeni konvansiyonel patlayıcılar geliştirilmektedir. (Şen, 2013).

Günümüzde, siklik nitraminler (CNA'lar), yanma reaksiyonu modellemesi ve deneysel davranışları açısından yaygın olarak incelenmektedir (Ermolin ve Zarko, 1998; Strunin ve Nikolaeva, 2010; Strunin ve Nikolaeva, 2013).

Patlayıcı madde kullanımı yaygınlaştıkça, krater oluşumu ve patlayıcılar ile farklı zemin malzemeleri arasındaki etkileşim üzerine kapsamlı çalışmalara olan ihtiyaç artmaktadır. Bu çalışmanın amacı, RDX patlamasının ahşap yüzeyler üzerindeki yıkıcı etkilerini araştırmak, deneysel krater oluşumu verilerini ampirik krater oluşumu denklemleriyle karşılaştırmak ve elde edilen sonuçlara dayanarak farklı ahşap türleri için krater katsayılarını belirlemektir.

Deneysel aşamada, farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip çeşitli ahşap numuneleri seçilmiş ve her malzemenin mukavemet ve sertlik değerleri ölçülmüştür. Patlama testleri RDX kullanılarak gerçekleştirilmiş ve her testte kullanılan kesin miktarlar dikkatlice hesaplanmıştır. Patlamadan sonra, ahşap yüzeylerde oluşan boşluk ve çatlakların çapları ölçülmüştür. Her ahşap türü için krater katsayılarını hesaplamak için aşağıdaki ampirik denklemler uygulanmıştır:

$D = 1.01(N^{0.5})(M_{ave}\ Q)^{0.25}(1+1.30$ and $P = 1.558\ ^{2}(N)(M_{ave}Q)^{0.5}$

[Östmark and ect (2007), Zhurova, and (2007)].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu denklemler, her ahşap malzeme için krater oluşum katsayılarının belirlenmesini sağlayarak, RDX patlamalarına maruz kalan farklı ahşapların mekanik tepkisini değerlendirmek için karşılaştırmalı bir çerçeve sunmuştur.

Anahtar Kelimeler : RDX, Patlama, Krater

Kaynaklar

Atasoy, A. (2019). *Laboratuvar Ölçekte Siklotrimetilen Trinitramin (RDX) Üretimi ve Karakterizasyonu* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Kırıkkale.

Erdik, A. (2017). *Mayın Patlamasına Maruz Kalan Zırhlı Bir Aracın Sayısal Simülasyon Modelinin Geliştirilmesi* (Doctoral dissertation, Sakarya Universitesi (Turkey)).

Ermolin,N.E.,ve Zarko, V. E. (1998). Modeling of Cyclic-Nitramine Combustion. *Combustion, Explosion and Shock Waves*, *34*(5), 485-501.

Menekşe, B. Ç. (2024). *Wiberg Bağ İndeksi Hesaplamalarını Kullanarak Bazı Nitroaromatik Bileşiklerin Tetik Bağ Analizleri* (Master's thesis, Balikesir University (Turkey)).

Nagy, N. (2015). Numerical Evaluation Of Craters Produced By Explosions On The Soil Surface. *Acta Physica Polonica A*, *128*(2B).

Ostmark, H. Wallin, S. and Goede P. (2007).” High energy density materials (HEDM):

overview, theory and synthetic efforts at FOI.”, CEJEM, 4(1-2), 83-108.

Strunin, V. A., Nikolaeva, L. I., & Manelis, G. B. (2010). Modeling of HMX combustion. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, *4*(4), 627-633.

Strunin, V. A., & Nikolaeva, L. I. (2013). Combustion Mechanism Of RDX And HMX and Possibilities Of Controlling The Combustion Characteristics Of Systems Based On Them. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, *49*(1), 53-63.

Şen, N. (2013). *Azit ve Nitro Grubu Içeren Organik Patlayıcı Maddelerin Termal Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi Ve Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi Kullanarak Analiz Olanaklarının Araştırılması* (Doctoral dissertation, Ankara Universitesi (Turkey)).

Venugopalan S. (2015), Demystifying Explosives: Concepts in High Energy Materials, Elsevier, Amsterdam

Zhurova, A. V. Zhurov V. and Pinkerton,A. (2007). “Structure and Bonding in β-HMX-Characterization of a Trans-Annular N...N Interaction.”, JACS, 129(45), 13887-13893,147

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF LIPIDS PRODUCED IN WASTE GLYCEROL BY *PICHIA CACTOPHILA*

Hatice Değişli[1], Derya Berikten[2*]

[1]Kütahya Health Sciences University, Faculty of Medicine, Kütahya, Türkiye.
[*2]Kütahya Health Sciences University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Kütahya, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0002-8672-4813

ABSTRACT

Among the most successful processes for converting waste materials into marketable products are biological conversion processes based on the use of specific microbial populations. Lipid-producing microorganisms represent an interesting option for utilizing many waste carbon sources. In recent years, microbial lipids have attracted scientific and industrial attention due to their potential to replace vegetable and other oils in many areas, such as textiles, food, cosmetics, and fuel production. These oils have fatty acid compositions similar to vegetable oils. They are considered more sustainable due to several advantages over vegetable oils. Microbial lipid production is unaffected by seasonality, requires large quantities and less space, and can be achieved with a wide variety of carbon sources. Yeasts, among microbial lipid-producing microorganisms, can accumulate high amounts of lipids in their cells, with properties similar to those of vegetable oils. Some oleaginous yeasts have been reported to store intracellular lipids up to 50% of their dry cell weight. This typically occurs during growth in nitrogen-limited environments with various carbon sources such as sugars, organic acids, hydrocarbons, animal and vegetable oils, and glycerol or crude glycerol. Although some industrial-scale applications of oleaginous yeasts already exist, research is needed to realize their full potential and expand their general application areas. While plant and essential oils have a wide range of applications in the healthcare field due to both their antimicrobial and various therapeutic effects, studies on the use of microbial lipids with similar composition are almost nonexistent.

In this study, the *Pichia cactophila* isolate, which was evaluated for lipid production and whose optimum production conditions for crude glycerol were determined, was used as a microbial lipid producer. Lipid production was achieved using *P. cactophila* in a crude glycerol fermentation medium, and the produced lipids were extracted. In order to evaluate the amount of produced cellular lipids, their fatty acid compositions and their potential for use in the health field, their antimicrobial activities (minimum inhibitory concentration, minimum bactericidal concentration/minimum fungicidal concentration) were determined by microdilution method. In the microbial oils obtained from *P. cactophila*, stearic acid (C18:0) 35.82 and linoleic acid (C18:2) 32.22 were the fatty acids with

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

the highest ratios. The obtained fatty acid content was similar to vegetable oils, especially olive oil. Microbial lipids produced by *P. cactophila* showed significant antimicrobial activity especially against *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* and *Candida parapsilosis*, demonstrating their potential as bioactive compounds with possible biomedical applications.

Keywords: *Pichia cactophila,* microbial lipid, antimicrobial, waste.

INTRODUCTION

Vegetable oils, obtained by processing oilseeds, are not only of particular importance in human nutrition but also of great importance for our health. The physical and chemical properties of oils are determined by the proportions and types of fatty acids they contain. The fatty acid composition of oilseeds is not always constant; it is controlled by genetic, ecological, morphological, physiological, and cultural practices. Vegetable oils are not only of particular importance in human nutrition but also of great importance for our health. Lauric acid (C12:0), Myristic acid (C14:0), Palmitic acid (C16:0), Stearic acid (C18:0), Arachidic acid (C20:0), and Behenic acid (C22:0) are the most important saturated fatty acids found in vegetable oils. While palmitic and stearic acids are the most common saturated fatty acids found in vegetable oils, the two most important members of monounsaturated fatty acids are palmitoleic acid (C16:1) and oleic acid (C18:1) (Karaca and Aytaç, 2007).

Microbial oils are produced by microorganisms such as fungi, bacteria, and microalgae, which can accumulate oil as more than 20% of their biomass and are defined as oleaginous species. Oil accumulation in microorganisms occurs when a nutrient necessary for growth is depleted and when there is excess carbon available for use in the environment (Gouda et al., 2008). Key factors that make the production and use of microbial lipids advantageous are: they are unaffected by changing seasons and climatic conditions, they contain high lipid levels in their cells, they can be produced in high quantities in a short time, their production is very easy to scale up, and the amount and content of these lipids produced by the microorganisms remain constant as long as environmental conditions such as temperature, pH, and incubation time are stable (Xue et al., 2006; Meng et al., 2009; Mata et al., 2010). Some fungi are attracting interest as suitable alternatives for microbial lipid sources because they are capable of converting a range of waste feedstocks into a range of value-added products, such as polyunsaturated fatty acids (γ-linolenic acid, arachidonic acid, oleic acid, palmitic acid, stearic acid, etc.), which are similar to lipid-rich vegetable oils. Similar to vitamins, these essential fatty acids are nutrients that must be provided in the diet because they cannot be synthesized in the body and are therefore of commercial importance (Larsson et al., 2006).

Yeasts are widely distributed in natural ecosystems, including soil and water, and can colonize extreme environments such as the deep sea, where temperatures are low and oxygen is scarce, and even oil-contaminated sites. Of the 1,500 known species, approximately 30 of 100 different genera possess the ability to accumulate lipids (oleaginous). The most well-known oleaginous yeasts include

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

the genera *Yarrowia, Rhodotorula* (*Rhodosporidium*), *Lipomyces, Cryptococcus*, and *Trichosporon* (Ageitos et al., 2011). Yeasts can accumulate high amounts of lipids within their cells, which have properties similar to those of vegetable oils. Therefore, in recent years, yeasts have attracted the attention of researchers in studies on the use of microbial lipids as raw materials in various sectors. Microbial oils produced by yeast have several advantages over vegetable oils. One of these is their short life cycle, allowing for quick lipid production. They can also grow well on a wide variety of substrates, including many non-value-added materials such as nutrient-rich industrial wastes (crude glycerol, xylose, molasses, etc.). This reduces the cost of the oils they produce. Oleaginous yeasts can grow on waste crude glycerol, one of these waste materials, which contains many macronutrients. During this growth, they can synthesize cellular lipids using minimal nutrients (Caporusso et al., 2021).

Crude glycerol primarily contains elements such as glycerol, methanol, calcium, potassium, and magnesium. Therefore, the use of crude glycerol in fermentation is thought to offer additional benefits in reducing production costs. A number of studies have shown that oleaginous yeasts can grow on glycerol and accumulate lipids during this growth. Maximizing lipid production using oleaginous microorganisms from inexpensive carbon sources such as waste materials is the most important factor that will enable the use and commercialization of these lipids in food, healthcare, and other areas (Berikten et al., 2021a). In a previously completed study, the lipid production capabilities of 107 yeast isolates using crude glycerol were investigated, and among these yeasts, *Pichia cactophila* was found to be the best lipid-producing yeast through lipid screening (Berikten et al., 2021b).

Among the most flexible processes for converting waste biomass into marketable products and energy are biological conversion processes based on the use of specific microbial populations. Oleaginous microorganisms may be an interesting option for utilizing many residual carbon sources. In recent years, microbial lipids have attracted scientific and industrial attention due to their potential to replace vegetable and other oils in many areas, such as textiles, food, cosmetics, and fuel production. These oils have fatty acid compositions similar to vegetable oils, but are considered more sustainable due to several advantages over vegetable oils. In fact, the production of microbial lipids is not affected by seasonality, they can be produced in large quantities with less space requirements, and they can be produced from a wide variety of carbon sources. While some industrial-scale applications of oleaginous microorganisms already exist, research efforts are needed to explore their use in various fields to realize their full potential and expand their general utilization. One such application area that needs development is healthcare. While plant and essential oils have a wide range of applications in healthcare due to both their antimicrobial and various therapeutic effects, there are almost no studies on the use of microbial lipids with similar composition in healthcare. Due to the advantages of microbial oils in production processes and their similarities to vegetable oils, their use in healthcare, as in many other areas, will become widespread in the future (Poontawee et al., 2023). In this context, the

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

results obtained in this study are very important as they provide a starting point for the application of microbial oils in healthcare and fill a gap in this area.

The growth of the world's population has inevitably led to an increase in demand for food, feed, fuel, and all fossil-based products used in daily life, which are associated with increasing per capita waste and environmental impacts. Numerous environmental problems necessitate a change in the economic model and the need to overcome the limitations of the classical production system of "take, make, and dispose." The new production model envisions transforming the value chain from linear to circular to offset the economic, environmental, and social costs caused by the current linear use of resources and increasing the efficiency of resource use. This new model offers various advantages, such as the utilization of waste, the reduction of its environmental impact, and the production of biochemicals. Eighty percent of the world's oil needs are derived from agricultural products, while the remainder is derived from animal and aquatic resources. Lipid production from microorganisms is being developed as an alternative to animal and plant sources. This will pave the way for a new, environmentally friendly, recyclable, and sustainable approach to lipid production through the use of waste. Crude glycerol is produced as a waste product during the transesterification process in various industrial production processes, and this crude glycerol poses an environmental threat if produced in large quantities. Crude glycerol can be converted into industrially useful byproducts such as microbial lipids through green technology using environmentally friendly microorganisms. This allows for both environmentally sound and economical lipid production. Furthermore, while there are many studies on the use of microbial lipids obtained from waste recycling in many areas, no studies have been found on their use in healthcare. Including the healthcare sector among the areas of application for microbial lipids will be effective in expanding the use of lipids produced through this environmentally friendly technology. This study aimed to establish a new roadmap for the use of microbial lipids in healthcare by producing lipids using Pichia cactophila, which has a high lipid-producing capacity from crude glycerol, and to determine the antimicrobial effects of the produced lipids.

MATERIALS AND METHODS

Revival of yeast isolates

In this study, *P. cactophila*, isolated and stocked from various boza samples, were revived by inoculating them in freeze-dried tubes onto petri dishes containing Yeast Peptone Dextrose (YPD) agar (Sriwongchai et al., 2013). After incubation, the grown yeast were stored at +4°C in slanted tubes containing YPD agar for further studies.

Lipid production

Inoculum cultures were prepared by taking a loopful of cells from yeast colonies grown on YPD agar, transferring them to 125 ml of YPD broth (inoculum medium), and incubating at 25°C for 72 hours at 150 rpm. 1 ml of the prepared inoculum cultures was added to 50 mL crude glycerol fermentation

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

medium (g/L: crude glycerol 39, yeast extract 20, urea 5, NH_4NO_3 20) (Berikten et al., 2021a). The mixtures were incubated at 25 °C with shaking at 150 rpm for 4 days, and the experiments were performed in duplicate.

Determination of yeast dry cell weight

2 ml of culture was placed in a centrifuge tube and centrifuged at 5000 g for 5 minutes. The pellet was washed twice with distilled water and dried at 60 °C until a constant weight was achieved. Biomass was determined by weighing (Pan et al., 2009).

Lipid extraction and determination of lipid dry weight

To determine the amount of lipid in yeast cells, extraction, drying, and weighing were performed using the method followed by Bling and Dyer (1959). For lipid extraction, 50 ml of the culture medium was transferred to Falcol tubes. The tubes were centrifuged at 5000g for 5 minutes, and the supernatant was decanted. 50 ml of distilled water was added to the pellet and centrifuged to remove the supernatant. The washing process was repeated twice. Afterwards, 10 ml of 4M HCl was added to the tubes containing the cell pellet and incubated in a water bath at 60 °C for 2 hours. Then, 20 ml of chloroform/methanol (1:1) was added to the hydrolysate, mixed, and incubated at room temperature for 2-3 hours. The tubes were centrifuged at 2000 g for 5 minutes, and the lower phase containing the lipids was transferred to new tubes using a Pasteur pipette. The tubes were placed in a vacuum oven at 40 °C to allow the resulting liquids to dry completely. The values were then weighed and determined. The resulting lipid percentage was calculated using biomass (g/L) and lipid dry weight (g/L).

Determination of the fatty acid composition of cellular lipids

To determine the composition of the obtained oils by GC analysis, the fatty acid compounds were converted to their methyl esters. The gas chromatography conditions used are given in Table 1. Approximately 0.2 g of sample was boiled in a hot water bath under reflux for 15 minutes. Then, 14% BF3-methanol was added from the refrigerator using a funnel without opening the system. The mixture was boiled for another 2 minutes. N-heptane was then added and boiled for another 1 minute. After the system cooled, the mixture was transferred to a volumetric flask and topped up with saturated NaCl solution. Liquid-liquid extraction was performed by closing the flask and gently inverting it. Thus, the two phases formed were clearly separated. Fatty acid methyl esters were obtained by removing the solvent using nitrogen gas (Williams 1991).

Fatty acid analysis of the oils converted to methyl ester form was performed using an HP 7820 A GC. Accordingly, peaks were obtained using the FID detector based on the retention time of the fatty acid methyl esters added to the column. The relative percentages of fatty acids were determined by calculating the areas under these peaks.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Gas Chromatography Conditions

Parameter	Specification
Model	HP 7820 A Model Gas Chromatography Device
Column	Agilent DB-23 Capillary Column (60 m × 250 µm × 0.15 µm nominal)
Detector	FID
Carrier Gas	Helium
Carrier Gas Flow Rate	1 mL/min
Injection Temperature	250 °C
Column Temperature	50 °C for 1 minute; Ramp at 25 °C/min to 175 °C; Ramp at 4 °C/min to 230 °C; Hold at 230 °C for 5 minutes
Detector Temperature	250 °C
Injection Volume	0.2 µL

Preparation of microorganisms for antimicrobial test

Bacteria/Gram (+) *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212; Bacteria/Gram (-) *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853; Yeast *Candida parapsilosis* ATCC 22019. Mueller-Hinton Agar and Broth (MHA and MHB) were used for bacteria, and Sabouraud Dextrose Broth and Agar (SDA and SDB) were used for yeast. Test bacteria and yeasts were grown in appropriate broths for 24 hours at 37°C and 48 hours at 28°C, respectively, and the same broth was adjusted to a turbidity of 0.5 McFarland.

Broth microdilution method and determination of MIC - MBC/MFC values

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) values of the produced and extracted lipids were determined using the broth microdilution method according to the CLSI M07-A10 guideline for bacteria and the NCCLS M27-A2 guideline for yeast. Fresh bacterial and yeast suspensions adjusted to a turbidity of 0.5 McFarland were added to 96-well microplates containing MHB and SDB, respectively, in 20 µL (Wiegand et al., 2008). Then, 180 µL of lipids at different concentrations (0.025-100 mg/mL) prepared by the two-fold dilution method were transferred to the wells. The microplates were incubated at 37°C for 18-24 hours (bacteria) or at 28°C for 48 hours (yeast). Each microplate contained a sterility control well (medium used in dilutions, 200 µL) and a growth control well (medium with only added inoculum; 180 µL + 20 µL). Microorganism density was determined at 600 nm using a microplate reader (Thermo Scientific Multiskan FC Microplate Reader). The lowest

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

concentration at which no turbidity was observed and growth was completely inhibited was determined as the MIC value (Bílikova et al., 2015). Fifteen µL of culture suspension from the wells where the MIC value was determined was spread on the surface of MHA for bacteria and SDA for yeast, and the petri dishes were incubated at 37°C for 24 hours for bacteria and 28°C for 48 hours for yeast (Moghim et al., 2015). The concentration at which no growth occurred was evaluated as Minimum Bactericidal Concentration (MBC)/Minimum Fungicidal Concentration (MFC) (Nikkhah et al., 2017).

RESULTS

In this study, the *P. cactophila* isolate was first activated and then induced to produce microbial lipids in lipid production medium. The fungus grown in lipid production medium was separated from the medium by centrifugation, and lipids within the cells were separated by lipid extraction. The resulting % lipid content was calculated using biomass (mg/L) and lipid dry weight (mg/L). The lipid dry weight was determined as 5.6 mg/mL, biomass as 1.5 mg/mL, and % lipid as 373.3 mg/mL.

To determine the fatty acid composition of the obtained oils by GC analysis, fatty acid compounds were converted to their methyl esters and analyzed. The fatty acid percentages in microbial oils obtained from *P. cactophila* were determined as follows: palmitic acid (C16:0) 12.85; stearic acid (C18:0) 35.82; oleic acid (C18:1) 19.11; linoleic acid (C18:2) 32.22; total unsaturated fatty acid 55.33; and total saturated fatty acid 44.67. The fatty acid content obtained is similar to that of vegetable oils, especially olive oil. Among the most well-known benefits of olive oil are its ability to reduce the risk of heart disease, provide antioxidant properties, improve inflammation, contribute to brain and vascular health, and protect against cancer. The lipids we produce are also thought to have health potential in addition to their antimicrobial properties with further studies.

In this study, the antimicrobial susceptibility of the obtained microbial lipids was tested against various microorganisms including *E. faecalis, S. aureus, E. coli, P. aeruginosa*, and *C. parapsilosis* using broth microdilution method. MIC and MBK/MFK values of the produced lipids are given in Table 2. MIC values of *P. cactophila* lipids were determined as 0.14 g/mL, 0.00875 g/mL, and 0.14 g/mL against *E. faecalis, S. aureus*, and *C. parapsilosis*, respectively. MBK/MFK values of the lipids were found to be >0.5 g/mL, 0.035 g/mL, and >0.5 g/mL against *E. faecalis, S. aureus*, and *C. parapsilosis*, respectively. The results showed that the produced lipids had antimicrobial activity against both bacteria (*E. faecalis, S. aureus*) and fungi (*C. parapsilosis*). The different MIC values obtained for different microorganisms are due to differences in the resistance profiles of the species.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 2. MIC – MBC/MFC values of microbial lipids

Microorganisms	Gram positive bacteria		Gram negative bacteria		Fungi
	E. faecalis	*S. aureus*	*E. coli*	*P. aeruginosa*	*C. parapsilopsis*
MIC values (g/mL)	0,14	0,00875	-	-	0,14
MBC/MFC values (g/mL)	>0,5	0,035	-	-	>0,5
Chloramphenicol (10 mg/ml) and Bacitracin (10 mg/ml) / Ketoconazole (25 mg/ml)	-	-	-	-	-
(+)-Control	+	+	+	+	+

DISCUSSION

In this study, microbial lipids produced by *P. cactophila* demonstrated significant antimicrobial activity, which can be attributed to their fatty acid composition. Gas chromatography analysis revealed that stearic acid (C18:0, 35.82%), linoleic acid (C18:2, 32.22%), oleic acid (C18:1, 19.11%), and palmitic acid (C16:0, 12.85%) were the dominant components. The relatively high unsaturated-to-saturated fatty acid ratio (55.33/44.67) indicates that the lipid extract possesses a chemical profile conducive to biological activity.

The antimicrobial activity of fatty acids is well-documented and primarily linked to their amphiphilic nature, which allows them to integrate into microbial membranes, disrupt lipid bilayers, and interfere with membrane-bound enzymes and nutrient transport systems (Obukhova and Murzina, 2024; Desbois and Smith, 2010). Among them, unsaturated fatty acids such as oleic and linoleic acids are known to exert potent antimicrobial effects due to their ability to increase membrane permeability and induce cellular leakage (Desbois and Lawlor, 2013). The high content of these compounds in *P. cactophila* lipids explains the strong inhibitory effects observed against *S. aureus* (MIC = 0.00875 g/mL) and *E. faecalis* (MIC = 0.14 g/mL).

The reduced susceptibility of Gram-negative bacteria such as *E. coli* and *P. aeruginosa* is consistent with previous findings, as their outer membrane acts as an effective barrier against hydrophobic molecules including long-chain fatty acids (Borreby et al., 2023). This structural difference limits the diffusion of fatty acids, resulting in weaker antibacterial activity. Conversely, C. *parapsilosis* was also inhibited by *P. cactophila* lipids, suggesting that the extract exerts both antibacterial and antifungal effects. The antifungal properties of fatty acids are often attributed to their ability to disturb ergosterol synthesis and mitochondrial integrity (Obukhova and Murzina, 2024).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Furthermore, the fatty acid composition of *P. cactophila* closely resembles that of plant derived oils, especially olive oil, which is rich in oleic and linoleic acids. These fatty acids are known for their antioxidant, anti-inflammatory, and cardioprotective effects, indicating that the microbial lipids obtained in this study may possess additional biomedical potential beyond antimicrobial activity.

Importantly, *P. cactophila* utilized crude glycerol a byproduct of biodiesel production as a carbon source for lipid synthesis. This approach aligns with green biotechnology principles, transforming industrial waste into high-value products. Franco et al. (2024) similarly demonstrated that lipids extracted from *Hermetia illucens* larvae exhibit antimicrobial activity, emphasizing that biowaste-derived lipids represent sustainable and versatile bioresources. Therefore, microbial lipids synthesized from renewable or waste-based substrates could serve as promising candidates for pharmaceutical, nutraceutical, and biomaterial applications.

CONCLUSION

The results of this study indicate that Pichia cactophila can efficiently produce lipids rich in stearic, oleic, and linoleic acids, which show strong antimicrobial effects against both bacterial and fungal pathogens. The antimicrobial potential of these lipids, coupled with their biochemical similarity to health-promoting plant oils, highlights their dual functional relevance. Furthermore, the utilization of crude glycerol as a substrate reinforces the environmental and economic sustainability of microbial lipid production. Overall, these findings suggest that P. cactophila derived lipids may represent an innovative and eco-friendly source of bioactive compounds for future biomedical and biotechnological applications.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the TUBITAK 2209-A University Students Research Projects Support Program.

REFERENCES

Ageitos JM, Vallejo JA, Veiga-Crespo P, Villa T 2011. Oily yeasts as oleaginous cell factories. Appl. Microbiol. Biotechnol., 90(4): 1219-27.

Berikten D, Hosgun EZ, Bozan B, Kivanc M 2021a. Improving lipid production capacity of new natural oleaginous yeast: *Pichia cactophila* firstly. Biomass Conv. Bioref. 12: 1311–1321. https://doi.org/10.1007/s13399-021-01466-1

Berikten D, Hoşgün EZ, Gökdal Otuzbiroğlu A, Bozan B, Kivanc M 2021b. Lipid Production from Crude Glycerol by Newly Isolated Oleaginous Yeasts: Strain Selection, Molecular Identification and Fatty Acid Analysis. Waste Biomass Valor. 12: 5461–5470. https://doi.org/10.1007/s12649-021-01405-1

Bílikova K, Huang S, Lin I, Šimuth J, Peng C 2015. Structure and antimicrobial activity relationship of royalisin, an antimicrobial peptide from royal jelly of Apis mellifera. Peptides, 68(1): 190-196.

Bligh EG, Dyer WJ 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification, Can. J. Biochem. Physiol. 37: 911–917.

Borreby C, Sternkopf Lillebæk EM, Kallipolitis BH 2023. Anti-infective activities of long-chain fatty acids against foodborne pathogens. FEMS Microbiology Reviews, 47(4): fuad037. https://doi.org/10.1093/femsre/fuad037

Caporusso A, Capece A, De Bari I. 2021. Oleaginous Yeasts as Cell Factories for the Sustainable Production of Microbial Lipids by the Valorization of Agri-FoodWastes. Fermentation. 7, 50.

Desbois AP, Lawlor KC 2013. Antibacterial activity of long-chain polyunsaturated fatty acids against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus*. Marine Drugs, 11(11): 4544–4557. https://doi.org/10.3390/md11114544

Desbois AP, Smith VJ 2010. Antibacterial free fatty acids: Activities, mechanisms of action and biotechnological potential. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(6): 1629–1642. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2355-3

Franco A, Scieuzo C, Salvia R, Falabella P 2024. Antimicrobial activity of lipids extracted from Hermetia illucens reared on different substrates. Applied Microbiology and Biotechnology, 108, 167. https://doi.org/10.1007/s00253-024-13005-9

Gouda MK, Omar SH, Aouad LM 2008. Single cell oil production by *Gordonia* sp. DG using agro-industrial wastes. World J Microbiol Biotechnol. 24: 1703-11.

Karaca E, Aytaç S 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22 (1): 123-131.

Larsson K, Quinn P, Sato K, Tiberg F 2006. Lipids: structure, physical properties and functionality. The Oily Press, Vol 19, P.J. Barnes and Associates Publishers, Bridgwater, UK, pp. 1-5.

Mata TM, Martins AA, Caetano NS 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. Renew Sust Energ Rev. 14: 217–232.

Meng X, Yang J, Xu , Zhang L., Nie Q, Xian M 2009. Biodiesel production from oleaginous microorganisms. Renew Energy 34: 1–5.

Moghim M, Taghipoor S, Shahinfard N, Kheiri S, Panahi R 2015. Antifungal effects of Zataria multiflora and Nigella sativa extracts against Candida albicans. Journal of HerbMed Pharmacology, 4(4): 138-141.

Nikkhah M, Hashemi M, Najafi M, Farhoosh R 2017. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. International Journal of Food Microbiology, 257(1): 285-294.

Obukhova ES, Murzina SA 2024. Mechanisms of the antimicrobial action of fatty acids. Appl Biochem Microbiol, 60, 1035–1043. https://doi.org/10.1134/S0003683824605158

Pan LX, Yang DF, Shao L, Li W, Ghen G, Liang ZQ 2009. Isolation of the oleaginous yeasts from the soil and studies of their lipid-producing capacities. Food Technol. Biotechnol. 47(2): 215-220.

Poontawee R, Lorliam W, Polburee P, Limtong S 2023. Oleaginous yeasts: Biodiversity and cultivation. Fungal Biology Reviews, 44: 100295. https://doi.org/10.1016/j.fbr.2022.11.003

Sriwongchai S, Pokethitiyook P, Kruatrachue M, Bajwa KP, Lee H 2013. Screenıng of selected oleaginous yeasts for lipid production from glycerol and some factors which affect lipid production by *Yarrowia lipolytica* strains. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2(5): 2344-2348.

Wiegand I, Hilpert K, Hancock R 2008. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. Nature protocols, 3(2): 163.

Williams S 1991. Official Methods of Analysis of the Association of Official Anaytical Chemist, Virginia, 503-515.

Xue F, Zhang X, Luo H, Tan T 2006. A new method for preparing raw material for biodiesel production. Process Biochem. 41: 1699–1702.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

LIPID PRODUCTION IN CRUDE GLYCEROL BY *YARROWIA LIPOLYTICA* AND INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL EFFECTS OF PRODUCED LIPIDS

Cennet Şevval Demir[1], Derya Berikten[2*]

[1]Kütahya Health Sciences University, Faculty of Medicine, Kütahya, Türkiye.
[*2]Kütahya Health Sciences University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Kütahya, Türkiye.
ORCID Code: 0000-0002-8672-4813

ABSTRACT

Biotransformation processes using specific microbial populations are among the most effective ways to convert waste materials into valuable products. Oleaginous yeasts can accumulate plant oil like lipids from various carbon rich residues such as crude glycerol, offering a sustainable alternative to vegetable oils. However, despite their compositional similarity to plant and essential oils, the biomedical potential of microbial lipids especially their antimicrobial applications remains largely unexplored. *Yarrowia lipolytica*, an oleaginous yeast previously isolated from boza and generally recognized as safe (GRAS), was used in this study to successfully produce microbial lipids in a glycerol-based culture medium under shaking incubation conditions. After cultivation, the fungal biomass was harvested and subjected to lipid extraction. The lipid dry weight, biomass, and lipid content were determined as 4.36 mg/mL, 2.75 mg/mL, and 158%, respectively. Gas chromatography analysis of the fatty acid methyl esters revealed that the dominant fatty acids were linoleic acid (C18:2, 54.71%) and oleic acid (C18:1, 28.67%), followed by palmitic acid (C16:0, 8.69%) and stearic acid (C18:0, 4.8%). The total unsaturated fatty acid content (80.52%) was markedly higher than the saturated fraction (19.48%), indicating that the lipid composition is comparable to that of plant derived oils. This high proportion of unsaturated fatty acids suggests potential health benefits and biomedical value. The antimicrobial activity of the extracted microbial lipids was evaluated using the broth microdilution method against *Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus, Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa,* and *Candida parapsilosis*. The results demonstrated that *Y. lipolytica* lipids exhibited inhibitory activity against *E. faecalis* (MIC = 0.109 g/mL) and *C. parapsilosis* (MIC = 0.112 g/mL), with minimum bactericidal/fungicidal concentrations above 0.5 g/mL. No significant effect was observed against Gram-negative bacteria. The differences in susceptibility among test organisms may be attributed to variations in cell wall structure and resistance mechanisms. These findings highlight the dual significance of *Y. lipolytica* as both a sustainable biotechnological platform for converting waste glycerol into high-value microbial lipids and a potential source of bioactive fatty acids with antimicrobial activity. Overall, the environmentally friendly conversion of waste crude

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

glycerol offers both economic advantages and contributes to sustainable production. Furthermore, the antimicrobial properties of the resulting lipids offer new opportunities for future healthcare applications, such as sterilization of medical equipment, control of resistant pathogens, and treatment of certain infections.

Keywords: *Yarrowia lipolytica*, microbial lipid, antimicrobial, crude glycerol.

INTRODUCTION

Vegetable oils are obtained by processing oilseeds and are important in human nutrition and offer benefits for our health. The physical and chemical properties of oils are determined by the ratios and types of fatty acids they contain. Vegetable oils are not only important in human nutrition but also have significant health benefits. Lauric acid (C12:0), Myristic acid (C14:0), Palmitic acid (C16:0), Stearic acid (C18:0), Aracidic acid (C20:0), and Behenic acid (C22:0) are the most important saturated fatty acids found in vegetable oils. Palmitic and stearic acid, in particular, are the most common saturated fatty acids found in vegetable oils, while the two most important monounsaturated fatty acids are palmitoleic acid (C16:1) and oleic acid (C18:1) (Karaca and Aytaç, 2007).

For years, the antimicrobial effects of plant and essential oils rich in fatty acids have been tested using various methods (disk diffusion, agar diffusion, and broth diffusion). These methods have definitively proven the antimicrobial effects of various plant and essential oils (Chouhan et al., 2017). Microbial lipids are also rich in fatty acids found in plant oils (γ-linolenic acid, arachidonic acid, oleic acid, palmitic acid, stearic acid, etc.) (Larsson et al., 2006). There is a wealth of information regarding the uses of these fatty acids found in lipids. Studies have confirmed the use of free fatty acids in the prevention and treatment of human infections. In healthcare, fatty acids are also used to sterilize medical equipment, decontaminate drug-resistant pathogens from the skin, prevent biofilm formation on the skin by microorganisms, and treat infections in the nose, skin, wounds, and mucosa of patients (Desbois 2012). Lipids, which have such a wide range of applications, can be easily obtained from microorganisms.

Microbial oils are produced by microorganisms such as fungi, bacteria, and microalgae, which can accumulate oil as more than 20% of their biomass and are defined as oleaginous species. Oil accumulation in microorganisms occurs when a nutrient necessary for growth is depleted and when there is excess carbon available for use in the environment (Gouda et al., 2008). Key factors that make the production and use of microbial lipids advantageous are: they are unaffected by changing seasons and climatic conditions, they contain high lipid content in their cells, they can be produced in high quantities in a short time, their production is very easy to scale up, and the amount and content of these lipids produced by the microorganisms remain constant as long as environmental conditions such as temperature, pH, and incubation time are stable (Xue et al., 2006; Meng et al., 2009; Mata et al., 2010). Some fungi are attracting interest as suitable alternatives for microbial lipid sources because

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

they have the capacity to convert a range of waste feedstocks into a range of value-added products such as polyunsaturated fatty acids similar to vegetable oils rich in lipids (Larsson et al., 2006).

Yeasts are one group of fungi that can be used to produce microbial lipids. Yeasts are distributed in natural ecosystems such as soil and water. They can survive in the most extreme habitats, such as low temperatures, deep seas with limited oxygen availability, and even oil-contaminated areas. Of the 1,500 known species, approximately 30 of 100 different genera possess the ability to accumulate lipids. The most well-known genera with lipid accumulation abilities are *Yarrowia, Rhodotorula* (*Rhodosporidium*), *Lipomyces, Cryptococcus*, and Trichosporon (Ageitos et al., 2011). Yeasts can accumulate high amounts of lipids within their cells, which have properties similar to those of vegetable oils. Therefore, in recent years, yeasts have attracted the attention of researchers in studies on the use of microbial lipids as raw materials in various sectors. Microbial oils produced by yeast have many advantages over vegetable oils. One of these is their short life cycle, allowing them to produce lipids quickly. They can also grow on a wide variety of substrates, including many non-value-added materials such as industrial nutrient waste (crude glycerol, xylose, molasses, etc.). This reduces the cost of the oils they produce. Oleaginous yeasts can grow on waste crude glycerol, one of these waste materials, which contains many macronutrients. During this growth, they can synthesize cellular lipids using minimal nutrients (Caporusso et al., 2021).

Y. lipolytica is considered a model organism for this class of microorganisms due to its unique physiological properties. Specifically, *Y. lipolytica* can be used both as a suitable host for industrial processes and as a model organism for investigating lipid synthesis and accumulation in microorganisms. The yeast *Y. lipolytica* is a hemiascomitant dimorphic yeast belonging to the order Saccharomycetales. It is a generally recognized as safe (GRAS) microorganism, and therefore, *Y. lipolytica* is an attractive host in the production of dietary supplements and nutraceuticals. As a result of its high lipolytic and proteolytic activities, *Y. lipolytica* is primarily isolated from foods high in fat and/or protein, particularly (fermented) dairy products and meat. *Y. lipolytica* is an oleaginous yeast that grows on a variety of substrates (glycerol, xylose, molasses, fatty acids, corn syrup, etc.) and can accumulate intracellular lipids in excess of 40% of the cell dry weight (Groenewald et al., 2014).

Crude glycerol primarily contains elements such as glycerol, methanol, calcium, potassium, and magnesium. Therefore, the use of crude glycerol in fermentation is thought to offer additional benefits in reducing production costs. A number of studies have shown that oleaginous yeasts can grow on glycerol and accumulate lipids during this growth. Ensuring maximum lipid production using oleaginous microorganisms from inexpensive carbon sources such as waste materials is the most important factor that will ensure the use and commercialization of these lipids in food, healthcare, and other areas (Berikten et al., 2021).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bioconversion processes based on the use of specific microbial populations are among the most flexible processes for converting waste biomass into marketable products and energy. Oleaginous microorganisms may be an interesting option for utilizing many residual carbon sources. In recent years, microbial lipids have attracted scientific and industrial attention due to their potential to replace vegetable and other oils in many areas, including textiles, food, cosmetics, and fuel production. These oils have fatty acid compositions similar to vegetable oils, but due to certain advantages over vegetable oils, they are considered more sustainable. In fact, the production of microbial lipids is not affected by seasonality, they can be produced in large quantities with less space requirements, and they can be produced from a wide variety of carbon sources. While some industrial-scale applications of oleaginous microorganisms are already available, research into their use in various fields is needed to realize their full potential and expand their general application areas. One such area that needs development is healthcare. While plant and essential oils have a wide range of uses in healthcare due to both their antimicrobial and various therapeutic effects, studies on the use of microbial lipids with similar compositions in healthcare are almost nonexistent. Due to the advantages offered by microbial oils in production processes and their similarities to vegetable oils, their use in healthcare, as in many other areas, will become widespread in the future. In this context, the results obtained from this study are very important as they provide a starting point for the application of microbial oils in healthcare and fill a gap in this area.

Microbial lipids have been at the forefront of biotechnological products for many years. However, for microbial lipids to be considered commercially viable products, they must compete with the abundance of commercially available oils. *Y. lipolytica* is an attractive microorganism because it has the potential to utilize numerous agro-industrial wastes, including waste crude glycerol, and the potential to reduce pollution from byproducts. This study investigated microbial lipid production using *Y. lipolytica* in waste crude glycerol, the extraction of the produced lipids, and the antimicrobial activity of the extracted lipids.

MATERIALS AND METHODS

Yeast isolate

In this investigation, *Y. lipolytica* that had been isolated and stocked from different boza samples were brought back to life by inoculating them onto petri dishes that contained Yeast Peptone Dextrose (YPD) agar in freeze-dried tubes (Sriwongchai et al., 2013). Following incubation, the developed yeasts were kept for later research at +4°C in slanted tubes with YPD agar.

Production of lipid

A loopful of cells from yeast colonies cultivated on YPD agar were transferred to 125 ml of YPD broth (inoculum medium) and incubated for 72 hours at 150 rpm at 25°C to create inoculum cultures. 50 mL of crude glycerol fermentation medium (g/L: crude glycerol 39, yeast extract 20, urea 5,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NH4NO3 20) was mixed with 1 ml of the produced inoculum cultures (Berikten et al., 2021). The studies were carried out in duplicate, and the mixtures were shaken at 150 rpm for four days while being incubated at 25 °C.

Determination of yeast dry cell weight

A centrifuge tube containing 2 milliliters of culture was centrifuged for five minutes at 5000 g. After two distilled water washes, the pellet was dried at 60 °C until its weight remained constant. Weighing was used to calculate biomass (Pan et al., 2009).

Lipid extraction and determination of lipid dry weight

The Bling and Dyer (1959) method was used for extraction, drying, and weighing in order to ascertain the amount of lipid present in yeast cells. Fifty milliliters of the growth media were moved to Falcol tubes for lipid extraction. After five minutes of centrifuging the tubes at 5000g, the supernatant was decanted. The particle was mixed with 50 milliliters of distilled water, and the supernatant was extracted by centrifugation. Two times, the washing procedure was carried out. The tubes holding the cell pellet were then filled with 10 ml of 4M HCl and incubated for two hours at 60 °C in a water bath. After that, the hydrolysate was combined with 20 milliliters of chloroform/methanol (1:1) and allowed to sit at room temperature for two to three hours. After five minutes of centrifuging the tubes at 2000 g, the lipid-containing bottom phase was moved to fresh tubes using a Pasteur pipette. To enable the resultant liquids to dry fully, the tubes were put in a vacuum oven set at 40 °C. After that, the values were calculated and weighed. Lipid dry weight (g/L) and biomass (g/L) were used to determine the final lipid percentage.

Determination of the fatty acid composition of lipids

To determine the composition of the obtained oils by GC analysis, the fatty acid compounds were converted to their methyl esters. Approximately 0.2 g of sample was boiled in a hot water bath under reflux for 15 minutes. Then, 14% BF3-methanol was added from the refrigerator using a funnel without opening the system. The mixture was boiled for another 2 minutes. N-heptane was then added and boiled for another 1 minute. After the system cooled, the mixture was transferred to a volumetric flask and topped up with saturated NaCl solution. Liquid-liquid extraction was performed by closing the flask and gently inverting it. Thus, the two phases formed were clearly separated. Fatty acid methyl esters were obtained by removing the solvent using nitrogen gas (Williams 1991). Gas chromatography analysis was performed using an HP 7820 A Model Gas Chromatography device equipped with a flame ionization detector (FID). An Agilent DB-23 capillary column (60 m × 250 µm × 0.15 µm nominal) was used. Helium served as the carrier gas, with a flow rate of 1 mL/min. The injection temperature was set at 250 °C, and the injector volume was 0.2 µL. The column temperature program was as follows: the temperature was maintained at 50 °C for 1 minute, then increased at a rate of 25 °C per minute to 175 °C, followed by a ramp at 4 °C per minute to 230 °C, where it was held for

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

5 minutes. The detector temperature was maintained at 250 °C. Accordingly, peaks were obtained using the FID detector based on the retention time of the fatty acid methyl esters added to the column. The relative percentages of fatty acids were determined by calculating the areas under these peaks.

Preparation of microorganisms

Bacteria/Gram (+) *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212; Bacteria/Gram (-) *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853; Yeast *Candida parapsilosis* ATCC 22019. Mueller-Hinton Agar and Broth (MHA and MHB) were used for bacteria, and Sabouraud Dextrose Broth and Agar (SDA and SDB) were used for yeast. For 24 hours at 37°C and 48 hours at 28°C, respectively, test bacteria and yeasts were cultivated in the corresponding broths. The broth was then adjusted to a turbidity of 0.5 McFarland.

Method of broth microdilution and MIC-MBC/MFC value determination

The broth microdilution method was used to calculate the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) values of the extracted and generated lipids in accordance with the NCCLS M27-A2 guideline for yeast and the CLSI M07-A10 guideline for bacteria. 96-well microplates containing MHB and SDB, respectively, were filled with 20 µL of fresh bacterial and yeast cultures that had been adjusted to a turbidity of 0.5 McFarland (Wiegand et al., 2008). 180 µL of lipids generated using the two-fold dilution procedure at various concentrations (0.025-100 mg/mL) were then added to the wells. The microplates were incubated for 18–24 hours at 37°C for bacteria or for 48 hours at 28°C for yeast. A growth control well (medium with solely additional inoculum; 180 µL + 20 µL) and a sterility control well (medium used in dilutions, 200 µL) were both present in each microplate. A microplate reader (Thermo Scientific Multiskan FC Microplate Reader) was used to measure the density of microorganisms at 600 nm. The MIC value was defined as the lowest concentration at which growth was totally inhibited and no turbidity was seen (Bílikova et al., 2015). The petri dishes were incubated at 37°C for 24 hours for bacteria and 28°C for 48 hours for yeast after 15 µL of culture suspension from the wells where the MIC value was found was applied to the surface of MHA for bacteria and SDA for yeast (Moghim et al., 2015). According to Nikkhah et al. (2017), the concentration at which no growth took place was calculated as the Minimum Bactericidal Concentration (MBC)/Minimum Fungicidal Concentration (MFC).

RESULTS

In this study, *Y. lipolytica* cultures were first activated and then induced to produce microbial lipids in lipid production medium. The fungus, which was grown in a shaking incubator on lipid production medium, was separated from the medium by centrifugation, and lipids within the cells were separated by lipid extraction (Figure 1). The resulting % lipid content was calculated using biomass (mg/L) and lipid dry weight (mg/L). Lipid dry weight was determined as 4.36 mg/mL, biomass as 2.75 mg/mL, and % lipid as 158 mg/mL.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

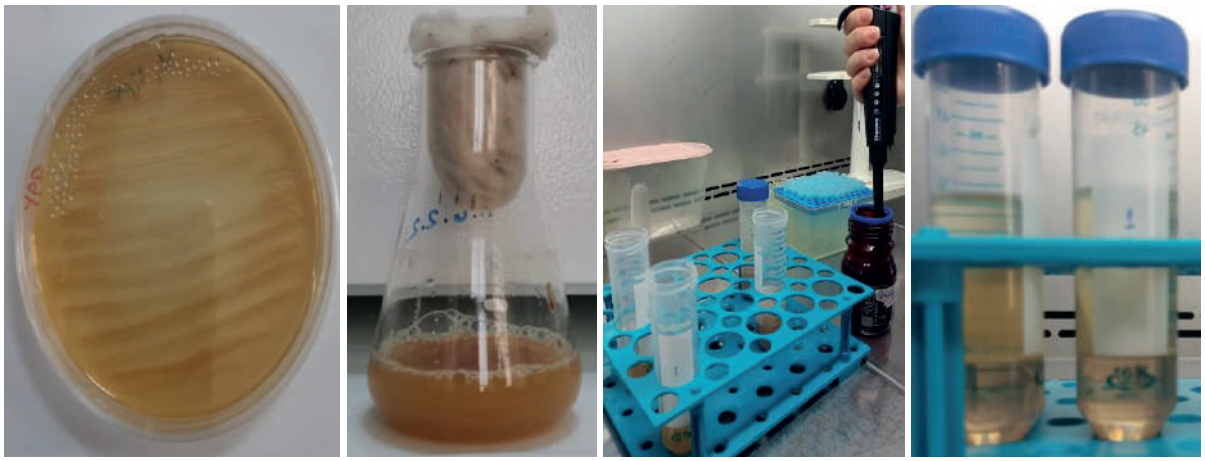


Figure 1. Lipid production and extraction by *Y. lipolytica*

The fatty acid composition of the obtained oils was determined by GC analysis by converting fatty acid compounds into methyl esters. The fatty acid percentages in microbial oils obtained from *Y. lipolytica* were found to be: pentadecanoic acid (C15:0) 0.20; palmitic acid (C16:0) 8.69; palimitoleic acid (C16:1) 2.53; margaric acid (C17:0) 0.40; stearic acid (C18:0) 4.8; oleic acid (C18:1) 28.67; linoleic acid (C18:2) 54.71; total unsaturated fatty acid 80.52; total saturated fatty acid 19.48. The obtained fatty acid content is similar to vegetable oils. In addition, the amount of unsaturated fatty acids is very high. Monounsaturated fatty acids have a positive effect on high-density lipoprotein (HDL cholesterol, the good cholesterol). Because monounsaturated fatty acids play a role in reducing cardiovascular disease, it is frequently stated that saturated fat consumption should be reduced and monounsaturated fatty acid intake increased. This demonstrates that the lipids we produce, in addition to their antimicrobial effects, have potential for health benefits, which warrants further study in terms of their fatty acid composition.

Table 1. MIC – MBC/MFC values of microbial lipids

Microorganisms	Gram positive bacteria		Gram negative bacteria		Fungi
	E. faecalis	*S. aureus*	*E. coli*	*P. aeruginosa*	*C. parapsilopsis*
MIC values (g/mL)	0,109	-	-	-	0,112
MBC/MFC values (g/mL)	>0,5	-	-	-	>0,5
Chloramphenicol (10 mg/ml) and Bacitracin (10 mg/ml) / Ketoconazole (25 mg/ml)	-	-	-	-	-
(+)-Control	+	+	+	+	+

In this study, the antimicrobial susceptibility of the obtained microbial lipids was tested against *E. faecalis, S. aureus, E. coli, P. aeruginosa*, and *C. parapsilopsis* using the broth microdilution method.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MIC and MBK/MFK values of the produced lipids are given in Table 1. MIC values of Y. lipolytica lipids were determined as 0.109 g/mL and 0.112 g/mL against *E. faecalis* and *C. parapsilopsis*, respectively. MBK/MFK values of the lipids were found to be >0.5 g/mL and >0.5 g/mL against *E. faecalis* and *C. parapsilopsis*, respectively. When the results were evaluated, it was observed that the produced lipids had antimicrobial activity against both bacteria (*E. faecalis*) and fungi (*C. parapsilopsis*). The different MIC values obtained for different microorganisms are due to the differences in the resistance profiles of the species.

DISCUSSION

The microbial lipids produced by *Yarrowia lipolytica* in this study exhibited notable antimicrobial activity, particularly against *E. faecalis* and *C. parapsilopsis* (MIC = 0.109 g/mL and 0.112 g/mL, respectively). The minimum bactericidal/fungicidal concentrations (MBK/MFK > 0.5 g/mL) indicate that the lipid extract exerts a primarily inhibitory effect at moderate concentrations. The absence of detectable activity against *E. coli* and *P. aeruginosa* may be attributed to the intrinsic resistance of Gram-negative bacteria, whose outer membrane limits the permeability of hydrophobic compounds such as long-chain fatty acids (Borreby et al., 2023).

Gas chromatographic analysis revealed that the lipid extract was dominated by unsaturated fatty acids mainly linoleic (C18:2, 54.71%) and oleic (C18:1, 28.67%) acids with a total unsaturated-to-saturated ratio of 80.52/19.48. Such a composition is characteristic of oils with biological activity and resembles that of plant derived lipids. Unsaturated fatty acids disrupt microbial membranes by increasing fluidity and permeability, leading to cytoplasmic leakage and enzyme inactivation (Desbois and Smith, 2010; Desbois and Lawlor, 2013). According to Obukhova and Murzina (2024), these effects are mediated through the incorporation of the amphiphilic molecules into the lipid bilayer, followed by destabilization of proton and ion gradients. Consequently, the relatively high content of linoleic and oleic acids in *Y. lipolytica* lipids likely explains the inhibitory activity observed against *E. faecalis* and *C. parapsilopsis*.

The antimicrobial behavior observed here is comparable to that reported for other biologically derived lipids. Franco et al. (2024) found that lipids from *Hermetia illucens* larvae also exhibited bacteriostatic activity related to their fatty-acid composition, confirming that long-chain unsaturated fatty acids are key antimicrobial determinants. In addition to antimicrobial potential, the lipid profile identified in this work suggests possible biomedical relevance. Oleic and linoleic acids are known to increase HDL cholesterol and reduce cardiovascular risk, implying that microbial lipids of similar composition may combine nutritional and therapeutic benefits.

The biotechnological approach applied in this study using *Y. lipolytica* grown on glycerol-based medium illustrates a sustainable strategy for producing bioactive compounds from industrial by-products. Utilizing waste-derived carbon sources aligns with the principles of green chemistry and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

circular bioeconomy by reducing both cost and environmental impact. As emphasized by Obukhova and Murzina (2024), microbial fatty acids not only provide ecological advantages but also represent renewable antimicrobial agents that can replace synthetic chemicals in pharmaceutical and healthcare applications.

CONCLUSION

They can be converted into industrially useful byproducts such as microbial lipids through biomass extraction. This would make lipid production both environmentally friendly and economical. Furthermore, although numerous studies have examined the use of microbial lipids obtained from waste recycling in many areas, no studies have been found on their use in healthcare. The findings indicate that *Y. lipolytica* effectively synthesizes microbial lipids rich in linoleic and oleic acids, exhibiting selective antimicrobial activity against Gram-positive bacteria and fungi. These results highlight the dual importance of such lipids as both environmentally friendly bioproducts and promising candidates for medical or biotechnological use. The combination of renewable substrate utilization, high unsaturated fatty acid yield, and measurable antimicrobial activity highlights the potential of *Y. lipolytica* lipids as sustainable alternatives for antimicrobial and healthcare-focused applications. Future research should focus on elucidating the mechanism of action, optimizing manufacturing conditions, and investigating their incorporation into biomedical formulations such as wound dressings or surface sterilization agents. We believe that determining the antimicrobial effects of the produced lipids will guide future studies on the use of microbial lipids in healthcare settings, such as sterilizing medical equipment, decontaminating drug-resistant pathogens from the skin, preventing biofilm formation on the skin, and treating nasal, skin, wound, and mucosal infections in patients.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the TUBITAK 2209-A University Students Research Projects Support Program.

REFERENCES

Ageitos JM, Vallejo JA, Veiga-Crespo P, Villa T 2011. Oily yeasts as oleaginous cell factories. Appl. Microbiol. Biotechnol., 90(4): 1219-27.

Berikten D, Hosgun EZ, Bozan B. et al. 2021. Improving lipid production capacity of new natural oleaginous yeast: Pichia cactophila firstly. Biomass Conv. Bioref. 12: 1311–1321. https://doi.org/10.1007/s13399-021-01466-1

Bílikova K, Huang S, Lin I, Šimuth J, Peng C 2015. Structure and antimicrobial activity relationship of royalisin, an antimicrobial peptide from royal jelly of Apis mellifera. Peptides, 68(1): 190-196.

Bligh EG, Dyer WJ 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification, Can. J. Biochem. Physiol. 37: 911–917.

Borreby C, Sternkopf Lillebæk EM, Kallipolitis BH 2023. Anti-infective activities of long-chain fatty acids against foodborne pathogens. FEMS Microbiology Reviews, 47(4): fuad037. https://doi.org/10.1093/femsre/fuad037

Caporusso A, Capece A, De Bari I. 2021. Oleaginous Yeasts as Cell Factories for the Sustainable Production of Microbial Lipids by the Valorization of Agri-FoodWastes. Fermentation. 7, 50.

Chouhan, S., Sharma, K., & Guleria, S. (2017). Antimicrobial Activity of Some Essential Oils-Present Status and Future Perspectives. Medicines (Basel, Switzerland), 4(3): 58.

Desbois AP 2012. Potential applications of antimicrobial fatty acids in medicine, agriculture and other industries. Recent patents on anti-infective drug discovery, 7(2): 111–122.

Desbois AP, Lawlor KC 2013. Antibacterial activity of long-chain polyunsaturated fatty acids against Propionibacterium acnes and Staphylococcus aureus. Marine Drugs, 11(11): 4544–4557. https://doi.org/10.3390/md11114544

Desbois AP, Smith VJ 2010. Antibacterial free fatty acids: Activities, mechanisms of action and biotechnological potential. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(6): 1629–1642. https://doi.org/10.1007/s00253-009-2355-3

Franco A, Scieuzo C, Salvia R et al. 2024. Antimicrobial activity of lipids extracted from Hermetia illucens reared on different substrates. Applied Microbiology and Biotechnology, 108: 167. https://doi.org/10.1007/s00253-024-13005-9

Gouda MK, Omar SH, Aouad LM 2008. Single cell oil production by Gordonia sp. DG using agro-industrial wastes. World J Microbiol Biotechnol. 24: 1703-11.

Groenewald M, Boekhout T, Neuvéglise C, Gaillardin C, van Dijck PW, Wyss M 2014. Yarrowia lipolytica: safety assessment of an oleaginous yeast with a great industrial potential. Critical reviews in microbiology, 40(3): 187–206.

Karaca E, Aytaç S 2007. Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 22 (1): 123-131.

Larsson K, Quinn P, Sato K, Tiberg F 2006. Lipids: structure, physical properties and functionality. The Oily Press, Vol 19, P.J. Barnes and Associates Publishers, Bridgwater, UK, pp. 1-5.

Mata TM, Martins AA, Caetano NS 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. Renew Sust Energ Rev. 14: 217–232.

Meng X, Yang J, Xu , Zhang L., Nie Q, Xian M 2009. Biodiesel production from oleaginous microorganisms. Renew Energy 34: 1–5.

Moghim M, Taghipoor S, Shahinfard N, Kheiri S, Panahi R 2015. Antifungal effects of Zataria multiflora and Nigella sativa extracts against Candida albicans. Journal of HerbMed Pharmacology, 4(4): 138-141.

Nikkhah M, Hashemi M, Najafi M, Farhoosh R 2017. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. International Journal of Food Microbiology, 257(1): 285-294.

Obukhova ES, Murzina SA 2024. Mechanisms of the antimicrobial action of fatty acids: A Review. Appl Biochem Microbiol, 60: 1035–1043. https://doi.org/10.1134/S0003683824605158

Pan LX, Yang DF, Shao L, Li W, Ghen G, Liang ZQ 2009. Isolation of the oleaginous yeasts from the soil and studies of their lipid-producing capacities. Food Technol. Biotechnol. 47(2): 215-220.

Sriwongchai S, Pokethitiyook P, Kruatrachue M, Bajwa KP, Lee H 2013. Screenıng of selected oleaginous yeasts for lipid production from glycerol and some factors which affect lipid production by Yarrowia lipolytica strains. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 2(5): 2344-2348.

Wiegand I, Hilpert K, Hancock R 2008. Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. Nature protocols, 3(2): 163.

Williams S 1991. Official Methods of Analysis of the Association of Official Anaytical Chemist, Virginia, 503-515.

Xue F, Zhang X, Luo H, Tan T 2006. A new method for preparing raw material for biodiesel production. Process Biochem. 41: 1699–1702.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ASSESSMENT OF RENEWABLE ENERGY USE IN AGRICULTURE WITHIN THE FRAMEWORK OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Özlem YILDIZ[1*], Yarkın AKYÜZ[2]

[*1,2]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir, Türkiye
ORCID Code[1]: 0000-0002-5581-0102
ORCID Code[2]: 0000-0002-1220-9739

SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARI ÇERÇEVESINDE TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Tarım sektörü, yoğun enerji ihtiyacı nedeniyle iklim değişikliği, artan enerji maliyetleri ve su kaynaklarındaki azalma gibi çok yönlü baskılarla karşı karşıyadır. Bu durum, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmekte ve enerji kullanımında farklı çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, çevresel etkilerin azaltılması ve ekonomik verimliliğin artırılması açısından stratejik bir gereklilik haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı, tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve bu uygulamaların sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumunu ortaya koymaktır. Bu kapsamda güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal ve hidrojen enerjisi gibi kaynakların tarım sektöründe kullanımı incelenmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, güneş enerjili sulama sistemlerinin enerji maliyetlerini önemli ölçüde azalttığını; biyokütle ve jeotermal enerji uygulamalarının ise atık yönetimi ve sera ısıtmasında çevresel faydalar sağladığını ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşması, tarımsal üretimde, su ve enerji verimliliğinin artmasına, kırsal kalkınmanın güçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji uygulamaları tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini desteklemekte ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan (SKA) özellikle Açlığa Son, Temiz Su ve Sanitasyon, Erişilebilir ve Temiz Enerji, Sorumlu Üretim ve Tüketim ve İklim Eylemi ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması ve üretici düzeyinde farkındalığın arttırılması yoluyla teknoloji entegrasyonunun güçlendirilmesi, Türk tarımında sürdürülebilir bir üretim yapısının sağlanması için oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, tarım, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ABSTRACT

The agricultural sector, due to its intensive energy demand, faces multidimensional pressures such as climate change, increasing energy costs, and the depletion of water resources. This situation threatens the sustainability of agricultural production and necessitates the development of alternative solutions in energy use and efficiency. The utilization of renewable energy has become a strategic necessity for enhancing economic efficiency and reducing environmental impacts. The aim of this study is to reveal the compatibility of renewable energy use and applications in the agricultural sector with the principles of sustainable development. Within this scope, the use of energy sources such as solar, wind, biomass, geothermal, and hydropower in agriculture has been examined. In recent years, studies have shown that solar-powered irrigation systems significantly reduce energy costs, while biomass and geothermal applications contribute to waste management and greenhouse heating, providing substantial environmental benefits. The widespread use of renewable energy in agricultural activities contributes to enhancing water and energy efficiency, strengthening rural development of agricultural activities. Consequently, renewable energy applications support the sustainability of agricultural production and are directly related to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Zero Hunger, Clean Water and Sanitation, Affordable and Clean Energy, Responsible Consumption and Production, and Climate Action. In this context, the expansion of renewable energy use, the enhancement of producer awareness, and the strengthening of technological integration are essential for establishing a sustainable production structure in Turkish agriculture.

Keywords: Renewable energy, agriculture, United Nations Sustainable Development Goals.

GİRİŞ

Günümüzde insan faaliyetlerinin tümü çevreyle bir etkileşim içindedir. Bu durum şu anda ve gelecekte toplumlar için bir endişe konusu olarak karşımıza çıkmaktadır. Endişelerin giderilmesi ve çevre-insan faaliyetleri arasında dengeli bir ilişki kurulması ancak sürdürülebilirlik faaliyetleri ve sürdürebilir kalkınma ile mümkün olacaktır.

Teknolojinin gelişmesi ile paralel olarak enerji kullanımı tüm sektörlerde önemi gittikçe artan bir konu haline gelmiştir. Enerji, gıda zincirinden çeşitli ekonomik faaliyetlerin yürütülmesine kadar temel insan ihtiyaçlarını karşılamak için önemli bir parametredir (Majeed, et.al., 2023). Bununla birlikte, artan talep karşısında enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve çevresel etkileri, geleceğe dair önemli endişelerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni yalnızca kirletici kaynakların kullanımından doğan çevresel etkiler değil, aynı zamanda bu kaynakların gelecekteki erişilebilirliğidir; zira bu kaynaklar tükenmez değildir (Martinho, 2018). Özellikle 70'li yıllarda dünya geneline etki eden petrol krizleri ile de konunun önemi daha da artmış durumdadır. Bu kaynaklar tükendiğinde ya da kullanımı daha da sınırlı hale geldiğinde insanlığın büyük zorluklarla karşı karşıya kalmaması için,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

dünyanın pek çok yerinde yenilenebilir enerji alanında yatırımlar yapılıyor olması, bu zorluklarla gelecekte başa çıkmak adına umut vadetmektedir.

İnsanlığa konu olan tüm sektörlerde bu durum önemli olmakla beraber, tarım sektörü de bu olası senaryodan kendi payına düşüne almaktadır. Tarımsal üretimlerin mekanizasyonu sırasında doğrudan enerji kullanılmaktadır. Ancak, fosil yakıtların kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenebilmesi için tarım sektöründe de yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanılması gerekmektedir (Öztürk, 2010). Tarım sektörü negatif etkilerin pozitife çevrilmesi ve enerji krizinin hafifletilmesi adına önemli bir sektördür. Sürdürülebilirlik kavramının önemini arttırdığı günümüzde üretim ve gıda arzının sürdürülebilirliği tarım sektöründe kullanılacak yenilebilir enerji kaynakları ve teknolojileri ile mümkün olacaktır.

Bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilirlik kavramının tarım sektörü açısından taşıdığı önemi dikkate alarak, tarımsal üretimde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları ile Birleşmiş Milletler'in (BM) belirlediği Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları arasındaki ilişkiyi incelemek ve bu kaynakların farklı hedeflere olası katkılarını değerlendirmektir.

Enerji ve sürdürülebilirlik arasındaki etkileşim günümüzün en kritik tartışma alanlarından birini oluşturmaktadır. Tarım sektörü ise hem doğrudan enerjiye bağımlılığı hem de yenilenebilir enerji kullanım potansiyeli sayesinde bu tartışmanın merkezinde yer almaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanımına yönelik değerlendirmeler, yalnızca çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması açısından değil, aynı zamanda küresel kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesine katkı potansiyeli açısından da önem taşımaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın ana materyali ikincil nitelikli verilerden oluşmaktadır. Literatürde tarım, yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisine dair yapılmış araştırmalar, uluslararası kuruluşların (IEA, UN, IPCC) yayımladığı raporlar ve Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları çerçevesinde sunulan göstergeler esas alınmıştır. Bu kapsamda, her bir yenilenebilir enerji kaynağı ve uygulaması, ilgili Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) ile ilişkilendirilerek tablolaştırılmıştır. Böylece, tarımsal üretimde kullanılan yenilenebilir enerji yöntemlerinin hangi sürdürülebilir kalkınma hedeflerine hizmet ettiği ortaya konulmuştur.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerle kendini yenileyen ancak akışla sınırlı olan kaynaklardan elde edilen enerjidir; bu kaynaklar pratik olarak tükenmezdir (U.S. EIA, 2023a). Uluslararası enerji literatürüne göre yenilenebilir enerji kaynakları genellikle beş ila yedi ana kategori altında sınıflandırılmaktadır. Temel beş tür; güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerjidir (IEA, 2022; REN21, 2023). Bazı sınıflandırmalarda deniz enerjisi (dalga ve gelgit) ile hidrojen temelli yenilenebilir sistemler de ayrı kategoriler olarak ele alınır (IPCC, 2011; Panwar et al., 2011). Bu

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

kaynaklar, doğal süreçlerle kendini yenileyen ve insan ölçeğinde tükenmez nitelikte olan enerji biçimleridir. Bu bağlamda, temel yenilenebilir enerji türleri aşağıda özetlenmiştir:

1. **Güneş Enerjisi:** Güneş enerjisi, Güneş'ten gelen ışın ve ısının, elektrik ya da ısı enerjisine dönüştürülmesidir (Encyclopaedia Britannica, 2023).

2. **Rüzgar Enerjisi:** Rüzgar enerjisi, havanın kinetik enerjisinin türbinler aracılığıyla mekanik ve ardından elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Rüzgar sürekli olarak var olduğundan yenilenebilir kabul edilir (U.S. Department of Energy, 2023)

3. **Hidroelektrik Enerji:** Hidroelektrik enerji, akan sudan üretilen elektrik enerjisidir (U.S. EIA, 2023b).

4. **Biyokütle Enerjisi:** Biyokütle enerjisi, fosilleşmemiş bitkisel materyallerden üretilen bir enerji türüdür (U.S. EIA, 2023c).

5. **Jeotermal Enerji:** Jeotermal enerji, yeryüzünün derinliklerinden veya yüzeyine yakın katmanlarından elde edilen ısı enerjisidir (U.S. EIA, 2023d).

6. **Dalga ve Gelgit Enerjisi**: Okyanus enerjisi, ay ve güneşin çekim kuvvetinden kaynaklanan gelgit enerjisini ve okyanus yüzeyinin hareketinden elde edilen dalga enerjisini kapsar (U.S. EIA, 2023e).

7. **Hidrojen enerjisi:** Yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgâr, biyokütle vb.) elde edilen elektrik kullanılarak suyun elektrolizi veya diğer kimyasal süreçler aracılığıyla üretilen, karbonsuz ve sürdürülebilir bir enerji taşıyıcısıdır (Dinçer & Acar, 2015).

TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Tarımsal üretim sistemleri, enerji yoğun sektörler arasında yer almakta ve küresel ölçekte artan enerji talebi ile iklim değişikliğinin yarattığı çevresel baskılar sonucunda önemli bir yapısal dönüşüm süreci yaşamaktadır. Bu değişimin odağında bulunan yenilenebilir enerji kaynakları, hem üretim maliyetlerini azaltmakta hem de tarımsal faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirliğini güçlendirmektedir. Fosil yakıtların neden olduğu sera gazları ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, tarımsal işletmeleri alternatif enerji stratejileri geliştirmeye yöneltmiştir. Bu nedenle, güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidrojen, hidrolik ve deniz enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım sistemlerine entegrasyonu giderek artan bir stratejik değer taşımaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin tarımda kullanımı yalnızca enerji arz güvenliği açısından değil, aynı zamanda su yönetimi, ürün kalitesi, kaynak verimliliği ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi bakımından da önemli katkılar sunmaktadır. Güneş enerjisi temelli sulama sistemleri, rüzgâr türbinleriyle çalışan tarımsal mekanizmalar, biyokütle bazlı ısıtma uygulamaları ve jeotermal enerjiyle yürütülen toprak ıslahı süreçleri bu bütünleşmenin temel bileşenleri arasında yer almaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal üretime entegrasyonu, enerji verimliliği, maliyet etkinliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından çok yönlü avantajlar sağlamaktadır. En yaygın kullanılan kaynak olan güneş enerjisi, sulama pompaları, ürün kurutma ve sera ısıtma gibi uygulamalarda yüksek verimlilik sunmaktadır. Rüzgâr enerjisi özellikle açık arazilerde sulama ve elektrik üretiminde tamamlayıcı bir işlev görürken; hidrolik sistemler su yönetiminde sürekliliği desteklemektedir.

Biyokütle enerjisi, atık yönetimini kolaylaştırarak hem enerji üretimi hem de biyogübre elde edilmesine olanak tanımakta ve döngüsel ekonomi yaklaşımını güçlendirmektedir. Jeotermal enerji, sera ısıtması ve toprak ıslahında fosil yakıtlara bağımlılığı azaltırken; hidrojen enerjisi uzun vadede tarımsal makinelerde yakıt alternatifi olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, deniz (okyanus) enerjisi henüz pilot ölçekte olmakla birlikte, kıyı tarım alanlarında elektrik üretimi ve tuzdan arındırma potansiyeli açısından dikkat çekmektedir.

Bu çeşitlilik, yenilenebilir enerji teknolojilerinin tarımda yalnızca enerji arzı için değil; aynı zamanda su, toprak ve biyolojik kaynak yönetiminin sürdürülebilirliği için de kritik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarıma entegrasyonu, üretim sistemlerinin karbon ayak izini azaltmanın yanı sıra kırsal ekonomilerde enerji bağımsızlığını ve istihdam olanaklarını da güçlendirmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Tarımsal Üretim Sistemlerinde Yenilenebilir Enerji Türleri, Teknolojik Uygulamaları ve Katkıları

Enerji Türü	Kullanılan Teknoloji	Tarımsal Uygulama Alanı	Teknik Koşullar	Katkı ve Etkileri
Güneş Enerjisi	Fotovoltaik paneller, termal kolektörler	Sulama pompaları, sera ısıtması, ürün kurutma, su ısıtma	Yüksek güneşlenme süresi, uygun panel eğimi, bakım erişimi	Elektrik ve yakıt maliyetlerini azaltır, sulama sürekliliği sağlar, sera koşullarını optimize eder. (Kabir et al., 2018).
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr türbinleri, mikro türbin sistemleri	Elektrik üretimi, sulama pompaları, tahıl öğütme	Belirli hızda sürekli rüzgâr akışı, açık arazi koşulları	Enerji bağımsızlığı sağlar, maliyetleri düşürür, çevre dostu üretimi destekler. (Bathaei et al., 2023).
Hidrolik Enerji	Mikro-hidro türbin sistemleri	Sulama, drenaj, elektrik üretimi	Güvenilir akarsu debisi, altyapı yatırımı	Sulama altyapısını güçlendirir, taşkın kontrolü sağlar, enerji üretiminde süreklilik yaratır (Paish, 2002).
Biyokütle Enerjisi	Biyogaz tesisleri, piroliz sistemleri, biyoyakıt üretimi	Hayvansal atıklardan enerji, ısıtma, gübre geri dönüşümü	Sürekli organik atık temini, uygun depolama alanı	Atık yönetimini kolaylaştırır, enerji ve biyogübre üretimiyle döngüsel ekonomiyi destekler (Demirbaş, 2001).
Jeotermal	Jeotermal ısı	Sera ısıtması, toprak	Yeterli jeotermal	Enerji verimliliği sağlar, yıl boyu üretim

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Enerji	pompaları, jeotermal sera ısıtma sistemleri	ıslahı, ürün kurutma	potansiyel, uygun derinlikte kuyular	olanağı sunar, fosil yakıt ihtiyacını azaltır (Lund & Boyd, 2016).
Hidrojen Enerjisi	Elektroliz sistemleri, yakıt hücreleri	Tarımsal makineler için yakıt, enerji depolama, yeşil amonyak üretimi	Yenilenebilir kaynak temelli elektrik, su ve elektroliz altyapısı	Karbonsuz enerji sağlar, depolama ve taşımada sürdürülebilirlik sunar, enerji arz güvenliğini artırır. (Dincer & Acar, 2015)
Deniz (Okyanus) Enerjisi	Dalga ve gelgit türbinleri, deniz akıntı sistemleri	Kıyı tarım alanlarında elektrik üretimi, tuzdan arındırma	Uygun kıyı topografyası, teknoloji yatırımı	Sürekli enerji üretimi sağlar, su kaynaklarını destekler, kıyı tarımını güçlendirir (Bahaj, 2011).

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA AMAÇLARI VE TARIM

Küresel ölçekte artan yoksulluk, çevresel bozulma, iklim değişikliği ve toplumsal eşitsizlikler, 20. yüzyılın son çeyreğinden itibaren kalkınma anlayışının yeniden tanımlanmasını gerekli kılmıştır. Bu çerçevede, 2015 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (Sustainable Development Goals – SDGs), ekonomik büyüme, toplumsal refah ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengeyi sağlama hedefiyle oluşturulmuştur (UN, 2015). SKA'lar, 2030 yılına kadar küresel ölçekte yoksulluğun ortadan kaldırılması, iklim değişikliğine karşı dirençli sistemlerin inşa edilmesi ve kaynakların adil kullanımını güvence altına almayı amaçlayan bütüncül bir kalkınma vizyonu sunmaktadır.

Bu kapsamda, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bir araya getiren 17 küresel amaç, insan refahını artırırken doğal ekosistemlerin korunmasını da hedeflemektedir (Figür 1). Bu amaçlar; yoksulluğun ve açlığın ortadan kaldırılmasından, temiz enerjiye erişimin yaygınlaştırılmasına, sorumlu üretim ve tüketim modellerinin benimsenmesine kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figür 1. BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

Kaynak: United Nations, 2015.

Tarım sektörü, bu hedeflerin merkezinde yer almaktadır; zira gıda güvenliği, su yönetimi, enerji kullanımı ve doğal kaynakların korunması gibi birçok amaçla doğrudan ilişkilidir. Özellikle enerjiye erişim ve kullanım biçimleri, hem üretim maliyetleri hem de çevresel etkiler açısından sürdürülebilir tarımın geleceğini belirlemektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal üretim sistemlerine entegrasyonu, sadece enerji verimliliğini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan Açlığa Son, Temiz Su ve Sanitasyon, Erişilebilir ve Temiz Enerji, İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme, Sanayi Yenilikçilik ve Altyapı, Sorumlu Üretim ve Tüketim ve İklim Eylemi amaçlarının (Amaç 2, 6, 7, 8, 9, 12 ve 13) gerçekleştirilmesine doğrudan katkı sağlamaktadır.

Enerjiyle doğrudan ilişkili sürdürülebilir kalkınma amaçları (Amaç 2, 6, 7, 8, 9, 12 ve 13), tarımsal üretim sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarıyla bütüncül bir ilişki içerisindedir. Yenilenebilir enerji uygulamaları, yalnızca üretim maliyetlerini azaltmakla kalmayıp su, toprak ve enerji verimliliğini artırarak tarımın iklim değişikliğine uyum kapasitesini de güçlendirmektedir. Bu yönüyle enerji dönüşümü, sürdürülebilir tarımın temel bileşenlerinden biri olarak SKA'ların 2030 hedefleriyle doğrudan örtüşmektedir. (Tablo 2).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tablo 2. Yenilenebilir Enerji ve Tarım İlişkisi Bağlamında Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA'lar)

Amaç Adı	Enerji ile İlişkisi	Tarımsal Bağlantı ve Etkileri
2. Açlığa Son	Gıda güvenliği, beslenme kalitesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını destekler.	Yenilenebilir enerji, üretim sürekliliğini sağlar; enerji maliyetlerini düşürerek verim artışı ve gıda arzı güvenliği sağlar.
6.Temiz Su ve Sanitasyon	Sürdürülebilir su yönetimi ve su kaynaklarının korunmasını hedefler.	Güneş ve rüzgâr enerjili sulama sistemleri suyun etkin kullanımını destekler, su israfını ve maliyetleri azaltır.
7. Erişilebilir ve Temiz Enerji	Modern, güvenilir, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerjiye evrensel erişimi hedefler.	Güneş, rüzgâr, biyokütle gibi kaynakların tarımsal sulama, ürün kurutma ve sera ısıtma sistemlerinde kullanımı enerji verimliliğini artırır.
8. İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme	Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve istihdam yaratmayı teşvik eder.	Yenilenebilir enerjiye dayalı tarımsal yatırımlar, kırsal istihdamı artırır ve enerji bağımsızlığını güçlendirir.
9.Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	Sürdürülebilir sanayi, yenilikçi teknolojiler ve altyapı yatırımlarını destekler.	Akıllı sulama, enerji depolama ve yeşil altyapı teknolojilerinin geliştirilmesi tarımda dijital dönüşümü hızlandırır.
12.Sorumlu Üretim ve Tüketim	Kaynak verimliliğini, atık azaltımını ve döngüsel ekonomi anlayışını teşvik eder.	Biyokütle enerjisi ve organik atık geri dönüşümü, tarımsal üretimde döngüsel ekonomi modelini güçlendirir.
13.İklim Eylemi	İklim değişikliğine karşı acil önlemler alınmasını ve uyum kapasitesinin artırılmasını öngörür.	Fosil yakıt kullanımının azaltılmasıyla sera gazı emisyonları düşer; tarımda karbon ayak izi azalır ve iklim direnci artar.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımsal üretim sistemlerindeki rolü değerlendirildiğinde, Türkiye tarımının enerjiye dayalı üretim yapısında köklü bir dönüşüm gereksinimi olduğu görülmektedir. Artan enerji maliyetleri, su kaynaklarındaki azalma ve iklim değişikliğinin yarattığı çevresel baskılar, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu çerçevede, güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal ve hidrojen gibi yenilenebilir enerji kaynakları; uzun dönemde üretim maliyetlerini azaltan, enerji verimliliğini artıran ve çevresel etkileri sınırlayan etkili çözümler sunmaktadır. Bu olumlu katkıların yaygınlaşması için tarımda yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik vergi indirimleri, uzun vadeli kredi imkânları ve hibe destekleri artırılmalıdır.

Yüksek güneşlenme potansiyeline sahip bölgelerde güneş enerjili sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması öncelikli olmalı; rüzgâr mikro türbinleri ve biyokütle tesisleri küçük ve orta ölçekli

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

işletmelerin enerji ihtiyacını karşılayacak yerel üretim merkezleri haline getirilmelidir. Jeotermal enerjiyle ısıtılan seralar ve hidrojen destekli tarımsal makineler için Ar-Ge programları geliştirilmeli, üniversite–özel sektör iş birlikleri desteklenmelidir.

Üreticilere yönelik enerji verimliliği, su yönetimi ve yenilenebilir enerji kullanımı konularında yayım ve eğitim faaliyetleri yaygınlaştırılmalıdır. Tarım, mühendislik ve çevre bilimleri alanlarında disiplinler arası araştırma merkezleri kurulmalı, bölgesel enerji potansiyellerine uygun pilot projeler yapılmalı ve bu projelerin denemeleri çiftçi koşullarında uygulanmalıdır.

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarıma entegrasyonu, yalnızca enerji arz güvenliğini güçlendirmemekte; aynı zamanda kırsal kalkınmayı destekleyen, çevresel sürdürülebilirliği sağlayan ve iklim değişikliğine karşı dayanıklı bir üretim yapısının inşa edilmesine katkı sunmaktadır. Bu entegrasyon, Türkiye'nin yeşil enerjiyle güçlenen tarımsal geleceğini inşa ederken, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine giden yolu da aydınlatmaktadır.

KAYNAKLAR

Bahaj AS 2011. Generating electricity from the oceans. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(7): 3399–3416. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.032

Demirbas A 2001. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Conversion and Management, 42(11): 1357–1378. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00137-0

Dinçer I, Acar C 2015. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability. International Journal of Hydrogen Energy, 40(34): 11094–11111. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.12.035

Encyclopaedia Britannica. (2023). Solar energy. In Encyclopaedia Britannica online. Retrieved from https://www.britannica.com/science/solar-energy

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2011. Renewable energy sources and climate change mitigation. Cambridge University Press.

International Energy Agency (IEA) 2022. Renewable energy overview. Retrieved from: https://www.iea.org/topics/renewables

Kabir E, Kumar P, Kumar S, Adelodun B, Kim KH 2018. Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82: 894–900. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094

Lund JW, Boyd TL 2016. Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. Geothermics, 60: 66–93. https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004

Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M., & Raza, A. (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. Cleaner Engineering and Technology, 12, 100659. https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100659

Martinho, V. J. P. D. (2018). Interrelationships between renewable energy and agricultural economics: An overview. Energy Strategy Reviews, 22, 396–409. https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.11.002

Öztürk, H. H. (2010). Tarımda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Adana, Türkiye. https://www.emo.org.tr/ekler/85e48a43c7f63ac_ek.pdf

Paish O 2002. Small hydro power: Technology and current status. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6(6): 537–556. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00006-0

Panwar NL, Kaushik SC, Kothari S 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(3): 1513–1524. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

REN21 2023. Renewables 2023 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat. https://www.ren21.net/reports/global-status-report/

U.S. Department of Energy. (2023). What is wind energy? Wind Exchange. Retrieved from https://windexchange.energy.gov/what-is-wind

U.S. Energy Information Administration (EIA) 2023a. Renewable energy explained. Retrieved from: https://www.eia.gov/energyexplained/renewable-sources/

U.S. Energy Information Administration (EIA) 2023b. Hydropower explained. Retrieved from: https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/

U.S. Energy Information Administration (EIA) 2023c. Biomass explained. Retrieved from: https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/

U.S. Energy Information Administration (EIA) 2023d. Geothermal explained. Retrieved from: https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/

U.S. Energy Information Administration (EIA) 2023e. Ocean energy explained. Retrieved from: https://www.eia.gov/energyexplained/ocean/

United Nations 2015. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations General Assembly. Retrieved from: https://sdgs.un.org/goals

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

HAVALANDIRMA İKLİMLENDİRME SEKTÖRÜNDE KAYNAK KISITLI ÇİZELGELEME PROBLEMLERİ: TERMİN SÜREÇLERİ İLE UYUMLU BİR MODEL ÖNERİSİ

Sevil DEMİRCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-9207-7455

Özet

Havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sektöründe üretim süreçleri, müşteriye özel tasarımlar, değişken operasyon süreleri ve sınırlı üretim kaynakları nedeniyle karmaşık bir yapı sergilemektedir. Sektörde faaliyet gösteren işletmeler, müşteri siparişlerini zamanında teslim etme baskısı altında kaynaklarını etkin şekilde yönetmek zorundadır. Bu çalışmada, HVAC üretim tesislerinde karşılaşılan kaynak kısıtlı çizelgeleme problemlerine yönelik termin süreçleri ile uyumlu bir model önerisi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Kaynak kısıtlı proje çizelgeleme problemi (RCPSP), operasyon araştırması literatüründe NP-zor problemler sınıfında yer almaktadır ve optimal çözüm için hesaplama karmaşıklığı büyük ölçekli problemlerde üstel olarak artmaktadır. Çalışma kapsamında, RCPSP literatürü sistematik olarak incelenmiş, tam sayılı programlama, kısıt programlama ve metasezgisel yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. HVAC sektörüne özgü üretim dinamikleri analiz edilmiş ve bu dinamiklerin mevcut çizelgeleme modellerine nasıl entegre edilebileceği araştırılmıştır. Önerilen modelde, iş istasyonları arasındaki kaynak paylaşımı, termin tarihi uyumluluğu, öncelik ilişkileri ve operasyon sıralama kısıtları matematiksel olarak formüle edilmiştir. Model, gecikme cezalarını ve erken tamamlanma maliyetlerini dikkate alan çok amaçlı bir optimizasyon yapısına sahiptir. Literatür incelemesinde, benzer sektörlerde yapılan çalışmaların kaynak optimizasyonu ile üretim maliyetlerinde ortalama %10-15 azalma sağladığı ve termin tarihi uyumlu çizelgeleme yaklaşımlarının müşteri memnuniyetini %20-25 oranında artırdığı görülmüştür. Çalışmanın beklenen katkıları arasında, HVAC sektöründe üretim planlama süreçlerinin verimliliğinin artırılması, termin tarihlerine uyum oranının yükseltilmesi, kaynak kullanım optimizasyonu ile maliyet düşüşü ve müşteri memnuniyetinin artırılması yer almaktadır. Gelecek çalışmalarda, önerilen modelin gerçek üretim verileri üzerinde test edilmesi, farklı metasezgisel algoritmalar ile çözüm performansının karşılaştırılması ve gerçek zamanlı üretim planlama sistemlerine entegrasyonu planlanmaktadır. Bu araştırma, HVAC sektöründe dijital dönüşüm süreçlerine katkı sağlarken, akademik olarak kaynak kısıtlı çizelgeleme literatürüne özgün bir sektörel uygulama örneği kazandıracaktır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar Kelimeler: Üretim planlama, Kaynak kısıtlı çizelgeleme, Termin süreci, HVAC sektörü, Optimizasyon modeli, Metasezgisel algoritmalar

SCHEDULING PROBLEMS WITH RESOURCE CONSTRAINTS IN THE VENTILATION AND AIR CONDITIONING SECTOR: A MODEL PROPOSAL COMPATIBLE WITH DEADLINE PROCESSES

Abstract

Production processes in the heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) sector exhibit a complex structure due to custom designs, variable operation times, and limited production resources. Companies operating in this sector must effectively manage their resources under the pressure of delivering customer orders on time. This study aims to develop a model proposal aligned with due date processes for resource-constrained scheduling problems encountered in HVAC production facilities. The resource-constrained project scheduling problem (RCPSP) is classified among NP-hard problems in operations research literature, and the computational complexity for optimal solutions increases exponentially for large-scale problems. Within the scope of this study, the RCPSP literature has been systematically examined, and integer programming, constraint programming, and metaheuristic approaches have been comparatively evaluated. Production dynamics specific to the HVAC sector have been analyzed, and how these dynamics can be integrated into existing scheduling models has been investigated. In the proposed model, resource sharing among workstations, due date compliance, precedence relations, and operation sequencing constraints have been mathematically formulated. The model has a multi-objective optimization structure that considers tardiness penalties and earliness costs. Literature review reveals that similar studies in comparable sectors have achieved an average 10-15% reduction in production costs through resource optimization, and due date-oriented scheduling approaches have increased customer satisfaction by 20-25%. The expected contributions of the study include improving the efficiency of production planning processes in the HVAC sector, increasing the rate of compliance with due dates, reducing costs through resource utilization optimization, and enhancing customer satisfaction. Future studies plan to test the proposed model on real production data, compare solution performance with different metaheuristic algorithms, and integrate it into real-time production planning systems. While this research contributes to digital transformation processes in the HVAC sector, it will academically provide a unique sectoral application example to the resource-constrained scheduling literature.

Keywords: Production planning, Resource-constrained scheduling, Due date, HVAC sector, Optimization model, Metaheuristic algorithms

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF CHARD WASTE: CHARACTERIZATION AND CU(II) ION ADSORPTION STUDIES

Koray ALPER[1*]

(https://orcid.org/0000-0001-6845-2087)

[*1] Department of Chemistry and Chemical Process Technology, Caycuma Food and Agriculture Vocational School, Zonguldak Bülent Ecevit University, Zonguldak 67900, Turkey

Abstract

The conversion of agricultural residues into high-value carbon materials via eco-friendly methods is crucial for sustainable waste management. In this study, chard (Beta vulgaris var. cicla) waste was valorized into biochar using hydrothermal carbonization (HTC) at 200, 225, 250, and 275 °C for 3 and 6 hours. The influence of temperature and residence time on yield, physicochemical properties, and Cu(II) adsorption performance was investigated. Biochar yields increased with temperature, ranging from 25.9% at 200 °C to 37.2% at 275 °C, indicating that higher reaction severity promotes solid product formation through dehydration and polymerization reactions. The higher heating value (HHV) also rose from 16.24 MJ/kg to 28.19 MJ/kg, confirming enhanced carbonization and energy densification. Elemental analysis revealed a decrease in O/C and H/C ratios, consistent with the development of aromatic, carbon-rich structures. FT-IR spectra showed the reduction of –OH and C–O functional groups and the appearance of C=C bands, while XRD patterns demonstrated a shift from semi-crystalline to amorphous carbon. SEM micrographs indicated increased porosity and surface roughness at elevated temperatures, supporting improved adsorption performance. Adsorption experiments were conducted using 40 ppm Cu(II) solutions at various contact times. The removal efficiency of Cu(II) ions increased with both reaction temperature and contact time. The biochar produced at 275 °C for 6 hours yielded a final concentration of 22 ppm after a 90-minute adsorption period, corresponding to an 18 ppm removal and a 45% efficiency. Biochars synthesized at lower temperatures exhibited comparatively lower Cu(II) uptake capacities. All adsorption analyses were performed using an ICP-MS instrument. These findings demonstrate that hydrothermal carbonization effectively converts chard waste into energy-dense and adsorptive biochars suitable for environmental remediation and sustainable resource recovery.

Keywords: Chard waste, Hydrothermal carbonization, Biochar, Cu(II) adsorption, ICP-MS analysis.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

HEATING CENTER ENERGY AND EXERGY ANALYSIS

Muhammet Ali Şahin1, Selçuk Sarıkoç2*

[1] Amasya Universty, Institute of Science, Renewable Energy and Its Applications, Amasya, Turkey.
ORCID Code: 0009-0009-7433-3178
[2*]Amasya University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Amasya, Turkey,
ORCID Code: 0000-0003-1190-5238

ABSTRACT

In this study, energy and exergy analysis was carried out in the heating center of an institution that consumes 20 tons of special heating oil per year and has a single boiler, focusing on flue gas temperatures. In the study, the effects of air excess coefficient (HFK) and flue gas temperature on system efficiency were examined. Under the current operating conditions (HFK=1.8, Tb=120°C), boiler energy efficiency was calculated as 93.02%, while exergy efficiency remained at 14.28%. Although the energy efficiency is relatively high, the low exergy efficiency, which is an indicator of thermodynamic perfection, has shown that the irreversibility losses in the system are high. The analyses revealed that by reducing the air excess coefficient from the initial value to the optimum level λ=1.0, an improvement of 2.72% in energy efficiency could be achieved by reducing the energy expelled by waste gases. In addition, it was concluded that both serious fuel savings and exergy performance could be increased with improvements such as reducing the flue gas temperature, insulation to reduce boiler surface losses and the installation of an economizer, which is a flue gas heat recovery unit. The study proposes the implementation of a dynamic automation system that optimizes the air-fuel mixture ratio in real-time.

Keywords: Heating System, Energy and Exergy Analysis, Efficiency, Combustion Parameters.

INTRODUCTION

Energy consumption has increased in recent years, and with this, existing energy resources are rapidly decreasing. According to the IEA (2025), global energy demand increased by 2.2% in 2024, which is significantly faster than the average rate of 1.3% seen between 2013 and 2023. Since this energy demand is met from limited sources, the concepts of energy and exergy efficiency gain great importance. When using limited energy, efficiency calculations should be made and savings should be made. In our study, our main goal is to make maximum use of the existing energy source in order to save fuel, which is the energy source used in heating centers.

The heating center of an institution was examined and it was tried to reveal how it should work in the most efficient way by analyzing the energy and exergy of flue gas temperatures in order to save the existing energy source.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

When the studies on the subject are examined; Ergun (2010), in his analysis for a shopping center in need of heating and cooling, found that the lowest efficiency for the heating system was in the heat exchanger and the highest efficiency was in the boiler; In exergy analyses, it was determined that the lowest efficiency was in the boiler and the highest efficiency was in the heat exchanger. Comaklı et al. (2006), in their study, observed that the heat losses in the pipe channels where the hot water is transferred cause a large amount of fuel consumption on the Ataturk University campus where the district heating system is used. They revealed that if the existing insulation thickness in the pipes is increased by 12 cm, it will be possible to reduce these losses by approximately 25%. Dilek (2007), Exergy, energy and economic analysis of the heating system of Konya Central Informatics Vocational High School was made. The heating requirement for each room of the building was found by calculating the heat loss. Radiator lengths were selected to meet the heating requirement. The results showed that the highest heat loss was due to infiltration. However, this value should not be reduced due to the need for fresh air. The lowest energy use, exergy consumption and annual operating cost are achieved by using the cogeneration unit with a heat pump. Polat et al. (2024), Energy and exergy analyzes were performed on the steam boiler, heat exchangers, and heat lines used for heating at Kayseri Erciyes University, revealing that the component with the most significant exergy loss was the steam boiler. Saidur et al. (2010), by performing energy and exergy analysis for industrial boilers, it was determined that the heat exchanger caused the most exergy destruction together with the combustion chamber. Various saving measures such as the use of variable speed drives in the boiler fan, energy saving and heat recovery from flue gas have been implemented to reduce energy use. From the methods applied, they determined that the payment period of heat recovery from flue gas was approximately one year. Pattanayak and Ayyagari (2014) performed the energy and exergy analysis in the coal-fired boiler and found the energy and exergy efficiencies in the boiler as 85% and 41%. They determined that the heat loss rate in the flue gas was 13%. Terhan and Comaklı (2017) examined the energy and heat losses in the boilers by analyzing the energy and exergy of natural gas-fired boilers used for district heating. They determined the energy and exergy efficiencies of the boilers as 82% and 32.78%, and they determined that the greatest heat or energy loss was caused by flue gases. Kumar et al. (2018), energy and exergy analysis of a coal-fired power plant was performed and the total exergy destruction of the boiler was found to be 83.09%. It has been determined that the largest exergy destruction is the boiler. Todorovic et al. (2014), a physical model was created for the energy and exergy analysis of the gas-fired hot water boiler and the analysis was carried out. It was determined that the boiler energy efficiency was 89.95% and the exergy efficiency was 60.97%. It has been determined that the greatest exergy loss occurs in the flame pipe of the hot water boiler, and the greatest energy loss of the system occurs in the area where the gases leave the boiler.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

This study performed an energy and exergy analysis focusing on flue gas temperatures and light excess coefficient to evaluate the performance of a heating center with district heating with liquid fuel hot water with a single boiler and to propose optimization strategies.

MATERIALS AND METHODS

District heating; It is the production of the heat required for heating, hot water or industrial systems in a center and delivering it to the places of use in a wide area with the help of pipe network and intermediary fluid. District heating varies depending on the heating temperature of the water.

The heating system of the institution is a hot water heating system, and the heat produced in the heat plant is transmitted directly to the buildings with the hot water carrier fluid. It works in a single circuit and the heated water is converted into heat directly in the radiators in the buildings. The schematic representation of the system is shown in Figure 1.

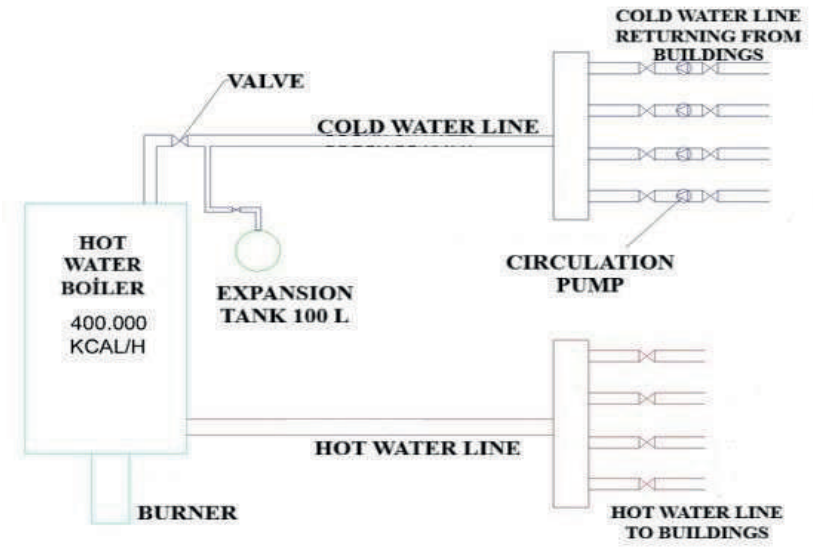


Figure 1. Schematic representation of heating center

System components; It consists of a single prismatic hot water boiler with a capacity of 400,000 kcal/h using 20 tons of special heating oil annually, a vertical cylindrical expansion tank with a capacity of 100 L and a horizontal cylindrical fuel tank with a capacity of 10 tons. The water heated by the boiler was circulated at 60°C for heating purposes and the temperature of the water returning to the boiler was measured as 50°C.

The formula and combustion reaction equation of the special heating oil used for the boiler are given below.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$C_xH_yO_zN_pS_q + a(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow xCO_2 + (y/2)H_2O + qSO_2 + (a3.76 + P/2)N_2 \quad (1)$$

The method is based on modeling combustion reactions based on fuel composition, calculation of energy balance and exergy losses under different air excess coefficient and flue gas temperature conditions. This comprehensive thermodynamic analysis aims to quantitatively reveal system efficiency and identify possibilities for improvement.

Accordingly, for the efficient operation of the system, it is of great importance to choose the air excess coefficient at the optimum value according to the type of fuel. Assuming that fuel and air enter the boiler under conditions T_o, P_0, the energy equation is written as follows.

$$\dot{E}_f = \Delta\dot{E}_w + \dot{E}_{fg} + \dot{E}_s \quad (2)$$

Here;

- $\dot{E}_f = \dot{m}_f \cdot H_u$ is fuel energy.
- $\Delta\dot{E}_w = \dot{m}_w \cdot C_{pw} \cdot (T_{wo} - T_{wi})$ is the energy transferred to water.
- $\dot{E}_{fg} = \dot{m}_{fg} \cdot C_{pfg} \cdot (T_{fg} - T_o)$ is the energy discharged by flue gases.
- $\dot{E}_s$ shows the heat loss from the boiler surfaces to the environment.

The exergy equation is written as follows.

$$\dot{E}_{X,F} = \Delta\dot{E}_{X,W} + \dot{E}_{X,S} + \dot{E}_{X,FG} + \dot{E}_{Xloss} \quad (3)$$

Here;

- $\dot{E}_{X,F} = \dot{m}_f \cdot \phi \cdot H_u$ is fuel exergy.
- $\Delta\dot{E}_{X,W} = \dot{E}_{XWO} - \dot{E}_{XWI}$ is the exergy of water.
- $\dot{E}_{X,S} = \dot{Q}_s \cdot (1 - \frac{T_0}{T_y})$ is the loss of exergy due to heat transfer on the boiler surface.
- $\dot{E}_{X,FG}$ is the loss of exergy associated with flue gases.
- $\dot{E}_{Xloss}$ is the total irreversibility loss within the boiler.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

RESULTS

The current operating conditions were taken as excess air coefficient λ = 1.8, flue gas temperature T_{fg} = 120°C and ambient temperature T_o = 18°C. It has been operating for an average of 20 hours a day and 1980 hours a year and an average of 12 tons of private heating oil per year.

The results obtained with these data are given below:

- Fuel Energy : $\dot{E}_f = 853000000$ kj/year,
- Energy Transferred to Water : $\Delta\dot{E}_w = 793475531{,}086$ kj/year,
- Energy Loss with Flue Gas: : $\dot{E}_{fg} = 54146270{,}294$ kj/year,
- Surface Heat Loss : $\dot{E}_s = 5378198{,}620$ kj/year,
- Boiler Energy Efficiency : $\eta_I = \%93{,}02$,
- Fuel Exergy : $\dot{E}_{X,F} = 909160274{,}035$ kj/year,
- Exergy Transferred to Water : $\Delta\dot{E}_{X,W} = 129864196{,}952$ kj/year,
- Flue Gas Exergy : $\dot{E}_{X,FG} = 111315{,}764$ kj/year,
- Surface Exergy Loss : $\dot{E}_{X,S} = 212892{,}573$ kj/year,
- Boiler Total Irreversibility Loss : $\dot{E}_{Xloss} = 778971868{,}746$ kj/year,
- Boiler Exergy Efficiency : $\eta_{II} = \%14{,}28$,

As a result of the calculations, the following tables were created. Changes in energy and exergy efficiencies were examined in the tables created according to the changes in the air excess coefficient and the changes in the flue gas temperature. Table 1-4. Flue gas energies, water energy and energy efficiency changes at different flue gas temperatures according to air excess coefficients are shown. Table 5 shows the change in flue gas energies, water energy and energy yields according to current operating conditions and flue gas temperatures. Table 6 shows the changes in the efficiency of flue gas, exergy of hot water and boiler exergy as a result of the change in air excess coefficients with the current working conditions. Table 7 shows the changes in the efficiency of flue gas exergy, hot water exergy and boiler exergy as a result of the change in flue gas temperatures with the current operating conditions.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Boiler Energy Efficiency at 120 °C Flue Gas Temperature

T_{fg}=120 °C=393.15 K				
AEC (λ)	**E_{fg} (kj)**	**$\dot{m}_w$ (kg/year)**	**$\Delta\dot{E}_w$ (kJ)**	**Boiler Energy Efficiency η_I (%)**
1,0	31729725,888	19518949,174	815892075,492	95,6
1,1	34531793,939	19451914,054	813090007,441	95,3
1,2	37333861,990	19384878,933	810287939,390	95,0
1,3	40135930.040	19317843.812	807485871.340	94,7
1,4	42937998.091	19250808.691	804683803.289	94,3
1,5	45740066.142	19183773.570	801881735.238	94,0
1,6	48542134.193	19116738.449	799079667.187	93,7
1,7	51344202.244	19049703.329	796277599.136	93,4
1,8	54146270.294	18982668.208	793475531.086	93,0

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 2. Boiler Energy Efficiency at 130 °C Flue Gas Temperature

T_{fg}=130 °C=393.15 K				
AEC (λ)	**E_{fg} (kj)**	**$\dot{m}_w$ (kg/year)**	**$\Delta\dot{E}_w$ (kJ)**	**Boiler Energy Efficiency η_i (%)**
1,0	34840483.328	19444529.140	812781318.052	95,3
1,1	37917263.933	19370921.948	809704537.447	94,9
1,2	40994044.538	19297314.757	806627756.842	94,6
1,3	44070825.142	19223707.565	803550976.238	94,2
1,4	47147605.747	19150100.374	800474195.633	93,8
1,5	50224386.352	19076493.182	797397415.028	93,5
1,6	53301166.957	19002885.991	794320634.423	93,1
1,7	56377947.562	18929278.799	791243853.818	92,8
1,8	59454728.166	18855671.608	788167073.214	92,4

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 3. Boiler energy efficiency at 140 °C flue gas temperature

T_{fg}=140 °C=393.15 K				
AEC (λ)	**E_{fg} (kj)**	**$\dot{m}_w$ (kg/year)**	**$\Delta\dot{E}_w$ (kJ)**	**Boiler Energy Efficiency η_I (%)**
1,0	37951240.768	19370109.106	809670560.612	94,9
1,1	41302733.927	19289929.843	806319067.453	94,5
1,2	44654227.086	19209750.581	802967574.294	94,1
1,3	48005720.244	19129571.319	799616081.136	93,7
1,4	51357213.403	19049392.057	796264587.977	93,3
1,5	54708706.562	18969212.795	792913094.818	93,0
1,6	58060199.721	18889033.533	789561601.659	92,6
1,7	61411692.880	18808854.270	786210108.500	92,2
1,8	64763186.038	18728675.008	782858615.342	91,8

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 4. Boiler Energy Efficiency at 150 °C Flue Gas Temperature

T_{fg}=150 °C=393.15 K				
AEC (λ)	**E_{fg} (kj)**	**$\dot{m}_w$ (kg/year)**	**$\Delta\dot{E}_w$ (kJ)**	**Boiler Energy Efficiency η_I (%)**
1,0	41061998.208	19295689.071	806559803.172	94,6
1,1	44688203.921	19208937.738	802933597.459	94,1
1,2	48314409.634	19122186.405	799307391.746	93,7
1,3	51940615.346	19035435.073	795681186.034	93,3
1,4	55566821.059	18948683.740	792054980.321	92,9
1,5	59193026.772	18861932.407	788428774.608	92,4
1,6	62819232.485	18775181.074	784802568.895	92,0
1,7	66445438.198	18688429.741	781176363.182	91,6
1,8	70071643.910	18601678.408	777550157.470	91,2

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 5. Boiler Energy Efficiency According to Flue Gas Temperatures

HFK (λ)=1.8				
Flue gas temperature / T_{fg} (K)	**E_{fg} (kj)**	**$\dot{m}_w$ (kg/year)**	**$\Delta\dot{E}_w$ (kJ)**	**Boiler Energy Efficiency η_I (%)**
393.15 (120 °C)	54146270.294	18982668.208	793475531.086	93,0
403.15 (130 °C)	59454728.166	18855671.608	788167073.214	92,4
413.15 (140 °C)	64763186.038	18728675.008	782858615.342	91,8
423.15 (150 °C)	70071643.910	18601678.408	777550157.470	91,2
433.15 (160 °C)	75380101.782	18474681.809	772241699.598	90,5

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 6. Boiler Exergy Efficiency According to Air Excess Coefficient

T_{fg} = 120 °C=393.15 K			
AEC (λ)	**Flue gas exergy $\dot{E}_{X,FG}$ (kj)**	**Exergy of hot water ($\dot{E}_{X,WO} - \dot{E}_{X,WI}$) (kj)**	**Boiler Exergy Efficiency η_{II} (%)**
1,0	184810,657	133533001,375	14,7
1,1	167394,228	133074400,822	14,6
1,2	153541.173	810287939.390	14,6
1,3	142153.288	132157199.716	14,5
1,4	132596.887	131698599.163	14,5
1,5	124454.528	131239998.610	14,4
1,6	117432.564	130781398.057	14,4
1,7	111315.764	130322797.505	14,3
1,8	184810,657	129864196.952	14,3

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 7. Boiler Exergy Efficiency According to Flue Gas Temperatures

HFK (λ) = 1.8			
Flue gas temperature / T_{fg} (K)	**Flue gas exergy $\dot{E}_{X,FG}$ (kj)**	**Exergy of hot water ($\dot{E}_{X,WO} - \dot{E}_{X,WI}$) (kj)**	**Boiler Exergy Efficiency η_{II} (%)**
393.15 (120 °C)	111315.764	129864196.952	14,3
403.15 (130 °C)	113703.261	128995388.033	14,2
413.15 (140 °C)	116090.758	128126579.113	14,1
423.15 (150 °C)	118478.255	127257770.194	14,0
433.15 (160 °C)	120865.752	126388961.275	13,9

DISCUSSION

Although the high value of 93% of the energy efficiency as a result of the current operating conditions and calculations shows that there is a good energy conversion compared to the system, the 14% value obtained in the exergy efficiency shows that the irreversibility in the system is large and that the improvement areas are gathered in the flue gas and combustion management in order to correct this situation.

Failure to optimize the air excess coefficient increases the flue gas mass and the removal of oxygen with heat; This causes both energy and exergy efficiencies to decrease. Operating closer to the optimum air excess coefficient, an improvement in energy efficiency of 2.72% will be achieved.

The increase in flue gas temperature leads to a direct decrease in both yields. A higher flue gas temperature means more thermal energy expelled into the environment, which represents a direct loss. Recovery of flue gas heat will increase energy efficiency and significantly reduce exergy losses.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CONCLUSION

Energy and exergy analysis was performed by focusing on the air excess coefficients and flue gas temperature in the heating center of an institution. As a result of the analysis, significant inefficiency and improvement potentials were identified.

The main conclusions and recommendations are as follows:

- It is of great importance to use a dynamic automatic control system in the heating system that will ensure that fuel consumption changes regularly depending on outside weather conditions. Currently, an automation system is used, and this control system does not meet the dynamic changes. To achieve significant fuel savings, lower operating costs, and improve both energy and exergy performance, it is essential to implement an advanced, dynamic automation system for real-time control of combustion air and flue gas temperature.

- The most important component in the system in terms of energy and exergy is the boilers. Combustion of fuel with excess air in boilers will cause an undesirable situation such as unnecessary discharge of a significant part of the energy into the atmosphere with flue gases. If the system operates with the optimum air excess coefficient, an improvement of 2,72% will be achieved in energy efficiency.

- 6,35% of the fuel energy is discharged by flue gases. In order to reduce this rate to the optimum level, flue gas recovery (economizer) studies should be carried out.

- Implementation of additional insulation and maintenance programs for boiler surface losses and transmission speeds will be in activities to increase efficiency by reducing the loss of fuel energy.

REFERENCES

Comaklı K., Yuksel B., Bakırcı, K. (2006). Energy and Exergy Losses in District Heating Systems Pipelines. *Journal of Plumbing Engineering,* 91, 33-38

Dilek, M. (2007). *Energy and Exergy Analyses of High School Heating System* (Master's thesis, Middle East Technical University (Turkey)).

Ergun, A., Menlik, T., & Ozkaya, M. G. (2015). Energy and Exergy Analysis of the Heating System of a Shopping Center. *Gazi Journal of Engineering Sciences, 1*(1), 195-218.

IEA (2025). Global Energy Review 2025, *IEA, Paris*. Available at: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025 [13.10.25].

Kumar, S., Kumar, D., Memon, R. A., Wassan, M. A., & Ali, M. S. (2018). Energy and exergy analysis of a coal fired power plant. *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology, 37*(4), 611-624.

Pattanayak, L., & Ayyagari, S. K. (2014). Use of energy and exergy analysis in coal fired boiler. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering, 5*(3), 17-23.

Polat, B., Acar, H. İ., & Kahraman, N. (2024). Energy and exergy analysis of erciyes university No. 1 heat center. *Process Safety and Environmental Protection, 190*, 314-321.

Saidur, R. & Ahamed, J.U. & Masjuki, H.H., 2010. Energy, exergy and economic analysis of industrial boilers. *Energy Policy, Elsevier*, *vol. 38*(5), pages 2188-2197, May.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Terhan, M., & Comakli, K. (2017). Energy and exergy analyses of natural gas-fired boilers in a district heating system. *Applied Thermal Engineering, 121,* 380-387.

Todorović, M. N., Živković, D. S., Mančić, M. V., & Ilić, G. S. (2014). Application of energy and exergy analysis to increase efficiency of a hot water gas fired boiler. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 20*(4), 511-521.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CALCULATION OF PRODUCT CARBON FOOTPRINT IN THE MANUFACTURING SECTOR: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT

Volkan Köseoğlu[1], Selçuk Sarıkoç[2*]

[1]Amasya University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Amasya, Türkiye ORCID: 0009-0003-1846-8138

[2*]Amasya University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Amasya, Türkiye ORCID Code:0000-0003-1190-5238

ABSTRACT

In this study, the environmental and economic analysis of carbon footprint calculation in production processes carried out through CNC machines in a manufacturing factory is evaluated. The analysis process was conducted within the framework of the Life Cycle Assessment (LCA) approach in accordance with ISO 14040/44 standards. Greenhouse gas emissions related to production processes were calculated based on the GHG Protocol and using IPCC (2019) emission factors. Data on electricity consumption, material usage, transportation, and waste management processes were obtained directly from factory records. The collected inventory data were analyzed using the ReCiPe method for environmental impact assessment. Through this method, emissions at the process level were comprehensively evaluated by linking them to impact categories and environmental damage indicators. In this way, the effects of energy and material consumption on total emissions within the production line were analyzed holistically.

As a result of the study, it was calculated that the examined CNC production line generates an average of 1,929.79 kg CO_2e emissions per month. Approximately 72% of this value originates from electricity consumption, 18% from material usage, and the remainder from transportation and waste processes. It was estimated that the implementation of energy efficiency, green logistics, and recycling scenarios could reduce total emissions by up to 15%. Economic analysis findings indicate that these improvements could offer approximately 8% cost advantages to enterprises in the long term.

In conclusion, the study reveals that accurately calculating the carbon footprint of CNC based production processes in the manufacturing sector holds strategic importance for both environmental sustainability and economic efficiency.

Keywords: Carbon Footprint, Life Cycle Assessment (LCA), GHG Protocol, ReCiPe Method, CNC Manufacturing, Environmental and Economic Analysis

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTRODUCTION

Mitigating the effects of climate change necessitates the implementation of energy efficiency measures and low-carbon production strategies in the industrial sector. The Paris Climate Agreement has introduced concrete emission reduction targets at both national and sectoral levels in order to limit the global temperature increase to 1.5 °C (Finnveden et al., 2009). The manufacturing sector is a significant source of greenhouse gas (GHG) emissions due to its high levels of energy and raw material consumption (Zhang et al., 2023).

In this context, Life Cycle Assessment (LCA) is one of the most widely used environmental assessment methods that holistically examines the environmental impacts of products and processes from raw material acquisition to waste disposal (ISO, 2006a; ISO, 2006b). The LCA approach encompasses not only the carbon footprint but also multidimensional environmental impact categories such as human health and resource utilization (Jay, 2024).

The purpose of this study is to calculate the carbon emissions arising from energy and material consumption in CNC-based production processes in accordance with the GHG Protocol and IPCC (2019) guidelines, and subsequently to transform these data into environmental impact categories using the ReCiPe method, thereby conducting both an environmental and an economic analysis.

MATERIALS AND METHODS

In this study, the carbon footprint of CNC machines was calculated. The analysis process was based on the Life Cycle Assessment (LCA) approach as defined in ISO 14040 and ISO 14044 standards (ISO, 2006a; ISO, 2006b).

The GHG Protocol framework was adopted for the calculation of greenhouse gas emissions. Emissions related to electricity consumption, material usage, logistics activities, and waste management were calculated using the IPCC (2019) emission factors (IPCC, 2019). The calculations were carried out at Tier 1–2 levels, taking into account the electricity grid emission factor specific to Türkiye (Jay, 2024).

The obtained emission inventory was analyzed using the ReCiPe method to provide a more comprehensive evaluation of environmental impacts. The ReCiPe method was chosen because it provides both midpoint (category-based) and endpoint (human health, ecosystem quality, and resource use) results and represents a contemporary impact assessment approach.

The ReCiPe 2008 and ReCiPe 2016 versions are integrated into up-to-date databases, offering a broader category coverage and higher sensitivity. Therefore, it is among the most frequently preferred LCA methods in both academic research and industrial assessments.

The inventory results expressed in kg CO_2e were converted into environmental impact categories using the ReCiPe method. Although the Eco-indicator 99, CML, and EIO-LCA methods were

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

reviewed in the literature, they were not directly applied in this study. These methods were discussed only for comparative analysis and to establish the theoretical framework (Zhang et al., 2023; The Greenhouse Gas Protocol, 2024).

METHOD

In this study, the greenhouse gas (GHG) inventory was developed based on the GHG Protocol and IPCC Tier (1–3) approaches. IPCC and country-specific emission factors were applied for electricity, fuel, transportation, material use, and waste. The obtained inventory data (expressed in kg CO_2e) were characterized using the ReCiPe method for a broader environmental impact assessment.

This dual approach enables the evaluation of inventory results not only in terms of global warming potential but also across additional impact categories such as human health and resource consumption. The inventory phase (GHG/IPCC) was selected for its accuracy in calculation and standardized reporting, while the ReCiPe method was chosen for its ability to provide multi-category impact assessments and both midpoint and endpoint results (Jay, 2024; IPCC, 2019).

Calculations

The carbon emissions inventory in this study was developed using a series of equations based on internationally recognized methodologies.

Electricity Consumption-Based Carbon Emission

The carbon emission resulting from electricity consumption is calculated as shown in Eq. (1) (Zhang, 2023)

$$\boldsymbol{CF_{electricity} = P_{CNC} \times t_{CNC} \times EF_{eelectricity}} \quad \textbf{(1)}$$

$\boldsymbol{CF_{electricity}}$ $(\mathbf{kg\ CO_2e})$: Carbon emission from electricity consumption

$\boldsymbol{P_{CNC}}$ $(\boldsymbol{kW})$: Power consumption of the CNC machine or production equipment

$\boldsymbol{t_{CNC}}$ $(\boldsymbol{h})$: Total operating time of the machine

$\boldsymbol{EF_{electricity}}$ $(\boldsymbol{kg\ CO_2e/kWh})$: Emission factor determined according to the energy source used for electricity generation

Material Usage-Based Carbon Emission

The carbon emission related to material usage is calculated as shown in Eq. (2) (Zhang, 2023)

$$\boldsymbol{CF_{material} = M_{material} \times EF_{material}} \quad \textbf{(2)}$$

$\boldsymbol{CF_{material}}$ $(\boldsymbol{kg\ CO_2e})$: Carbon emission from material usage

$\boldsymbol{M_{material}}$ $(\boldsymbol{kg})$: Amount of material used

$\boldsymbol{EF_{material}}$ $(\boldsymbol{kg\ CO_2e/kg})$: Emission factor related to the production and processing of the material

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Transportation-Based Carbon Emission

The transportation-related carbon emission is calculated as shown in Eq. (3) (Son & Ko, 2024; Engels, 2024)

$$\boldsymbol{CF_{transport}} = \left(\frac{\boldsymbol{W_{transport}}}{\boldsymbol{1000}}\right) \times \boldsymbol{D_{transport}} \times \boldsymbol{EF_{transport}} \textbf{(3)}$$

$\boldsymbol{CF_{ransport}(kg\ CO_2e)}$: Carbon emission from transportation

$\boldsymbol{W_{ransport}(kg)}$: Weight of transported material

$\boldsymbol{D_{ransport}(km)}$: Transportation distance

$\boldsymbol{EF_{ransport}(kg\ CO_2e/t-km)}$: Emission factor based on the transport mode

The factor of 1,000 is used to convert kilograms to tons, as transport emission factors are generally expressed in tons per kilometer.

Total Carbon Footprint

The total carbon footprint is calculated as shown in Eq. (4) (Son & Ko, 2024; Engels, 2024)

$$\boldsymbol{CF_{total}} = \boldsymbol{CF_{electricity}} + \boldsymbol{CF_{material}} + \boldsymbol{CF_{transport}} \textbf{ (4)}$$

At this stage, only raw material and energy consumption emissions are calculated. Additional emissions generated during manufacturing processes such as cutting, drilling, and milling should also be included.

Manufacturing Process Emission

Emissions generated during manufacturing are calculated as shown in Eq. (5) (Zhang, 2023)

$$\boldsymbol{CF_{production}} = \boldsymbol{E_{precess}} \times \boldsymbol{EF_{process}} \textbf{ (5)}$$

$\boldsymbol{CF_{production}}$**:** Emissions during the production phase ($kgCO_2e$)

$\boldsymbol{E_{process}}$**:** Energy consumed or waste generated during processing

$\boldsymbol{EF_{process}}$ **:** Carbon emission factor for the specific process ($kgCO_2e$/unit process)

Waste Management and Recycling Emission

Emissions from waste management and recycling are calculated as shown in Eq. (6) (Zhang, 2023; Jay, 2024)

$$\boldsymbol{CF_{waste}} = \boldsymbol{M_{waste}} \times \boldsymbol{EF_{waste}} \textbf{ (6)}$$

$\boldsymbol{CF_{waste}}$**:** Carbon footprint from waste management ($kgCO_2e$)

$\boldsymbol{M_{waste}}$ **:** Amount of waste generated (kg)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EF_{waste} : Emission factor based on waste type (kgCO₂e/kg)

Use-Phase Carbon Footprint

The carbon footprint during the use phase is calculated as shown in Eq. (7) (Zhang, 2023; Jay, 2024):

$$CF_{use} = E_{consumption} \times T_{lifetime} \times EF_{electricity} \quad (7)$$

CF_{use}: Carbon footprint during the use phase (kgCO₂e)

$E_{consumption}$: Annual energy consumption (kWh/years)

$T_{lifetime}$: Product lifetime (years)

$EF_{electricity}$: Electricity emission factor based on the generation source (kg CO₂e/kWh)

The values calculated using these formulas with real operational data are presented in **Table 1**.

M	P_CNC (kW)	t_CNC (saat)	EF_elec (kg CO_2e/kWh)	Electricity Emission (kg CO_2e)	M_material (kg)	EF_material (kg CO_2e/kg)	Material Emission (kg CO_2e)	W_transport (kg)	D_transport (km)	EF_transport (kg CO_2e/t-km)	Transport Emission (kg CO_2e)
January	26,41379	184	0,4215	2048,548138	1100	8,60	9460	865	390	0,2	67,47
February	26,41379	168	0,4215	1870,413517	980	8,60	8428	776	390	0,2	60,528
March	26,41379	168	0,4215	1870,413517	1312	8,60	11283,2	1202	390	0,2	93,756
April	26,41379	176	0,4215	1959,480828	1248	8,60	10732,8	1123	390	0,2	87,594
May	26,41379	184	0,4215	2048,548138	1180	8,60	10148	986	390	0,2	76,908
June	26,41379	160	0,4215	1781,346207	1198	8,60	10302,8	978	390	0,2	76,284
July	26,41379	184	0,4215	2048,548138	1152	8,60	9907,2	898	390	0,2	70,044

Transport Emission (kg CO_2e)	E_process (kg CO_2e/kWh)	EF_process (kg CO_2e)	Production Emission (kg CO_2e)	M_Waste	EF_Waste	Waste Emission (kg CO_2e)	E_consumption (kWh/yıl)	T (years)	Use-phase Emission (kg CO_2e)	Total Emission (kg CO_2e)
67,47	0,4215	100	42,15	235	0,5	117,5	58321,65517	15	368738,6648	380474,333
60,528	0,4215	100	42,15	204	0,5	102	53250,2069	15	336674,4331	347177,5246
93,756	0,4215	100	42,15	110	0,5	55	53250,2069	15	336674,4331	350018,9526
87,594	0,4215	100	42,15	125	0,5	62,5	55785,93103	15	352706,549	365591,0738
76,908	0,4215	100	42,15	194	0,5	97	58321,65517	15	368738,6648	381151,271
76,284	0,4215	100	42,15	220	0,5	110	50714,48276	15	320642,3172	332954,8974
70,044	0,4215	100	42,15	254	0,5	127	58321,65517	15	368738,6648	380933,607

Table 1. The real operational data results.

RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the CNC-based production line was found to generate an average of 1929.79 kg CO_2e emissions per month. Approximately 72% of this value originates from electricity consumption, 18% from material usage, and the remaining portion from transportation and waste management processes. It was calculated that implementing energy efficiency measures, green logistics, and recycling scenarios could lead to up to a 15% reduction in total emissions. The economic analysis results indicate that these improvements could provide approximately 8% cost savings for enterprises in the

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

long term. Consequently, the study demonstrates that accurately assessing the carbon footprint of CNC-based manufacturing processes holds strategic importance for both environmental sustainability and economic efficiency in the manufacturing sector.

Transportation activities, particularly road transport, made a significant contribution to the total emissions. Certain reductions were achieved through waste management and recycling practices. The ReCiPe method enabled the assessment of CNC processes in terms of both midpoint indicators (e.g., acidification, global warming potential) and endpoint indicators (e.g., human health, ecosystem quality, resource depletion). This approach provided a clearer understanding of the environmental impacts of manufacturing processes at different scales.

Energy efficiency, material selection, and green logistics practices were identified as key factors in reducing emissions. Despite potential short-term costs, the economic analysis revealed that energy savings and environmental benefits offer long-term financial advantages to manufacturers. Future research should focus on comparing different production methods and developing strategies for carbon footprint reduction in manufacturing processes..

The calculations and resulting figures are presented below. Table 2 provides the monthly emission calculation data, measured according to the factory's production volume and energy consumption. The resulting graph is shown in Figure 1.

Month	Electricity Emission (kg CO_2e)	Material Emission (kg CO_2e)	Transportation Emission (kg CO_2e)	Total Emission (kg CO_2e)
January	2048,55	9460	67,47	380.474,33
February	1870,41	8428	60,53	347.177,52
March	1870,41	11.283,2	93,76	350.018,95
April	1959,48	10.732,8	87,59	365.591,07
May	2048,55	10.148	76,90	381.151,27
June	1781,35	10.302,8	76,28	332.954,89
July	2048,55	9907,2	70,04	380.933,61

Table 2. The monthly emission calculation data results.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

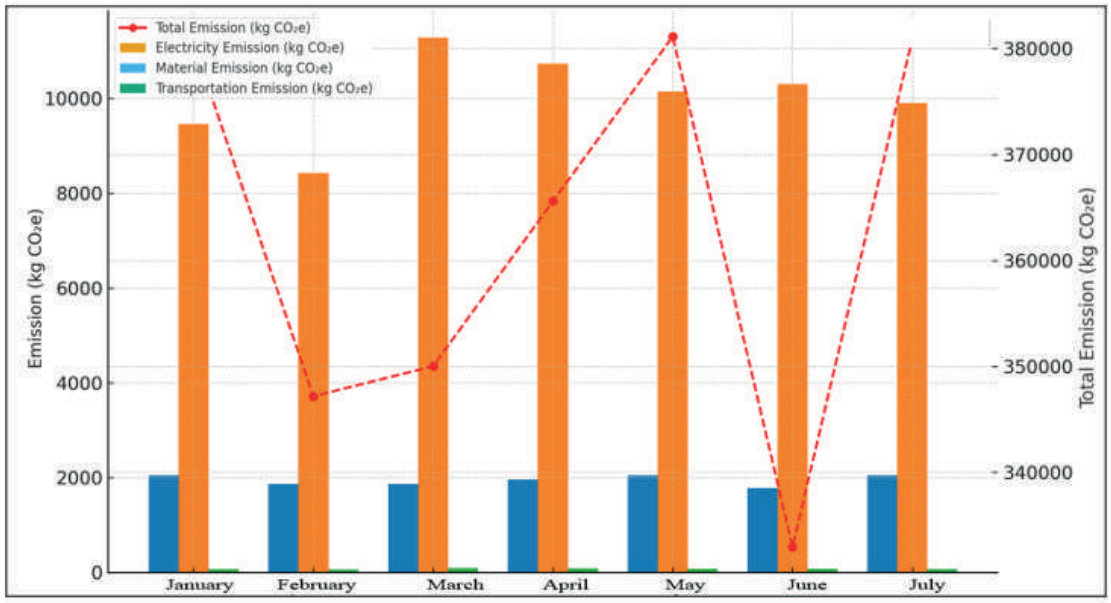


Figure 1 The distribution of production emissions.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my gratitude to my advisor, Associate Professor Dr. Selçuk Sarıkoç, for his invaluable guidance and support during this study, as well as to my colleagues who assisted in the analysis processes. This work has provided me with valuable experience in evaluating the carbon footprint of products in the manufacturing sector.

REFERENCES

<IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Zhang, X. et al. (2023). Modeling product carbon footprint for manufacturing process. Journal of Cleaner Production.

Jay, M. (2024). Assessing the Electricity Consumption and Carbon Footprint of Manufacturing Processes. Université Grenoble Alpes.

ISO (2006). ISO 14040: Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.

ISO (2006). ISO 14044: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines.

World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). The Greenhouse Gas Protocol-2024.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008: A Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level. Report I: Characterisation. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM), The Netherlands.

Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., ... & Suh, S. (2009). “Recent Developments in Life Cycle Assessment.” Journal of Environmental Management, 91(1), 1–21.

Son, Ko, Ulrich, Sarilmis, and Ehm. (2024). "Transportation Product Carbon Footprint: A Framework for Semiconductor Supply Chain." ResearchGate.

Engels, L. (2024). Evaluating Thies's Carbon Footprint and Devising Effective CO_2 Reduction Strategies. Bachelor's Thesis, University of Twente.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AN EVALUATION FROM A CONTEXTUAL PERSPECTIVE TOWARDS THE CONSERVATION OF REPUBLICAN PERIOD BUILDINGS: THE CASE OF SULTANAHMET COURTHOUSE

Rüya Kuru Yücel[1*]

[*1] Unıversity of Medipol, Faculty of Architecture, Department of Architecture, Istanbul, Turkey.
ORCID Code: http://orcid.org/0000-0002-6627-7649

ABSTRACT

Historic environments, as representatives of our cultural heritage, are special places that reflect the lifestyles of past civilizations within historical, architectural, social, cultural, functional, and economic contexts. There are various issues concerning which structures that constitute our historic environment should be preserved. Foremost among these is the perception that the architectural heritage of the Republican period is not considered “old” or “aesthetic” enough to merit preservation. This perception, shaped by the dichotomy between the “old” and the “new,” has led to the gradual disappearance of Republican era buildings.

However, cities are not singular entities with fixed identities; rather, they are dynamic organisms that become multilayered through their historical pasts, leave traces in the collective memory of their inhabitants, and strengthen the sense of belonging. The architectural heritage of the Republican period should therefore be preserved, documented, and transmitted to future generations as an integral part of this urban organism.

The Sultanahmet Courthouse bears documentary value as a tangible representation of the ideas, needs, and social relations of the period in which it was designed and of the architect who created it. It thus serves as a valuable example highlighting the importance of preserving the architectural works of the Republican era.

The aim of this study is to conduct a contextual evaluation of the Sultanahmet Courthouse and to reveal the values that justify its preservation. The research methodology is structured around multiple contexts that form the multidimensional nature of the concept of context—namely, the historical, architectural, and social contexts. The study is composed of three main parts. The first section provides a general framework by examining the concept of “preservation” in relation to Republican era buildings. The second section offers a contextual evaluation of the values that render the Sultanahmet Courthouse—one of the significant architectural works of the Republican period—worthy of preservation. The final section discusses the findings obtained through this analysis.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

In conclusion, the Sultanahmet Courthouse stands out in the historical context with its identity value as an integral part of urban memory since its construction; in the architectural context, with its significance as a reflection of the design approach of its period; and in the social context, with its functional and economic value demonstrated by its ability to adapt to society's changing needs through adaptive reuse. Owing to these qualities, the building, which possesses mnemonic value within the collective memory, is recognized as a cultural asset worthy of preservation.

Keywords: Republican Period Architecture, Conservation of Architectural Heritage, Sultanahmet Courthouse

REFERENCES

Altan Ergut, E., 2009. "Değerlendirme: Cumhuriyet Dönemi Mimarlığı'nın Belgelenmesi ve Korunması", Korumada Yeni Tanımlar Yeni Kavramlar: Cumhuriyet Dönemi Mimari Mirasının Korunması, (yay. haz.) E. Madran ve E. Altan Ergut, Mimarlar Odası Yayınları, Ankara, ss.91-95.

Batur, A., 1994d. Darülfünun Binası, D.B.İ.A., 2. cilt, Kültür Bakanlığı ve Tarih Vakfı Ortak Yayını, 562-563.

Batur, A., 1994. Cumhuriyet Dönemi "1938-1950 Savaş yılları ve II. Milli Mimari Akımı" Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi, C.2 İstanbul.

Bozdoğan, S., Özkan, S., Yenal, E., 1987. Sedat Hakkı Eldem, Architect in Turkey, Mimar, Concept Media, Singapore.

Can, C., 2000. Tanzimat ve Mimarlık, Osmanlı Mimarlığının 7 Yüzyılı, "Uluslarüstü Bir Miras", 130-136, YEM Yayın, İstanbul.

Çelik, G., 2007. İstanbul Tarihi Yarımadası'nda Tanzimat Dönemi İdari Yapıları,Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eldem, S.H., 1986. "Sedat Hakkı Eldem'le Söyleşi, Sedat Hakkı Eldem, Architect in Turkey, Mimar, Concept Media, Singapore.

İhsanoğlu, E., 1990. Darülfünun Tarihçesine Giriş, Belleten, LVI, 210, Türk Tarih Kurumu, Ankara, 699-745.

Kuban, D., 2000(1996). İstanbul Bir Kent Tarihi, Bizantion, Konstantinopolis, İstanbul, 2. baskı, çev. Zeynep Rona, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.

Mimar Sinan Üniversitesi, 1983. Sedat Hakkı Eldem, Mimar Sinan Üniversitesi 100. Yıldönümü Armağanı, 50 Yıllık Meslek Jübilesi.

Özkut, D., 2013. Salman, Yıldız, Nilüfer Baturayoğlu Yöney, Ebru Omay Polat ve Elvan Altan Ergut, "Modern Mimarlık Mirasının Korunması ve DOCOMOMO_Türkiye", Betonart, (der.), sayı:36, ss.52-57.

Sözen, M., Tapan, M., 1973. 50 Yılın Türk Mimarisi, İş Bankası Kültür Yayınları, İstanbul.

TMMOB, 2007. Mimarlık Dergisi 2007, sayı:335.

Yergün, U., 2002. Batılılaşma Dönemi Mimarisinde Yapım Teknolojisindeki Değişim ve Gelişim, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ur- 1< http://www.yapi.com.tr/haberler/cumhuriyet-donemi-mimari-mirasinin-belgelenmesi-korunmasi-ve-degerlendirilmesi_95639.html

Url-2<https://www.archives.saltresearch.org/R/-?func=dbin-jump full&object_id=350962&silo_library=GEN01

Url-3< http://v3.arkitera.com/h21545-istanbul-un-adalet-saraylari.html

Url-4<http://www.yapi.com.tr/haberler/sultanahmetteki-istanbul-adliyesi-ya-kent-muzesi-olacak-ya-da-arkeolojik-park_86373.html

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED PROCESS CONTROL SYSTEMS IN WASTEWATER TREATMENT: CURRENT APPROACHES AND FUTURE PERSPECTIVES

Ahmet Saatçı[1*]

[*1] Department of Environmental Health, Bingol University, Bingol, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4283-2230

ABSTRACT

The dynamic structure of processes in wastewater treatment plants, variable input conditions, and complex biological reactions limit the efficiency of classical control methods. Therefore, in recent years, artificial intelligence (AI)-based modelling and control systems have emerged as an important alternative for monitoring, optimising, and increasing the energy efficiency of treatment processes. This study examines existing AI-based modelling and control approaches used in wastewater treatment and evaluates them in terms of performance criteria.

In the literature, popular models include artificial neural networks (ANNs), fuzzy logic systems, support vector machines (SVMs), evolutionary algorithms, deep learning, and hybrid approaches. These methods are used, in particular, for the estimation and control of parameters such as dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), nitrogen and phosphorus removal. The study examined application examples published over the last 10 years and made comparisons in terms of energy consumption, estimation accuracy, processing speed and model generalisability.

The results obtained demonstrate that AI-based systems offer significant advantages over conventional methods, particularly in terms of adaptation to variable load conditions in biological processes and reduced energy consumption. However, model transfer, data quality, explainability, and real-time application challenges remain significant limiting factors. This study aims to comprehensively evaluate the current state of artificial intelligence in environmental engineering applications and contribute to the development of sustainable control strategies for smart treatment plants in the future.

Keywords: Wastewater treatment, artificial intelligence, process control, modelling, sustainability

Atıksu Arıtımında Yapay Zekâ Tabanlı Proses Kontrol Sistemleri: Mevcut Yaklaşımlar ve Gelecek Perspektifleri

ÖZET

Atıksu arıtma tesislerinde proseslerin dinamik yapısı, değişken giriş koşulları ve karmaşık biyolojik reaksiyonlar, klasik kontrol yöntemlerinin verimliliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle son yıllarda,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

yapay zekâ (YZ) tabanlı modelleme ve kontrol sistemleri, arıtma proseslerinin izlenmesi, optimizasyonu ve enerji verimliliğinin artırılması açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmada, atıksu arıtımında kullanılan mevcut YZ temelli modelleme ve kontrol yaklaşımları incelenmiş ve performans kriterleri bakımından değerlendirilmiştir.

Literatürde öne çıkan modeller arasında yapay sinir ağları (YSA), bulanık mantık sistemleri, destek vektör makineleri (SVM), evrimsel algoritmalar, derin öğrenme ve karma yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yöntemler, özellikle çözünmüş oksijen (DO), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), azot ve fosfor giderimi gibi parametrelerin tahmini ve kontrolünde kullanılmaktadır. Çalışmada, son 10 yılda yayımlanan uygulama örnekleri incelenmiş; enerji tüketimi, tahmin doğruluğu, işlem hızı ve model genellenebilirliği bakımından karşılaştırmalar yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, YZ tabanlı sistemlerin özellikle biyolojik proseslerde değişken yük koşullarına adaptasyon ve enerji tüketiminde azalma açısından klasik yöntemlere göre belirgin avantajlar sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, model transferi, veri kalitesi, açıklanabilirlik ve gerçek zamanlı uygulama zorlukları hâlâ önemli sınırlayıcı unsurlardır. Bu çalışma, yapay zekânın çevre mühendisliği uygulamalarındaki mevcut durumunu kapsamlı bir şekilde değerlendirerek, gelecekte akıllı arıtma tesisleri için sürdürülebilir kontrol stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Atık su arıtma, yapay zeka, proses kontrolü, modelleme, sürdürülebilirlik

1. Introduction

Water is an indispensable resource for both the continuation of human life and the sustainability of production activities. However, today, due to harmful pollutants arising from various natural events and human-induced activities, water resources have come under serious threat. Every day, large amounts of wastewater are generated, and these waters, despite often containing toxic components, are usually discharged directly into the environment without being treated or reused (Ray et al., 2023). Untreated wastewater is rich in nutrients, organic compounds, suspended solids (SS), micro-pollutants, and both pathogenic and non-pathogenic microorganisms. Depending on its source, wastewater is categorized into six main groups: municipal, domestic, industrial, medical, agricultural, and nuclear. Among these types, municipal and domestic wastewaters are the most common, and research generally focuses on these two groups (Chahal et al., 2016). Since the physical and chemical composition of wastewater varies greatly depending on its source, these characteristics must be thoroughly analyzed before determining an appropriate treatment method. To meet the increasing demand for water, protect the environment, and ensure human health, it is of great importance to study wastewater treatment and reuse.

Wastewater Treatment (WWT) systems combine physical, chemical, and biological processes to remove pollutants and produce clean water that can be safely returned to the environment. The main

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

goal of WWT is to reduce water pollution to safe levels while minimizing energy consumption and environmental impacts. In line with sustainable development goals and the protection of water resources, the WWT process plays a critical role in safeguarding public health and maintaining environmental balance (Ren et al., 2021).

In recent years, there has been a rapidly growing need for innovative and effective technologies to improve the efficiency of treatment processes, reduce costs, and minimize energy use. Wastewater treatment plants are complex, nonlinear systems due to variable hydraulic and organic loads, complex biochemical reactions, and time-dependent dynamics. These characteristics limit the performance of classical control strategies (such as PID, fixed setpoint, or linear model-based approaches), adversely affecting system stability and energy efficiency. In recent years, Artificial Intelligence (AI)-based modeling and control methods have emerged as powerful alternatives to overcome these limitations. AI approaches provide high accuracy and adaptability in predicting, optimizing, and closed-loop controlling key process parameters such as dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), nitrogen, and phosphorus. Compared to classical controllers, these systems can better adapt to variable load conditions and offer the potential to reduce energy consumption (Wang et al., 2023). However, several challenges limit the widespread implementation of AI-based control. Issues such as model transferability, data quality, explainability, and real-time applicability remain fundamental problems that need to be addressed. Studies in the literature indicate that hybrid modeling approaches (e.g., RNN–optimization algorithm hybrids) are gaining increasing importance to overcome these challenges (Yuvaraju & Deena, 2024).

This study aims to examine the existing methods related to AI-based process control in wastewater treatment and to discuss current trends, limitations, and future research directions.

2. Application Areas and General Framework

Artificial intelligence (AI) models, together with IoT and classical methods, are widely used in the design, process modeling, prediction, and optimization of smart wastewater treatment systems; they are effective in studies aimed at removing dyes, heavy metals, nutrients, organics, suspended solids, microbial contamination, pharmaceuticals, and pesticides. Applications are mainly at the laboratory scale and in process design; in practice, process parameter optimization and performance prediction are prominent, and the training of models requires large-volume, continuously monitored data (Krishnan et al., 2022; Alam et al., 2022; Fan et al., 2022).

AI models used in the field of wastewater treatment can be grouped into three main categories: Artificial Neural Networks (ANN), Machine Learning (ML), and Search Algorithms (SA). ANNs mimic biological neural networks to learn complex relationships between input and output data. Subtypes such as RNN, CNN, FNN, and DNN can adapt to different data types. While RNN processes time series data, CNN stands out in visual and spatial data. FNN operates with fuzzy logic in situations

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

involving uncertainty, and DNN learns complex patterns through its multi-layered structure. ML methods (PCA, DT, SVM, PSO, RF, SOM, KNN, ANFIS) are widely used for prediction and classification. These methods offer significant advantages in dimensionality reduction, clustering, modeling, and optimization. Although each has its own advantages and disadvantages, the selection of the appropriate algorithm according to the problem type is of great importance. In addition, Search Algorithms such as Genetic Algorithm (GA) and Genetic Programming (GP) are used in complex optimization problems. Hybrid AI models combine these methods to overcome the limitations of individual models and provide stronger prediction and optimization performance. Hybrid models such as GA-ANN, PSO-SVM, and GA-FNN have shown effective results, particularly in the modeling of complex processes, performance prediction, and parameter optimization in wastewater treatment systems. AI models are widely applied in areas such as water quality monitoring and the removal of heavy metals and organic matter, playing an important role in the design of IoT-based smart treatment systems (Wang et al., 2023).

2.1. Water Quality Monitoring Studies

In the application of artificial intelligence (AI) models in wastewater treatment plants, the process of data collection and water quality monitoring is a fundamental step for ensuring efficient system operation. This monitoring is an effective method used to identify and analyze water quality parameters. Through sensors used for continuously observing the quality of influent and effluent water, large volumes of data can be obtained (Singh et al., 2023). Although the number of datasets used in different studies varies, similar data ratios are generally applied for the training and testing of AI models. Most studies use 60–80% of the data for training and the remaining portion for testing (Monday et al., 2024).

Some researchers have developed various sensor systems to establish fast, accurate, and autonomous wastewater treatment processes through real-time detection, data analysis, and online control systems (Carreres-Prieto et al., 2023; Zhang et al., 2020, 2022). To monitor influent water quality, parameters such as BOD, COD, pH, DO, flow rate, temperature, and pollutant concentration are commonly used; whereas for evaluating effluent water, parameters such as BOD, COD, pH, DO, and pollutant levels are key indicators for measuring plant performance and treatment efficiency (Monday et al., 2024).

The increasing volume of data, advances in AI models, and the progress of multivariate statistical methods have made data-driven modeling and real-time prediction approaches highly attractive. For instance, Post et al. integrated a CNN model with laser-induced Raman and fluorescence spectroscopy (LIRFS) to enable real-time monitoring of micropollutants, achieving a correlation coefficient (R^2) of 0.74. The results demonstrated that this method could perform highly sensitive measurements, reach detection limits, and identify micropollutants that are not traceable by conventional methods (Post et al., 2022).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The combination of fluorescence measurements with AI-assisted Raman analyses has emerged as a powerful image recognition tool in areas such as microbiological water quality analysis, micropollutant detection, and instrument-based calibration adjustments. Lee et al. developed a remote and real-time monitoring system for wastewater treatment plants by employing PCA, ANN, and multivariate statistical process control methods. This system provides experts with essential information support for ensuring efficient plant operation (Lee et al., 2008).

Finally, Mustafa et al. examined the effectiveness of IoT- and AI-based models in water quality monitoring and prediction processes, reporting that these technologies enhance water quality services in terms of user safety and make significant contributions to governmental water management decision mechanisms (Mustafa et al., 2021).

These studies reveal that AI-supported sensor systems and data-driven approaches contribute significantly to the development of sustainable, low-maintenance, and highly accurate water quality monitoring systems in wastewater treatment plants.

2.2. Laboratory-Scale Studies

Due to advantages such as low cost, short experimental duration, safety, easy controllability, practical applicability, and high repeatability, laboratory-scale studies are used as a critical tool for developing new process designs and improving wastewater treatment technologies. In such research, artificial intelligence (AI) models generally focus on the design and optimization of membrane processes and bioreactors. Recent studies have provided comprehensive evaluations of the use of membrane processes, particularly membrane bioreactors (MBRs), in wastewater treatment (Jawad, Hawari, & Javaid Zaidi, 2021; Kamali et al., 2021; Yuvaraju & Deena, 2024).

MBR technology is a hybrid system that combines microbial treatment with membrane filtration. This system merges the advantages of conventional biological treatment methods with those of physical liquid-solid separation. Compared to traditional activated sludge systems, MBRs offer significant advantages such as higher biomass concentration, lower sludge production, shorter hydraulic retention time (HRT), elimination of the need for secondary sedimentation, reduced space requirements, and improved effluent quality (Iorhemen et al., 2016). Therefore, MBRs are considered one of the most effective technologies for sustainable wastewater management and are widely used in both industrial and municipal-scale applications.

Rahman et al. (2023) examined the historical development of MBR technology in terms of sustainable water management, while Tomczak and Gryta (2022) demonstrated that energy-efficient anaerobic MBR (AnMBR) systems consume less energy than conventional treatment plants (Tomczak & Gryta, 2022). Although both anaerobic and aerobic MBR systems have been developed in the literature, the main barrier to their widespread adoption remains membrane fouling.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Membrane Fouling and the Role of Artificial Intelligence Models

Membrane fouling occurs when pollutants in the water accumulate on the surface or within the pores of the membrane, reducing permeability and decreasing process performance. This phenomenon is one of the most significant factors leading to increased maintenance and operating costs. Researchers have been developing various fouling control strategies to address this issue. Tomczak and Gryta (2022) proposed a method that reduces fouling in MBRs by using a 1% NaOH solution, achieving effective results in restoring the membrane's initial performance (Tomczak & Gryta, 2022).

AI models are widely employed to predict, control, and optimize membrane fouling. In this field, studies have particularly focused on membrane types such as forward osmosis, reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration, and microfiltration. Chen et al. (2019) used a Radial Basis Function (RBF)-based Artificial Neural Network (ANN) model to evaluate the energy interactions of randomly rough surfaces during membrane fouling and demonstrated that the model successfully captured complex interactions (Chen et al., 2019).

Jawad et al. (2020) applied an ANN model to accurately predict permeate flux during the forward osmosis process and achieved a strong correlation coefficient of $R^2 = 0.973$. The study found that the ANN model outperformed the multilayer perceptron (MLP) model (Jawad et al., 2020). Furthermore, to simulate the process more accurately, the researchers developed a hybrid ANN–RSM model, where ANN was used for prediction and RSM for optimization. The performance of these models was reported as $R^2 = 0.98036$ and $R^2 = 0.9408$, respectively (Jawad, Hawari, & Zaidi, 2021).

Use of Artificial Intelligence for Optimization of MBR Performance

Studies aimed at optimizing MBR performance generally consider operational parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen (DO), salinity, hydraulic retention time (HRT), pollutant load, BOD, COD, and contaminant concentration. Zaghloul et al. (2021) modeled the behavior of aerobic granular sludge (AGS) reactors using 475 days of data collected from three different reactors and proposed a five-stage machine learning system that included ANN, SVR, and ANFIS models. The model accurately predicted AGS reactor behavior with high precision ($R^2 = 95.7\%$, RMSE = 0.032, MAPE = 3.7%) (Zaghloul et al., 2021). Ren et al. (2007) analyzed the performance of pilot-scale submerged MBRs in the treatment of traditional Chinese medicine wastewater using a Back Propagation Neural Network (BPNN) model. The study demonstrated that the model could accurately predict COD removal rates and assist in determining optimal operating conditions (Ren et al., 2007). Cai et al. (2019) evaluated the effect of pH on wastewater treatment using Wavelet Neural Network (WNN) and BPNN models. They found that in aerobic–anaerobic micro-sludge MBR (O-AMSMBR) systems, pH was a decisive factor influencing both COD and total nitrogen (TN) removal. In addition, they analyzed the effects of different ecological factors in an airlift multi-stage circulation MBR

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

system using a BPNN model and identified the order of importance of these factors as pH ≈ MLSS > HRT > COD (Cai et al., 2019).

In conclusion, laboratory-scale studies, through AI-assisted modeling and optimization techniques, have achieved significant progress in improving the efficiency of MBR systems and mitigating fouling issues. These studies provide a strong foundation for the design of cost-effective, energy-efficient, and sustainable processes in wastewater treatment.

2.3. Optimization of Process Parameters

The primary objective of AI-based optimization is to reduce costs while enhancing treatment efficiency. In this context, hybrid and deep learning models such as ANN-GA, ANN-PSO, ANFIS, and CNN have gained prominence. For instance, Nayak et al. (2018) developed a hybrid ANN-GA model that increased microalgal biomass by 57% (Nayak et al., 2018). Qi et al. (2020) demonstrated that the ANN-PSO model achieved the best performance in methylene blue removal (Qi et al., 2020). Aghilesh et al. (2023) validated ANN and ANFIS models in the biosorption process using FTIR analyses. AI models combined with spectroscopy techniques such as FTIR, Raman, and SEM have shown strong results, particularly in detecting micropollutants and analyzing chemical compositions (Aghilesh et al., 2023). Furthermore, the hybrid CLSTMA model developed by Li et al. (2021) achieved the highest accuracy in modeling the water quality of wastewater from the paper industry (X. Li et al., 2021).

2.4. Prediction of Process Performance and General Evaluation

AI models are powerful tools for evaluating process performance in terms of removal efficiency, water quality, and optimal operating conditions. Studies have shown that ANFIS and ensemble models outperform others in predicting the performance of wastewater treatment (WWT) systems (Nourani et al., 2018). In terms of pollutant removal, ANN and ANFIS models have demonstrated high adsorption capacities, while the PCA-NARX model (Yang et al., 2022) has improved dynamic prediction performance. AI-based control systems have also been successfully applied in monitoring the water quality of rivers, lakes, and reservoirs. Overall, the integration of artificial intelligence in wastewater treatment plants reduces energy consumption, enables real-time monitoring, and accelerates decision-making processes—thus supporting sustainable and efficient water management.

3. Challenges and Future Perspectives

Although artificial intelligence (AI) models—particularly Artificial Neural Networks (ANN)—can successfully model complex multi-input–multi-output relationships, they suffer from low interpretability due to their “black box” structure. Since the neuron, weight, and bias parameters in the model lack physical meaning, the mechanism of the system cannot be clearly explained (Jawad, Hawari, & Javaid Zaidi, 2021). This limitation has led to the use of AI being more restricted in scientific research compared to engineering applications.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Additionally, since AI models are typically problem-specific, their generalizability to other wastewater treatment scenarios is often questioned. Therefore, hybrid approaches that combine white-box (knowledge-driven) traditional models with black-box (data-driven) AI models have been proposed. Such models integrate the mechanistic interpretability of traditional models with the nonlinear learning capability of AI, potentially reducing data requirements and providing more meaningful and explainable results (K. Li et al., 2022).

3.1. Training, Repeatability, and Overfitting Issues

AI models—particularly Deep Neural Networks (DNNs)—tend to exhibit weak repeatability during training due to the random initialization of weights and biases. When appropriate parameter selection is not performed, models may converge toward local minima, thereby reducing accuracy. At present, there is no standardized method for determining the optimal network architecture; instead, the process often relies on trial and error, which increases the risks of overfitting or underfitting. The optimal architecture is strongly dependent on factors such as dataset size, activation function, and learning rate.

Therefore, in the AI modeling process, greater theoretical research and standardized guidelines are needed regarding parameter selection, data quality, and architectural design. Such developments would help mitigate training difficulties, improve repeatability, and enhance interpretability, ultimately making AI applications in wastewater treatment (WWT) more reliable and robust (Jawad, Hawari, & Javaid Zaidi, 2021).

3.2. Data Dependency, Transparency, and Lack of Standardization

The success of AI models depends heavily on the quantity and quality of data. In WWT applications, diverse data formats collected from multiple sources often lead to issues of poor data management and limited reusability. Furthermore, the lack of publicly available datasets and source codes in research reduces scientific transparency and hinders the reproducibility of studies (Lowe et al., 2022).

This limitation makes it difficult to fairly compare model performance based on evaluation metrics such as R^2, MAE, MSE, RMSE, MAPE, and SSE. In the future, the establishment of open data-sharing platforms, standardized criteria, and benchmark tests will be essential to improve the comparability of AI models. Such efforts will not only reduce experimental costs but also promote the widespread and reliable implementation of AI in wastewater treatment.

4. Conclusion

This study comprehensively examined the current state, application areas, advantages, and limitations of artificial intelligence (AI)-based modeling and process control systems in wastewater treatment. The findings indicate that AI methods offer significant advantages over classical control strategies, particularly in biological treatment processes, by improving adaptability to variable load conditions,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

reducing energy consumption, and enhancing process efficiency. Artificial Neural Networks (ANN), Fuzzy Logic, Support Vector Machines (SVM), Evolutionary Algorithms, and hybrid models have demonstrated high accuracy in predicting and optimizing critical parameters such as dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), nitrogen, and phosphorus.

AI-based systems make important contributions, especially in membrane bioreactors (MBRs) and advanced oxidation processes, by enabling the identification of energy-efficient operating conditions, predicting membrane fouling, and ensuring optimal process control. However, challenges related to data quality, model transparency, interpretability, and real-time applicability continue to limit the widespread industrial adoption of these technologies. Insufficient training data, lack of standardization, and overfitting issues negatively affect model reliability and generalizability.

In the future, the development of open databases, standardized evaluation metrics, and hybrid modeling approaches will enable AI-assisted wastewater treatment systems to become more reliable, scalable, and sustainable. With the integration of IoT, big data analytics, and digital twin technologies, the concept of smart and autonomous treatment plants will emerge as a new paradigm in environmental engineering. Consequently, energy-efficient, environmentally sustainable, and real-time decision-support-based wastewater management will become achievable.

References

Aghilesh, K., Kumar, A., Agarwal, S., Garg, M. C., & Joshi, H. (2023). Use of artificial intelligence for optimizing biosorption of textile wastewater using agricultural waste. *Environmental Technology*, *44*(1), 22–34. https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1961874

Alam, G., Ihsanullah, I., Naushad, M., & Sillanpää, M. (2022). Applications of artificial intelligence in water treatment for optimization and automation of adsorption processes: Recent advances and prospects. *Chemical Engineering Journal*, *427*, 130011. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130011

Cai, Y., Ben, T., Zaidi, A. A., Shi, Y., Zhang, K., Lin, A., & Liu, C. (2019). Effect of pH on Pollutants Removal of Ship Sewage Treatment in an Innovative Aerobic-Anaerobic Micro-Sludge MBR System. *Water, Air, & Soil Pollution*, *230*(7), 163. https://doi.org/10.1007/s11270-019-4211-0

Carreres-Prieto, D., García, J. T., Carrillo, J. M., & Vigueras-Rodríguez, A. (2023). Towards highly economical and accurate wastewater sensors by reduced parts of the LED-visible spectrum. *Science of The Total Environment*, *871*, 162082. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162082

Chahal, C., van den Akker, B., Young, F., Franco, C., Blackbeard, J., & Monis, P. (2016). *Chapter Two - Pathogen and Particle Associations in Wastewater: Significance and Implications for Treatment and Disinfection Processes* (S. Sariaslani & G. B. T.-A. in A. M. Michael Gadd (eds.); Vol. 97, pp. 63–119). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2016.08.001

Chen, Y., Yu, G., Long, Y., Teng, J., You, X., Liao, B.-Q., & Lin, H. (2019). Application of radial basis function artificial neural network to quantify interfacial energies related to membrane fouling in a membrane bioreactor. *Bioresource Technology*, *293*, 122103. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122103

Fan, C., Lv, C., Wang, Z., Wu, S., Jin, Z., Bei, K., He, S., Kong, H., Zhao, J., Zhao, M., & Zheng, X. (2022). Influence of regular addition of ore on treatment efficiency and aquatic organisms in living machine system for black water treatment. *Journal of Cleaner Production*, *341*, 130928. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130928

Iorhemen, O. T., Hamza, R. A., & Tay, J. H. (2016). Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling. In *Membranes* (Vol. 6, Issue 2). https://doi.org/10.3390/membranes6020033

Jawad, J., Hawari, A. H., & Javaid Zaidi, S. (2021). Artificial neural network modeling of wastewater treatment and desalination using membrane processes: A review. *Chemical Engineering Journal*, *419*, 129540. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129540

Jawad, J., Hawari, A. H., & Zaidi, S. (2020). Modeling of forward osmosis process using artificial neural networks (ANN) to predict the permeate flux. *Desalination*, *484*, 114427. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114427

Jawad, J., Hawari, A. H., & Zaidi, S. J. (2021). Modeling and Sensitivity Analysis of the Forward Osmosis Process to Predict Membrane Flux Using a Novel Combination of Neural Network and Response Surface Methodology Techniques. In *Membranes* (Vol. 11, Issue 1). https://doi.org/10.3390/membranes11010070

Kamali, M., Appels, L., Yu, X., Aminabhavi, T. M., & Dewil, R. (2021). Artificial intelligence as a sustainable tool in wastewater treatment using membrane bioreactors. *Chemical Engineering Journal*, *417*, 128070. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.128070

Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022). Smart Water Resource Management Using Artificial Intelligence—A Review. In *Sustainability* (Vol. 14, Issue 20). https://doi.org/10.3390/su142013384

Lee, M. W., Hong, S. H., Choi, H., Kim, J.-H., Lee, D. S., & Park, J. M. (2008). Real-time remote monitoring of small-scaled biological wastewater treatment plants by a multivariate statistical process control and neural network-based software sensors. *Process Biochemistry*, *43*(10), 1107–1113. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procbio.2008.06.002

Li, K., Duan, H., Liu, L., Qiu, R., van den Akker, B., Ni, B.-J., Chen, T., Yin, H., Yuan, Z., & Ye, L. (2022). An Integrated First Principal and Deep Learning Approach for Modeling Nitrous Oxide Emissions from Wastewater Treatment Plants. *Environmental Science & Technology*, *56*(4), 2816–2826. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c05020

Li, X., Yi, X., Liu, Z., Liu, H., Chen, T., Niu, G., Yan, B., Chen, C., Huang, M., & Ying, G. (2021). Application of novel hybrid deep leaning model for cleaner production in a paper industrial wastewater treatment system. *Journal of Cleaner Production*, *294*, 126343. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126343

Lowe, M., Qin, R., & Mao, X. (2022). A Review on Machine Learning, Artificial Intelligence, and Smart Technology in Water Treatment and Monitoring. In *Water* (Vol. 14, Issue 9). https://doi.org/10.3390/w14091384

Monday, C., Zaghloul, M. S., Krishnamurthy, D., & Achari, G. (2024). A Review of AI-Driven Control Strategies in the Activated Sludge Process with Emphasis on Aeration Control. In *Water* (Vol. 16, Issue 2). https://doi.org/10.3390/w16020305

Mustafa, H. M., Mustapha, A., Hayder, G., & Salisu, A. (2021). Applications of IoT and Artificial Intelligence in Water Quality Monitoring and Prediction: A Review. *2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 968–975. https://doi.org/10.1109/ICICT50816.2021.9358675

Nayak, M., Dhanarajan, G., Dineshkumar, R., & Sen, R. (2018). Artificial intelligence driven process optimization for cleaner production of biomass with co-valorization of wastewater and flue gas in an algal biorefinery. *Journal of Cleaner Production*, *201*, 1092–1100. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.048

Nourani, V., Elkiran, G., & Abba, S. I. (2018). Wastewater treatment plant performance analysis using artificial intelligence – an ensemble approach. *Water Science and Technology*, *78*(10), 2064–2076. https://doi.org/10.2166/wst.2018.477

Post, C., Heyden, N., Reinartz, A., Foerderer, A., Bruelisauer, S., Linnemann, V., Hug, W., & Amann, F. (2022). Possibilities of Real Time Monitoring of Micropollutants in Wastewater Using Laser-Induced Raman & Fluorescence Spectroscopy (LIRFS) and Artificial Intelligence (AI). In *Sensors* (Vol. 22, Issue 13). https://doi.org/10.3390/s22134668

Qi, J., Hou, Y., Hu, J., Ruan, W., Xiang, Y., & Wei, X. (2020). Decontamination of methylene Blue from simulated wastewater by the mesoporous rGO/Fe/Co nanohybrids: Artificial intelligence modeling and optimization. *Materials Today Communications*, *24*, 100709. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2019.100709

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Rahman, T. U., Roy, H., Islam, M. R., Tahmid, M., Fariha, A., Mazumder, A., Tasnim, N., Pervez, M. N., Cai, Y., Naddeo, V., & Islam, M. S. (2023). The Advancement in Membrane Bioreactor (MBR) Technology toward Sustainable Industrial Wastewater Management. In *Membranes* (Vol. 13, Issue 2). https://doi.org/10.3390/membranes13020181

Ray, S. S., Verma, R. K., Singh, A., Ganesapillai, M., & Kwon, Y.-N. (2023). A holistic review on how artificial intelligence has redefined water treatment and seawater desalination processes. *Desalination*, *546*, 116221. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.116221

Ren, J., Shen, W., Man, Y., & Dong, L. (2021). *Applications of artificial intelligence in process systems engineering*. Elsevier.

REN, N., YAN, X., CHEN, Z., HU, D., GONG, M., & GUO, W. (2007). Feasibility and simulation model of a pilot scale membrane bioreactor for wastewater treatment and reuse from Chinese traditional medicine. *Journal of Environmental Sciences*, *19*(2), 129–134. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1001-0742(07)60021-7

Singh, N. K., Yadav, M., Singh, V., Padhiyar, H., Kumar, V., Bhatia, S. K., & Show, P.-L. (2023). Artificial intelligence and machine learning-based monitoring and design of biological wastewater treatment systems. *Bioresource Technology*, *369*, 128486. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128486

Tomczak, W., & Gryta, M. (2022). Energy-Efficient AnMBRs Technology for Treatment of Wastewaters: A Review. In *Energies* (Vol. 15, Issue 14). https://doi.org/10.3390/en15144981

Wang, Y., Cheng, Y., Liu, H., Guo, Q., Dai, C., Zhao, M., & Liu, D. (2023). A Review on Applications of Artificial Intelligence in Wastewater Treatment. In *Sustainability* (Vol. 15, Issue 18). https://doi.org/10.3390/su151813557

Yang, Y., Kim, K.-R., Kou, R., Li, Y., Fu, J., Zhao, L., & Liu, H. (2022). Prediction of effluent quality in a wastewater treatment plant by dynamic neural network modeling. *Process Safety and Environmental Protection*, *158*, 515–524. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.12.034

Yuvaraju, M., & Deena, D. (2024). Artificial intelligence-based control for membrane bioreactor in sewage treatment. *Applied Nanoscience*, *14*(8), 943–953. https://doi.org/10.1007/s13204-024-03058-7

Zaghloul, M. S., Iorhemen, O. T., Hamza, R. A., Tay, J. H., & Achari, G. (2021). Development of an ensemble of machine learning algorithms to model aerobic granular sludge reactors. *Water Research*, *189*, 116657. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116657

Zhang, W., Tooker, N. B., & Mueller, A. V. (2020). Enabling wastewater treatment process automation: leveraging innovations in real-time sensing, data analysis, and online controls. *Environmental Science: Water Research & Technology*, *6*(11), 2973–2992. https://doi.org/10.1039/D0EW00394H

Zhang, W., Wei, S. P., Winkler, M. K. H., & Mueller, A. V. (2022). Design of a Soft Sensor for Monitoring Phosphorous Uptake in an EBPR Process. *ACS ES&T Engineering*, *2*(10), 1847–1856. https://doi.org/10.1021/acsestengg.2c00090

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

HIGH CAPACITY DEVICE DESIGN FOR TENSILE TESTING OF LARGE DIAMETER BOLTS WITHOUT SECTION THINNING

Ezgi Özdemir[1*], Dergah Uysal[2*], Onur Duman[3]

[*1]Berdan Cıvata Ar-Ge Merkezi, Mersin, Turkey.
[2] Berdan Cıvata Ar-Ge Merkezi, Mersin, Turkey.
[3] Berdan Cıvata Ar-Ge Merkezi, Mersin, Turkey.
ORCID Code:
Ezgi Özdemir 0009-0001-1541-7218
Dergah Uysal 0000-0002-9619-094X
Onur Duman 0000-0003-1899-5133

ABSTRACT

The production and quality control processes of large diameter bolts used in the fastener industry, especially in structures requiring high reliability such as dams, bridges and wind power plants (WPP), have a complex structure with many parameters that need to be considered. Metallurgical defects that may occur in the production of bolts with diameters such as M56, M80, M100 by hot forming method can lead to significant deviations in the mechanical properties of these parts. Due to the capacity limits of existing tensile testing machines, tensile tests to be applied to large diameter bolts are usually performed by thinning the specimen body according to the specimen preparation instructions. However, this method eliminates defects such as cracks that may be present on the body and may cause misleading results.

Thanks to the unique tensile testing machine developed within the scope of this project, tensile tests can be performed on large diameter bolts in full cross-section without thinning from the body. With a capacity of 750 tons, the device allows high-strength fasteners to be tested while preserving their own geometry, thus enabling more reliable detection of defects that may occur during production. With its ergonomic and compact design, this tester takes up less space and provides ease of use compared to existing tensile testers. In addition, the design and software of the device has been realized entirely with domestic resources and thus an important know-how has been gained. With the system developed as a result of this project, which will especially benefit companies operating in the fastener sector, tensile tests of large diameter fasteners, which could not be performed in Turkey before, will now be able to be performed in accordance with national standards without the need to go abroad. This makes a significant contribution to both sectoral independence and economic sustainability. The production of large diameter bolts with high strength in accordance with the standards and strength checks will be carried out safely.

Keywords: Bolts, tensile testing, quality control, metallurgical defect, test equipment design, fasteners

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AN EXAMINATION OF BOGIE SYSTEMS: DEFINITION, TYPOLOGY, AND SELECTION CRITERIA

Onur ASARKAYA [1*], Atakan AYDIN[2*]

[1*]Epsilon Solentek Raylı Sistemler A.Ş Eskişehir, Türkiye. [2*] Epsilon Solentek Raylı Sistemler A.Ş Eskişehir, Türkiye.
ORCİD Code: 0009-0000-2681-9573, 0009-0008-0985-7795

Abstract (English)

This study presents a detailed technical, structural, and functional analysis of bogie systems, which are essential components in railway vehicles. It examines their core functions, including load transfer, guidance, suspension, braking, and rail wear reduction. Bogie types are classified according to vehicle type—passenger, freight, and special-purpose—and analyzed based on turning capabilities, suspension structures, and braking systems. The study also reviews design and compliance requirements in line with European TSI WAG regulations and UIC standards. Additionally, emerging innovations such as lightweight materials, sensor integration, digital twin modeling, and sustainable practices are explored. By combining traditional engineering principles with modern technological advancements, this paper provides a comprehensive reference for both researchers and professionals, supporting improved performance, safety, and efficiency in railway transportation systems. The findings aim to inform design decisions and promote innovation in bogie system development

Keywords: Bogie systems, railway transportation, TSI WAG, suspension, braking, turning capability, structural analysis, sustainable design

BOJİ SİSTEMLERİ TANIM, TİPOLOJİ VE SEÇİM KRİTERLERİ ÜZERİNE İNCELEME

Özet

Bu çalışma, demiryolu taşımacılığında kritik bir rol üstlenen boji sistemlerini teknik, yapısal ve fonksiyonel boyutlarıyla incelemektedir. Bojilerin yük taşıma, yönlendirme, süspansiyon, frenleme ve ray koruma gibi temel işlevleri detaylı olarak analiz edilmiştir. Farklı kullanım amaçlarına göre sınıflandırılan boji tipleri (yolcu, yük ve özel hizmet vagonları için) ile dönüş kabiliyeti, fren sistemi ve süspansiyon yapıları açısından teknik varyasyonlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, Avrupa Birliği'nin TSI WAG teknik şartnameleri ve UIC standartları çerçevesinde boji seçimi, tasarımı ve uyum gereksinimleri ele alınmıştır. Yeni nesil boji sistemlerinde öne çıkan hafif malzeme kullanımı, sensör teknolojileri, dijital ikiz uygulamaları ve sürdürülebilirlik yaklaşımları da çalışmanın kapsamındadır. Bu yönüyle çalışma, hem akademik araştırmacılara hem de endüstri profesyonellerine kapsamlı bir teknik referans sunmayı amaçlamaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar Kelimeler: Boji sistemleri, demiryolu taşımacılığı, TSI WAG, süspansiyon, frenleme, dönüş kabiliyeti, yapısal analiz, sürdürülebilir tasarım

1.Giriş

Demiryolu endüstrisinde, vagonların raylar üzerinde düzenli, emniyetli ve verimli şekilde hareket etmesini sağlayan temel bileşenlerden biri boji sistemleridir. Boji, vagonun altında yer alan ve genellikle iki ya da daha fazla tekerlek aksını taşıyan, sönümleme, yönlendirme, frenleme ve yük taşıma gibi çoklu fonksiyonlara sahip yapısal bir bileşendir. Gerek yük vagonlarında gerekse yolcu vagonlarında bojinin teknik tasarımı, vagonun performansını, seyahat konforunu ve emniyetini doğrudan etkilemektedir.

Bu çalışmanın amacı, boji sistemlerinin teknik temellerini ve farklı tiplerini detaylı şekilde incelemek, seçim kriterlerini analiz etmek ve boji tasarımında etki eden faktörleri ortaya koymaktır. Aynı zamanda, Avrupa demiryolu standartları (TSI/WAG, UIC vb.) ile uyumlu tasarım gerekleri ve modern boji teknolojilerine de değinilecektir. Çalışma, hem endüstriyel tasarımcılara hem de akademik araştırmacılara referans teşkili edebilecek bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir.

Literatür Taraması

BS EN 13749:2021+A1:2023 Avrupa standardı, boji çerçevelerinin yapısal gereksinimlerini belirlemek amacıyla izlenmesi gereken yöntemleri tanımlar. Tasarım prosedürleri, değerlendirme yöntemleri, doğrulama ve üretim kalite gereksinimlerini içeren bu belge, boji çerçeveleri, destek kirişleri ve aks kutusu muhafazaları gibi yapısal bileşenlerin gereksinimlerini kapsar. Ayrıca, sönümleyici braketleri gibi işlevsel eklentileri de dikkate alır. Bu standart, boji çerçevelerinin güvenli ve dayanıklı bir şekilde tasarlanmasını sağlamak için kapsamlı bir rehber sunar. [1]

Demiryolu Taşımacılığı Derneği'nin 2021 tarihli "Yük Vagonlarında Kullanılan Boji Tipleri ve Türkiye'deki Uygulamaları" başlıklı çalışması, Türkiye'deki yük vagonlarında kullanılan boji tiplerini ve bu boji sistemlerinin yerel uygulamalarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Çalışma, farklı boji tiplerinin teknik özelliklerini, performans kriterlerini ve Türkiye'deki demiryolu taşımacılığındaki uygulama örneklerini detaylandırmaktadır. Bu çalışma, Türkiye'de yük vagonlarında yaygın olarak kullanılan boji tiplerini tanımlamakta ve bu boji sistemlerinin teknik özelliklerini, performans kriterlerini ve uygulama örneklerini detaylandırmaktadır. Ayrıca, yerli üretim boji sistemlerinin avantajları ve karşılaşılan zorluklar da incelenmiştir. [2]

Avrupa Demiryolu Ajansı tarafından yayınlanan European Union Agency for Railways (2023) WAG TSI Uygulama Kılavuzu, yük vagonlarına ilişkin teknik özelliklerin uygulanmasına dair rehberlik sağlar. Bu kılavuz, Komisyon Tüzüğü (AB) No 321/2013 ve sonraki düzenlemelerle belirlenen yük vagonları alt sistemine ilişkin teknik özelliklerin uygulanmasını kolaylaştırmayı amaçlar. Kılavuz, tasarım, değerlendirme ve sertifikasyon süreçlerinde uyulması gereken standartları ve prosedürleri

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

açıklar. Ayrıca, üreticilerin ve yetkili otoritelerin teknik spesifikasyonlara uygunluğu sağlamaları için gerekli bilgileri sunar. [4]

Avrupa Komisyonu'nun 2021 tarihli "AB Yeşil Mutabakatı ve Sürdürülebilir Ulaşım Stratejileri" başlıklı belgesi, Avrupa'nın 2050 yılına kadar iklim nötr bir kıta olma hedefi doğrultusunda ulaşım sektöründe yapılması gereken dönüşümleri ele alır. Belgede, sera gazı emisyonlarının azaltılması, temiz enerji kaynaklarının entegrasyonu, sürdürülebilir ulaşım modlarının teşviki ve altyapı yatırımları gibi stratejik öncelikler belirlenmiştir. Ayrıca, bu hedeflere ulaşmak için gerekli yasal düzenlemeler ve finansal mekanizmalar da detaylandırılmıştır. [5]

Kaya, M. ve Öztürk, A. 'nın 2022 yılında TCDD Teknik Dergi'de yayımlanan “Yerli Boji Sistemlerinde Hafifletme Yaklaşımları ve Mekanik Analizler” başlıklı makalesi, Türkiye'de geliştirilen yerli boji sistemlerinin hafifletilmesine yönelik mühendislik yaklaşımlarını ve bu sistemlerin mekanik performans analizlerini içermektedir. Makale, yerli üretim boji sistemlerinin ağırlık azaltımı, dayanıklılık ve maliyet etkinliği gibi konularda yapılan tasarım iyileştirmelerini ve bu iyileştirmelerin demiryolu taşımacılığına olan katkılarını detaylı bir şekilde incelemektedir. [7]

Liu, Y., Wang, T., & Zhai, W. ‘nin 2020 yılında yayımlanan “Dynamic performance and fatigue analysis of railway bogie frames using FEM-BEM methods” araştırması, demiryolu boji çerçevelerinin dinamik performansını ve yorgunluk analizini, Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) ve Sınır Elemanlar Yöntemi (BEM) kullanarak inceler. Çalışma, boji çerçevelerinin karmaşık yükleme koşulları altında davranışını modelleyerek, tasarım iyileştirmeleri için öneriler sunar. [8]

Özsoy, M., Pehlivan, K., Firat, M., Özsoy, N., & Uçar, V. (2015) tarafından yazılan “Structural strength and fatigue life calculation of Y32 bogie frame by finite element method” isimli makalede, Y32 boji çerçevesinin yapısal dayanımı ve yorulma ömrünün sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplanmasını ele alır. TS EN 13749 standardına göre yapılan statik yapısal ve yorulma ömrü analizleri, Y32 boji çerçevesinin tasarımının uygunluğunu ve dayanıklılığını değerlendirmiştir. Analiz sonuçları, boji çerçevesinin güvenli çalışma koşullarını sağladığını göstermiştir. [10]

Zhang, X. ve Zhao, J. 'nun 2021 yılında yayımladığı "Application of Smart Sensors in Railway Bogie Monitoring Systems" başlıklı makale, demiryolu boji sistemlerinde akıllı sensörlerin kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Makale, boji sistemlerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve bakım süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilen akıllı sensör teknolojilerini ve uygulamalarını detaylandırmaktadır. Çalışma, boji sistemlerinin dinamik davranışlarını ve yapısal sağlığını izlemek için kullanılan çeşitli sensör türlerini incelemektedir. Bunlar arasında ivmeölçerler, sıcaklık sensörleri, gerinim ölçerler ve titreşim sensörleri gibi cihazlar yer almaktadır. Makale, bu sensörlerin veri toplama, iletim ve analiz süreçlerini açıklayarak, boji sistemlerinin performansının ve güvenliğinin artırılmasına nasıl katkı sağladığını göstermektedir. [16]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Global Railway Review tarafından yayımlanan "FLEXX Eco: The Leading Lightweight Passenger Bogie Design" başlıklı makale, Bombardier tarafından geliştirilen FLEXX Eco boji tasarımının teknik özelliklerini ve avantajlarını detaylı bir şekilde ele almaktadır. Bu boji tasarımı, özellikle hafiflik, düşük bakım gereksinimi ve raylara dost yapısıyla öne çıkmaktadır. Makale, FLEXX Eco bojisinin geliştirilme sürecini ve bu süreçte karşılaşılan mühendislik zorluklarını açıklamaktadır. Boji tasarımında kullanılan yenilikçi malzemeler ve yapısal optimizasyon teknikleri sayesinde, geleneksel boji tasarımlarına kıyasla %30'a varan ağırlık tasarrufu sağlandığı belirtilmektedir. Bu ağırlık azalması, trenin toplam kütlesini azaltarak enerji tüketimini düşürmekte ve işletme maliyetlerini azaltmaktadır. [17]

ScienceDirect'te 2023 yılında yayımlanan “Structural Lightweight Components for Energy-Efficient Rail Vehicles” başlıklı makale, demiryolu araçlarında enerji verimliliğini artırmak amacıyla yapısal hafif bileşenlerin kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Makale, özellikle karbon fiber takviyeli plastik (CFRP) gibi gelişmiş kompozit malzemelerin boji çerçeveleri ve tavan yapıları gibi kritik bileşenlerde uygulanmasının, geleneksel metal yapılarına kıyasla önemli kütle azaltımları sağladığını vurgulamaktadır. Çalışma, CFRP'nin yüksek mukavemet/ağırlık oranı sayesinde, demiryolu araçlarının toplam ağırlığını azaltarak enerji tüketimini düşürdüğünü ve işletme maliyetlerini azalttığını belirtmektedir. Ayrıca, bu hafif malzemelerin kullanımı, araçların hızlanma ve yavaşlama performansını iyileştirerek yolcu konforunu artırmaktadır. [18]

MDPI tarafından 2023 yılında yayımlanan “A New Strategy for Railway Bogie Frame Designing Combining Structural–Topological Optimization and Sensitivity Analysis” başlıklı makale, demiryolu boji çerçevelerinin tasarımında yapısal-topolojik optimizasyon ile hassasiyet analizini birleştiren yeni bir strateji sunmaktadır. Bu yaklaşım, üretim maliyetlerini azaltmak ve tasarım sürecini hızlandırmak amacıyla geliştirilmiştir. Makale, demiryolu boji çerçevelerinin tasarımında üretim kısıtlamalarının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır. [19]

2. Boji Sisteminin Temel İşlevleri

Demiryolu araçlarında boji sistemleri, sadece yapısal bir taşıyıcı olmaktan öte, aracın işletme güvenliği, performansı ve yolcu/yük konforu açısından çok işlevli bir mühendislik çözümüdür. Bu bölümde, boji sistemlerinin teknik rolü ana fonksiyonları çerçevesinde ele alınmıştır.

Yük Aktarımı ve Taşıma Kabiliyeti:

Bojiler, vagon gövdesinden gelen statik ve dinamik yükleri raylara homojen bir şekilde aktaran yapılar olarak görev yapar. Tekerlek çapı, aks mesafesi ve boji çerçevesinin geometrisi gibi unsurlar; taşıma kapasitesini, ağırlık dağılımını ve dingil yükünü doğrudan etkiler. Bu özellikler, hem vagonun taşıma performansını hem de ray altyapısının ömrünü belirleyici niteliktedir.

Yönlendirme ve Hat Takibi:

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Boji sistemleri, vagonun ray üzerinde dengeli ve hizalı kalmasını sağlar. Dönme kabiliyetine sahip sistemlerde döner tabla mekanizmaları; virajlarda yatay kuvvetlerin dengelenmesini ve raylara uyumu kolaylaştırır. Rijit veya sabit bojiler, düz hat performansı açısından avantaj sunarken; kıvrımlı hatlarda dönüş zorlaşabilir ve ray aşınması artabilir.

Süspansiyon ve Titreşim Sönümleme:

Konfor, güvenlik ve araç bileşenlerinin korunması açısından süspansiyon sistemleri kritik bir rol oynar. Birincil süspansiyon sistemi (aks ile boji şasisi arasında) genellikle helezon yay ve kauçuk bloklardan oluşurken; ikincil süspansiyon sistemi (boji ile vagon gövdesi arasında) hava yastıkları ve hidrolik amortisörler içerir. Bu sistemler, raylardan gelen titreşimleri ve darbeleri minimize eder.

Frenleme Entegrasyonu:

Boji sistemleri, frenleme kuvvetlerinin düzgün ve dengeli bir şekilde raylara aktarılmasını sağlayacak şekilde tasarlanır. Klasik kampanalı, disk frenli veya kompakt frenli yapıların entegre edilebildiği bu sistemler, frenleme esnasında oluşan ısıyı ve kuvvetleri absorbe ederek hem emniyet seviyesini artırır hem de parça ömrünü uzatır.

Ray ve Tekerlek Aşınmasının Azaltılması:

Boji geometrisi, ağırlık merkezi dağılımı, dönme direnci ve yanal kuvvet yönetimi gibi faktörler, ray ve tekerlek aşınmasının doğrudan belirleyicisidir. Uygun açılanma ve tekerlek profili ile uyumlu boji tasarımları, altyapı bakım maliyetlerini düşürür ve işletme sürekliliğini artırır.

Sistem Entegrasyonu ve Uyumluluk:

Modern bojiler, vagonun diğer sistemleriyle (elektrik, sensör, fren kontrol sistemleri vb.) entegre çalışacak şekilde tasarlanır. Özellikle yeni nesil trenlerde, boji sistemlerine entegre edilen sensörler sayesinde durum izleme ve kestirimci bakım uygulamaları da gerçekleştirilir.

Bu kapsamda, boji sistemleri sadece yük taşıyan pasif yapılar değil; bir demiryolu aracının dinamik davranışlarını yöneten, altyapı dostu, emniyet artırıcı ve konfor sağlayıcı aktif mühendislik çözümleri olarak değerlendirilmelidir.

3. Boji Tipleri ve Sınıflandırmalar

Boji sistemleri, kullanım amaçlarına, yapısal özelliklerine ve fonksiyonel yetkinliklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar, boji seçimi ve tasarımında belirleyici unsurlardır.

3.1. Aks Sayısına Göre Bojiler

Bojiler, demiryolu aracının şasi sisteminin bir parçası olarak, raylar üzerinde dengenin ve hareketin sağlanmasında kritik bir rol oynar. Bojilerin tasarımında dikkate alınan en önemli faktörlerden biri, üzerinde taşıdığı aks sayısıdır. Aks sayısı, hem bojiye yüklenebilecek maksimum yük miktarını hem de aracın dönüş kabiliyetini ve sürüş konforunu etkiler.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tek Akslı Bojiler: Tek akslı bojiler genellikle hafif yükler için tercih edilir. Bu tip bojiler, kompakt yapıları sayesinde dar alanlarda manevra kabiliyetine sahiptir ancak sınırlı yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Daha çok hafif raylı sistemlerde, tramvaylarda ve bazı özel hizmet aracılarında kullanılır.

Çift Akslı Bojiler: En yaygın boji tipi olan çift akslı bojiler, düzenli bir ağırlık dağılımı sağlar ve hem yolcu hem de yük trenlerinde genellikle tercih edilir. Bu bojiler, dört tekerleğinin sağladığı dengenin yanı sıra, sürüş sırasındaki konforu da arttırır.

Üç Akslı Bojiler: Ağır hizmetler ve özellikle uzun mesafeli yük trenleri için tercih edilen üç akslı bojiler, daha fazla yük taşıma kapasitesine sahiptir. Ancak, bu bojilerin yapısı daha karmaşık olup, dönüş kabiliyetleri daha düşüktür. Bu nedenle, genellikle uzun ve düz hatlarda kullanılır.

Sonuç olarak, bir boji sisteminin aks sayısı, kullanım amacına ve aracın tasarım gereksinimlerine göre dikkatle seçilmelidir. Bu seçim, aracın performansını ve yolcuların konforunu doğrudan etkiler.

3.2. Kullanım Amacına Göre Bojiler

Bojilerin tasarım ve yapısal özellikleri, kullanıldıkları aracın amacına göre önemli ölçüde değişiklik gösterir. Kullanım amacına göre bojiler, genellikle yolcu taşımacılığı, yük taşımacılığı ve özel hizmetler olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir.

3.2.1 Yolcu Taşımacılığına Yönelik Bojiler:

Yolcu taşımacılığına uygun bojiler, konfor, güvenlik ve düşük bakım ihtiyacı göz önüne alınarak tasarlanır. Bu bojilerde genellikle gelişmiş birincil ve ikincil süspansiyon sistemleri, hafif ama dayanıklı malzemeler (örneğin kaynaklı çelik veya alaşımlı yapılar) ve ses-titreşim azaltıcı teknolojiler bulunur. Ayrıca yolcu trenlerinde dönüş kabiliyeti yüksek, kurp geçişlerini yumuşatan yapılar tercih edilir.

Türkiye'de Kullanım:

Türkiye'de yolcu vagonlarında genellikle *Y32 tipi bojiler* kullanılmaktadır. Bu tip, 1435 mm standart hat açıklığına sahip konvansiyonel demiryolu hatlarında, 160 km/saat'e kadar hızlar için uygundur. Y32 bojiler, birincil süspansiyonda helezon yaylar, ikincil süspansiyonda hava yastıkları ve dikey sönümleyiciler ile donatılır. TCDD Taşımacılık'a ait birçok şehirlerarası ve bölgesel tren setinde bu boji tipi yer almaktadır.

Avrupa'da Kullanım:

Avrupa'da da benzer şekilde konvansiyonel yolcu trenlerinde *Y27, Y32, GP200* gibi teknik kodlarla anılan boji tipleri tercih edilmektedir. Yüksek hızlı trenlerde ise genellikle özel olarak tasarlanmış, üreticiye özel isimlendirilmiş bojiler bulunur; ancak bu bojilerin genel özellikleri arasında yüksek stabilite, aktif süspansiyon sistemleri ve aerodinamik tasarım sayılabilir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Özellikler ve Tercih Sebepleri:

Bu boji türlerinin tercih edilme nedenleri arasında:

- Yüksek yolcu konforu sağlaması
- Titreşim ve gürültü seviyesinin düşük olması
- Kolay bakım ve uzun ömürlü yapı
- Dönüş kabiliyeti ve güvenli frenleme sistemleri bulunması yer alır.

3.2.2 Yük Taşımacılığına Yönelik Bojiler:

Yük taşımacılığı için tasarlanan bojiler, yüksek taşıma kapasitesi, dayanıklılık ve düşük bakım maliyeti odaklı olarak geliştirilir. Bu bojiler genellikle yolcu taşımacılığına yönelik bojilere göre daha sade süspansiyon sistemlerine sahip olup, darbelere ve ağır yüklere dayanıklı bir yapıda üretilir.

Türkiye'de Kullanım:

Türkiye'de yük vagonlarında en yaygın olarak kullanılan boji tipi *Y25*'tir. Bu tip boji, 22.5 ton aks yükü kapasitesine sahiptir ve 100–120 km/s hız aralığında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Kaynaklı kutu tip çerçeve yapısı, helezon yaylı birincil süspansiyon sistemi ve sürtünme tipi sönümleme ile donatılmıştır. TÜRASAŞ ve diğer yerli üreticiler bu boji tipini yerli imkanlarla üretmektedir.

Avrupa'da Kullanım:

Avrupa'da da yük taşımacılığı için en yaygın kullanılan boji türü *Y25*'tir. Bu tip boji, özellikle dayanıklılığı, modüler yapısı ve bakım kolaylığı ile tercih edilmektedir. Avrupa demiryolu altyapısı ile uyumluluğu sayesinde birçok ülkede standart haline gelmiştir. Ayrıca bazı özel taşımacılık türlerinde *Y21, Y33* gibi varyantlar da kullanılmaktadır.

Özellikler ve Tercih Sebepleri:

- Yüksek aks yükü taşıma kapasitesi (22.5 ton ve üzeri)
- Basit ancak etkili süspansiyon sistemi (helezon yay + sürtünme sönümleyici)
- Ağır hizmet koşullarına dayanıklı yapı
- Düşük bakım maliyeti ve kolay yedek parça temini
- UIC (Uluslararası Demiryolu Birliği) standartlarına tam uyum

Bu özellikleri sayesinde yük taşımacılığı için üretilen bojiler, özellikle uzun ömürlü, sağlam ve ekonomik çözümler sunar. Yük vagonları için boji seçimi yapılırken taşıma kapasitesi, hız sınırları ve hat şartları dikkate alınarak karar verilir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.2.3 Özel Hizmet Bojileri:

Özel hizmet amaçlı demiryolu araçlarında kullanılan bojiler, görevine özgü teknik gereklilikler doğrultusunda özelleştirilmiş yapılardır. Bu bojiler, genellikle standart yolcu veya yük vagonlarında kullanılan tiplerden farklıdır; çünkü görevleri yangın söndürme, ray ölçüm, bakım, kurtarma ya da hizmet trafiği gibi özel operasyonlara yöneliktir.

Türkiye'de Kullanım:

Türkiye'de TCDD ve TÜRASAŞ iş birliğiyle geliştirilen özel hizmet araçlarında çoğunlukla *modifiye edilmiş Y25* veya *hafif Y32* tipi bojiler tercih edilmektedir. Bu bojiler, taşıdıkları ekipmanlara (örneğin jeneratörler, vinçler veya tanklar) göre güçlendirilmiş şasi ve farklı aks yükü konfigürasyonlarına sahip olabilir. Ray bakım araçlarında ise daha kısa dingil aralıklı ve yüksek manevra kabiliyetine sahip kompakt bojiler kullanılmaktadır.

Avrupa'da Kullanım:

Avrupa'da özel hizmet araçlarında yaygın olarak *UIC tip onaylı çok amaçlı bojiler* kullanılır. Özellikle ölçüm ve bakım trenlerinde düşük hızda, hassas pozisyonlama gerektiren operasyonlar için *hidrolik sönümlemeli ve kısa tabanlı* bojiler tercih edilmektedir. Ayrıca *Jacobs tipi bojiler*, bazı çok modüllü özel araçlarda iki vagon arasında maliyet ve ağırlık tasarrufu sağlamak için kullanılabilir.

Özellikler ve Tercih Sebepleri:

- Göreve özel ekipman montajına uygun geniş şasi yapısı
- Değişken aks yükü ve hız ihtiyaçlarına göre modüler yapı
- Kısa kurplarda çalışmaya elverişli tasarım (bakım ve kurtarma trenleri için)
- Titreşim azaltıcı ve yalıtımlı sistemler (ölçüm araçlarında hassasiyet için)
- UIC ve EN normlarına uygunluk

Bu bojilerde tasarım esnekliği ön plandadır; çünkü her özel hizmet aracı farklı bir görev üstlenir. Bu nedenle, boji tasarımları çoğu zaman proje bazlı özelleştirilir ve operasyonel ihtiyaçlara göre şekillendirilir.

3.3. Dönüş Kabiliyetine Göre Bojiler

Demiryolu taşıtlarının ray üzerindeki hareketliliği ve manevra kabiliyeti, boji sistemlerinin dönüş özellikleriyle yakından ilişkilidir. Dönüş kabiliyeti, boji tasarımında kullanılan eklemler, yataklama sistemleri ve tekerlek yapısı gibi unsurlarla belirlenir.

Sabit Bojiler: Sabit bojiler, dönme kabiliyeti olmayan veya sınırlı olan sistemlerdir. Bu tip bojiler daha basit bir yapıya sahiptir ancak keskin dönüşlerde ray aşınmasına ve tekerlek yıpranmasına yol açabilir. Düz hatlarda verimlidir ancak kıvrımlı hatlarda kullanımı sınırlıdır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Dönebilir Bojiler: Dönme kabiliyetine sahip bojiler, özellikle yolcu trenlerinde ve dar döneme çapına sahip hatlarda kullanılır. Bu sistemler, boji üzerine entegre edilen pivot mekanizmaları sayesinde ray çaplarına uyum sağlar. Bu da hem konforu artırır hem de sistemdeki aşınmaları azaltır.

Kendinden Yönlendirilen Bojiler: Gelişmiş sistemlere sahip bu bojiler, hızlı tren teknolojilerinde sıkıca kullanılır. Tekerleklerin ve aksların ray çapına kendiliğinden uyum sağlamasına olanak tanır. Bu sayede hem rayların ömrü uzar hem de yolculuk esnasında gürültü ve titreşim minimuma iner.

Boji dönüş kabiliyetinin uygun şekilde seçilmesi, hem altyapıyı korumak hem de aracın genel performansını arttırmak adına çok önemlidir.

3.4. Fren Sistemine Göre Boji Tipleri

Fren sistemleri, boji tasarımının emniyet ve performans açısından en kritik unsurlarından biridir. Frenleme teknolojisine göre bojiler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

Klasik (Kampanalı) Frenli Bojiler: Bu sistemlerde frenleme, kampana ve balata mekanizmasıyla sağlanır. Genellikle yük vagonlarında tercih edilir. Dayanıklı ve düşük maliyetli olmalarının yanı sıra, bakımı kolaydır. Ancak, frenleme performansı disk frenlere göre daha düşüktür.

Disk Frenli Bojiler: Modern yolcu trenlerinde sıkça kullanılan bu sistemde, tekerleklere entegre diskler üzerine baskı uygulanarak frenleme sağlanır. Yüksek frenleme gücü, sessiz çalışma ve daha az aşınma gibi avantajlar sunar.

Kompakt Frenli Bojiler: Özellikle sınırlı alanlara sahip trenlerde tercih edilen bu sistemler, fren diski, balata ve mekanizmanın tek bir modülde birleştirildiği yapılardır. Hem yer tasarrufu sağlar hem de bakım kolaylığı sunar. Yeni nesil banliyö trenleri ve hafif raylı sistemlerde yaygındır.

Her fren sistemi tipi, kullanım amacı, hız ve frenleme ihtiyacı gibi faktörler doğrultusunda dikkatle seçilmelidir.

3.5. Süpansiyon Sistemine Göre Bojiler

Süpansiyon sistemleri, boji tasarımının konfor, denge ve yol tutuş açısından en önemli bileşenlerinden biridir. Raylardaki düzensizliklerin ve titreşimlerin emilmesini sağlayarak yolcu konforunu arttıran bu sistemler, genel olarak iki ana kategoriye ayrılır:

Birincil Süpansiyon Sistemleri: Boji şasisi ile aks arasında yer alır. Genellikle kauçuk bloklar, helezon yaylar veya metal yaylar kullanılır. Bu sistemler, tekerlekten gelen darbelerin ilk olarak emilmesini sağlar.

İkincil Süpansiyon Sistemleri: Boji ile vagon gövdesi arasına yerleştirilen bu sistemler, yolcu konforunu daha üst seviyeye taşır. Havalı yastıklar (air spring) ve sıvı süpansiyon sistemleri bu kategoride yer alır. İkincil süpansiyon sistemleri daha hassas düzenlemeler sunarak titreşimi ve gürültü seviyesini azaltır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Süpansiyon seçimi, trenin tasarım hızı, hat yapısı ve hizmet tipi gibi faktörler göz önüne alınarak belirlenmelidir.

4. Boji Seçim Kriterleri

Boji tasarımı ve seçimi, sadece yük kapasitesi ya da üretim maliyetiyle sınırlı bir karar değil, çok sayıda teknik, ekonomik ve operasyonel faktörü kapsayan stratejik bir tercihtir. Aşağıda bu kriterler ana başlıklar halinde sunulmuştur:

4.1. Taşıma Kapasitesi ve Yük Profili

Boji, vagonun taşıyacağı toplam yük ve bu yüklerin dağılım özelliklerine uygun olmalıdır. Yüksek dingil basıncı gerektiren uygulamalar için 3 akslı ya da ağır hizmet tipi boji sistemleri tercih edilir.

4.2. Kullanım Amacı

Yolcu vagonlarında konfor ve sarsıntı kontrolü ön plandayken, yük vagonlarında dayanıklılık ve yük kapasitesi öne çıkar. Soğutmalı vagonlar, tehlikeli madde tankları veya çok eksenli platformlar farklı boji ihtiyaçları doğurur.

4.3. Hat Geometrisi ve Ray Koşulları

Rayların yarıçap, eğim ve altyapı kalitesi gibi karakteristikleri, boji sisteminin manevra yeteneğini ve tasarım özelliklerini etkiler. Dar yarıçaplı hatlarda döner tabla sistemli bojiler tercih edilmelidir.

4.4. Operasyonel Hız ve Frenleme Gereksinimleri

Yüksek hız gereksinimi, boji stabilitesini ve dinamik davranış performansını ön plana çıkarır. Aynı zamanda etkin bir frenleme sistemi gerektirir. Bu durumda disk frenli ya da kompakt fren sistemleri tercih edilir.

4.5. Standartlar ve Yasal Uyum

Boji tasarımları, UIC kartları, EN 13749 standardı ve Avrupa Demiryolu Ajansı tarafından belirlenen TSI (Technical Specification for Interoperability) şartlarına uyumlu olmalıdır. Uyum, hem yasal izinler hem de pazar erişimi açısından kritik önem taşır.

4.6. Bakım Kolaylığı ve Yedek Parça Temini

İşletme ömrü boyunca en az maliyetle ve en az arıza süresiyle çalışması beklenen boji sistemlerinde, standart parça kullanımı, modüler yapı ve kolay erişilebilirlik önemlidir.

4.7. Tedarik ve Lojistik Faktörler

Boji temininde teslimat süreleri, lojistik maliyetler ve yerli/ithal içerik oranı gibi tedarik zinciri faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yerli üretim boji tercihleri, yedek parça tedariği ve teknik servis avantajları sağlayabilir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bu kriterlerin birbirleriyle çakışan öncelikleri olabilir. Bu nedenle sistematik karar verme yöntemleri (AHP, QFD, maliyet-performans analizleri vb.) kullanılarak optimum boji seçimi sağlanmalıdır.

5. Etki Eden Teknik ve Çevresel Faktörler

Boji tasarım ve uygulamaları, yalnızca vagon özelliklerinden değil, aynı zamanda çevresel, altyapısal ve operasyonel faktörlerden de etkilenir. Bu faktörler, performans, dayanıklılık, uyumluluk ve çevresel etki açısından kritik belirleyicilerdir.

5.1. Dingil Yükü ve Ağırlık Sınırları

Raylı sistemlerde belirli hatlar için izin verilen maksimum dingil yükü değerleri vardır. Boji tasarımı bu sınırlara uygun olacak şekilde planlanmalı, ağırlık dağılımı homojen olarak gerçekleştirilmelidir.

5.2. Hat Koşulları ve Yüzey Kalitesi

Ray bozulmaları, zemin oturmaları, çakıl kalitesi ve hat geometrisi, boji performansını etkileyen altyapısal faktörlerdir. Dar yarıçaplar, sık eğim değişimleri ve çok aksiyel yüklenmeleri tasarımda dikkate alınmalıdır.

5.3. İklim ve Hava Koşulları

Soğuk iklimlerde fren sistemlerinin buzlanması, sıcak iklimlerde ise genleşme ve malzeme yorgunluğu gibi durumlar tasarımda dikkate alınmalıdır. Sıcaklık aralıklarına uygun elastomer ve metal seçimi kritik öneme sahiptir.

5.4. Titreşim, Ses ve Konfor

Boji sistemlerinin neden olduğu titreşim ve gürültü düzeyleri, hem yolcu konforunu hem de çevresel etkiyi belirler. Bu faktörler, özellikle şehir içi taşımacılıkta sıkı düzenlemelere tabi olabilir.

5.5. Süreklilik ve İşletme Koşulları

Boji sistemlerinin sürekli ve zorlayıcı şartlarda çalışması beklenir. Bu nedenle yorulma dayanımı, periyodik bakım gereklilikleri ve dayanıklılık ölçütleri (EN 13749 gibi) tasarımda temel alınmalıdır.

5.6. Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etki

Modern boji tasarımlarında karbon ayak izi, gürültü emisyonu, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı gibi sürdürülebilirlik kriterleri giderek önem kazanmaktadır. Avrupa Birliği yeşil mutabakat hedefleri, çevreci boji tasarımlarını teşvik etmektedir.

Bu faktörlerin entegre şekilde değerlendirilmesi, sadece teknik uyumluluğu değil, aynı zamanda uzun dönemli işletme avantajlarını da beraberinde getirecektir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

6. Yeni Nesil Boji Gelişimleri

Demiryolu sektöründeki teknolojik yenilikler, boji sistemlerinde de önemli ilerlemelere yol açmıştır. Malzeme bilimi, elektronik izleme sistemleri, mekatronik uygulamalar ve sürdürülebilirlik yaklaşımları, yeni nesil boji tasarımlarının çehresini değiştirmektedir.

6.1. Hafifletilmiş Malzemeler ve Kompozit Uygulamalar

Geleneksel çelik yapıların yerini, daha hafif ve dayanıklı alüminyum alaşımları, karbon fiber takviyeli plastikler (CFRP) ve hibrit kompozitler almaya başlamıştır. Bu değişim, hem enerji verimliliği sağlamakta hem de ray aşınmasını azaltmaktadır.

6.2. Akıllı Sensör Sistemleri ve Durum Tabanlı Bakım

Yeni boji sistemlerinde ivme ölçer, gerilme sensörü, sıcaklık ve vibrasyon izleyicileri gibi çeşitli sensörler entegre edilmektedir. Bu sayede anlık durum izleme ve kestirimci bakım uygulamaları mümkün olmaktadır. Arıza öncesi uyarı sistemleri, işletme sürekliliğini arttırmaktadır.

6.3. Entegre Fren Kontrol ve Süpansiyon Sistemleri

Gelişmiş kompakt fren modülleri ve elektro-pnömatik frenleme sistemleri ile daha hassas fren dağılımı sağlanmakta, yolcu konforu ve emniyet seviyesi yükselmektedir. Aktif süpansiyon sistemleri ise dinamik yol şartlarına uyum sağlayarak sarsıntıyı minimize etmektedir.

6.4. Modüler ve Platform Tabanlı Tasarım

Yeni boji konseptleri, farklı vagon türlerine uyarlanabilir modüler üzerinden geliştirilmektedir. Bu modüler, hem üretim hem de bakım açısından maliyet avantajı sağlamakta; ayrıca yedek parça standardizasyonuna katkı sunmaktadır.

6.5. Dijital İkiz ve Simülasyon Teknolojileri

Boji sistemlerinin sanal ortamlarda modellenmesi ile yorulma analizleri, dinamik testler ve malzeme davranış öngörüleri yapılabilmektedir. Bu sayede, prototip süreci kısaltılmakta ve daha öngörülebilir tasarım süreçleri geliştirilmektedir.

Yeni nesil boji sistemleri, yalnızca performans artışı değil, aynı zamanda çevresel ve ekonomik açıdan da sürekli iyileşme potansiyeli taşımaktadır. Bu gelişimler, sektörde rekabet avantajı sağlayan stratejik yatırım alanlarını oluşturmaktadır.

7. Tartışma

Bu çalışmada boji sistemlerinin teknik ve işlevsel yönleri detaylı şekilde ele alınmış; taşıma kapasitesinden süspansiyon sistemlerine, frenleme performansından dönüş kabiliyetine kadar birçok unsur sistematik olarak değerlendirilmiştir. Ancak bu bulguların sektörel bağlamdaki etkilerini irdelemek, çalışmanın katkılarını daha anlamlı kılmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Öncelikle, Avrupa Birliği'nin TSI WAG teknik şartnameleri ve UIC standartları doğrultusunda yapılan boji tasarımları, uluslararası uyumluluk ve emniyet açısından büyük önem arz etmektedir. Ancak, bu standartlara tam uyum sağlanırken, Türkiye gibi iklim, altyapı ve operasyon koşulları farklılık gösteren ülkelerde yerel ihtiyaçlara cevap verebilecek esnek tasarım çözümlerinin geliştirilmesi zorunludur. Yerli üretim girişimleri bu açıdan hem teknik hem stratejik bir değer taşımaktadır.

Yüksek hız, ağır yük veya kıvrımlı hat gibi farklı koşullarda hizmet verecek vagonlara uygun boji seçiminde malzeme kalitesi, ağırlık yönetimi ve sistem entegrasyonu ön plana çıkmaktadır. Bu noktada, hafifletilmiş yapılar (alüminyum alaşımları, CFRP kompozitler) enerji verimliliği ve ray aşınmasının azaltılması bakımından avantajlar sunarken; bu malzemelerin maliyeti, temini ve bakım süreçlerine etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmada ele alınan sensör tabanlı durum izleme ve dijital ikiz uygulamaları, boji sistemlerinin geleneksel mekanik yapıdan akıllı altyapıya dönüşümünde temel rol oynamaktadır. Bu teknolojilerin sağladığı kestirimci bakım ve gerçek zamanlı izleme yetkinlikleri, tren işletmelerinde süreklilik, güvenlik ve maliyet avantajı sağlamaktadır. Ancak, bu dönüşüm için veri güvenliği, sistem uyumluluğu ve personel yetkinliği gibi konular da titizlikle planlanmalıdır.

Boji üretiminde yerli teknolojilerin geliştirilmesi, sadece ekonomik bir avantaj değil, aynı zamanda stratejik bir bağımsızlık aracı olarak değerlendirilmelidir. TÜRASAŞ ve benzeri kurumların Y25 ve Y32 tipi bojilerde elde ettiği yerli üretim başarısı, hem ithalat bağımlılığını azaltmakta hem de yerli sanayinin uluslararası rekabet gücünü artırmaktadır. Bununla birlikte, bu ürünlerin uluslararası sertifikasyon süreçlerini başarıyla tamamlaması ve sürekli kalite iyileştirmeleriyle desteklenmesi kritik önemdedir.

Bu çalışma, boji sistemlerinin tasarımı ve uygulamasına dair güncel teknolojilerle bütünleşik bir bakış açısı sunmakta ve gelecekteki araştırmalar için çeşitli öneriler ortaya koymaktadır. Bunlar arasında modüler tasarım yaklaşımları, akıllı bakım sistemleri, enerji geri kazanımı, ileri malzeme teknolojilerinin entegrasyonu ve yapay zeka destekli optimizasyon modelleri öne çıkmaktadır. Bu tür inovasyonlar, hem işletme maliyetlerini düşürmekte hem de emniyet ve çevresel etki parametrelerinde önemli iyileştirmeler sağlamaktadır.

Sonuç olarak, boji sistemlerinin yalnızca yapısal bir bileşen değil, raylı sistem performansını doğrudan etkileyen stratejik bir unsur olduğu bir kez daha ortaya konmuştur. Bu bağlamda, akademik çalışmaların sektörle daha yakın iş birliği içinde sürdürülmesi, ülke çapında daha güçlü ve sürdürülebilir demiryolu sistemlerinin geliştirilmesine katkı sunacaktır.

8. Sonuç ve Değerlendirme (Conclusion)

Boji sistemleri, demiryolu araçlarının performansı, güvenliği ve konforu üzerinde doğrudan etkili olan çok işlevli mühendislik bileşenleridir. Bu çalışmada, bojilerin sadece yük taşıyan elemanlar olmadığı;

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

aynı zamanda yönlendirme, titreşim sönümleme, frenleme ve ray dostu yapı sağlama gibi bir dizi kritik fonksiyonu eş zamanlı yerine getiren entegre sistemler olduğu ortaya konmuştur. Boji sistemlerinin teknik ve yapısal detaylarının doğru anlaşılması, vagonların hem işletme güvenliğini hem de yolcu veya yük taşıma verimliliğini doğrudan etkileyen bir unsurdur.

Çalışmanın tipoloji bölümleri, boji tasarımının ne kadar çok yönlü bir mühendislik yaklaşımı gerektirdiğini göstermektedir. Aks sayısından fren sistemine, süspansiyon yapılandırmasından dönüş kabiliyetine kadar her sınıflandırma, belirli operasyonel ihtiyaçlara yanıt veren optimize edilmiş çözümleri temsil eder. Özellikle yolcu taşımacılığında konfor, sessizlik ve manevra kabiliyeti öne çıkarken; yük taşımacılığında dayanıklılık, modülerlik ve düşük bakım maliyeti gibi kriterler ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, boji seçimi salt bir teknik karar değil; operasyonel, ekonomik ve kullanıcı deneyimiyle ilişkili çok kriterli bir tercihtir.

Avrupa Birliği'nin TSI WAG gibi standartları, boji sistemlerinin sadece ulusal değil, uluslararası düzeyde uyumlu olmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de bu alanda yapılan yerli üretim girişimleri, yalnızca teknik yeterliliği değil; aynı zamanda dışa bağımlılığı azaltma, lojistik esnekliği artırma ve sürdürülebilir üretim modellerini teşvik etme açısından da stratejik önem taşımaktadır. Yerli firmaların geliştirdiği yeni nesil boji tipleri, Avrupa ile uyumlu bir raylı sistem altyapısı oluşturulmasına katkı sunmaktadır.

Geleceğe dönük olarak, malzeme teknolojilerindeki gelişmeler, sensör destekli izleme sistemleri ve dijital ikiz uygulamaları, boji sistemlerinin sadece mekanik bir yapı olmaktan çıkıp, akıllı ve öngörülebilir sistemlere dönüşeceğini göstermektedir. Bu dönüşüm, hem bakım planlaması hem de güvenlik standartlarının yükseltilmesi açısından devrim niteliği taşımaktadır. Ayrıca karbon ayak izi, gürültü salınımı ve geri dönüştürülebilirlik gibi çevresel kriterler de artık boji tasarımının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Sonuç olarak, boji sistemleri üzerine yapılan bu kapsamlı inceleme; mühendislik, operasyon ve sürdürülebilirlik boyutlarını bir araya getiren çok disiplinli bir çerçeve sunmaktadır. Sektör profesyonelleri ve araştırmacılar için, boji tasarım ve seçiminin yalnızca teknik değil, stratejik bir karar süreci olduğu açıkça ortaya konmuştur. Demiryolu sistemlerinin verimliliği, güvenliği ve çevreye duyarlılığı, büyük ölçüde doğru tasarlanmış ve entegre edilmiş boji çözümlerine bağlıdır.

9. Kısaltmalar

- **TSI**: Technical Specifications for Interoperability (Karşılıklı İşletilebilirlik Teknik Şartnameleri)
- **WAG**: Freight Wagons (Yük Vagonları)
- **UIC**: Union Internationale des Chemins de fer (Uluslararası Demiryolu Birliği)
- **EN**: European Norm (Avrupa Standardı)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- **CFRP**: Carbon Fiber Reinforced Plastic (Karbon Fiber Takviyeli Plastik)
- **FEM**: Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Yöntemi)
- **BEM**: Boundary Element Method (Sınır Elemanlar Yöntemi)
- **TCDD**: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
- **TÜRASAŞ**: Türkiye Raylı Sistem Araçları Sanayii A.Ş.
- **Y25/Y32**: UIC tarafından tanımlanan standart boji tipleri
- **RF**: Radio Frequency (Radyo Frekansı)

10. Kaynakça

BSI Group. (2023). BS EN 13749:2021+A1:2023 Railway applications – Wheelsets and bogies – Method of specifying the structural requirements of bogie frames. https://www.en-standard.eu

Demiryolu Taşımacılığı Derneği. (2021). Yük Vagonlarında Kullanılan Boji Tipleri ve Türkiye'deki Uygulamaları.

East Railway Co., Ltd. (n.d.). Railway UIC Standard Type Y25 Bogie for Different Freight Wagon. https://eastrailway.en.made-in-china.com

ERA – European Union Agency for Railways. (2023). WAG TSI Application Guide. https://www.era.europa.eu

European Commission. (2021). EU Green Deal and Sustainable Transport Strategies.

European Committee for Standardization. (2020). EN 15085-2: Railway applications – Welding of railway vehicles and components – Part 2: Quality requirements and certification of welding manufacturer.

Kaya, M., & Öztürk, A. (2022). Yerli Boji Sistemlerinde Hafifletme Yaklaşımları ve Mekanik Analizler. TCDD Teknik Dergi, 8(2), 112–129.

Liu, Y., Wang, T., & Zhai, W. (2020). Dynamic performance and fatigue analysis of railway bogie frames using FEM-BEM methods. Journal of Rail and Rapid Transit, 234(3), 315–328.

NYMWAG. (n.d.). Bogies – Y25 Lsd Bogie. https://www.nymwag.cz/en/products/bogies/

Özsoy, M., Pehlivan, K., Firat, M., Özsoy, N., & Uçar, V. (2015). Structural strength and fatigue life calculation of Y32 bogie frame by finite element method. Acta Physica Polonica A, 128(B), B-327.

Railway Spare Parts. (n.d.). Railroad Coach Bogie Y32 Bogie 160 km/h Railway Bogie, Wheel Set Bogie Wagon for Railroad Freight Car. https://www.railwayspare-parts.com

Rail Target. (n.d.). Technical Parameters of Railway Vehicles: Legendary Y25 Bogie. https://www.railtarget.eu

UIC – International Union of Railways. (2019). Leaflets 510, 520, 522 and 530: Freight Wagon Design and Running Gear. https://uic.org

UIC. (n.d.). Y25 Type – UIC Railway Publications. https://shop.uic.org/en/127-y25-type

XMPro. (n.d.). Bogie Health Monitoring in the Rail Industry. https://xmpro.com

Zhang, X., & Zhao, J. (2021). Application of smart sensors in railway bogie monitoring systems. International Journal of Railway Technology, 10(1), 45–60.

Global Railway Review. (n.d.). FLEXX Eco: The leading lightweight passenger bogie design. https://www.globalrailwayreview.com/article/74693

ScienceDirect. (2023). Structural lightweight components for energy-efficient rail vehicles. https://www.sciencedirect.com

MDPI. (2023). A New Strategy for Railway Bogie Frame Designing Combining Structural–Topological Optimization and Sensitivity Analysis. https://www.mdpi.com/2624-8921/6/2/30

Railway-News. (n.d.). Smart Sensor Systems for a Strong Railway Infrastructure. https://railway-news.com

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DESIGN AND OPTIMISATION OF FEEDERS USED IN CASTING

Merve KOPARAN[1], Hande BİRENGEL ZİLE[2], Veysel DURAK[3]

[1]Erkunt Industrial Inc., Research and Development Centre Directorate, Ankara/Turkey
[2]Erkunt Industrial Inc., Research and Development Centre Directorate, Ankara/Turkey
[3]Erkunt Industrial Inc., Research and Development Centre Directorate, Ankara/Turkey
ORCID Code: 0000-0003-2204-7689
ORCID Code: 0009-0003-0325-6343
ORCID Code: 0009-0001-2352-8188

ABSTRACT

The increasing demand for quality in casting necessitates the technological advancement of methods, which in turn makes research imperative. During casting, there must be sufficient liquid metal in the system to fill the voids that will occur as a result of the volumetric shrinkage of the solidifying metal. The feeding of the casting, which is the supply of liquid metal from a source to fill the voids created by volumetric shrinkage, is also called the feeder [1]. Feeders used in the casting industry affect casting quality, performance and cost. The use of feeders is necessary to eliminate defects that may occur between grains and branches as a result of shrinkage during solidification, especially when solidification and feeding mechanisms are considered together during casting. For the feeder to perform its function, the feeder production materials and feeder design principles must be appropriate [2]. The molten metal inside the feeders must remain liquid until the casting solidifies, i.e., it must solidify later than the casting.

In this study, work was carried out on a new exothermic feeder composition and design. Recovery was achieved by using filter waste dust in the feeder composition. The test results showed that the newly designed feeder could be used in liquid metal casting. In this context, an application has been presented that could increase production efficiency, provide environmental benefits, and reduce costs.

Keywords: Casting, Feeder, Production, Efficiency, Shrinkage

[1] CANDEĞER C.K. (2001). Feeders and Exothermic Feeders in Casting, T.M.M.O.B. Chamber of Metallurgical Engineers, Metallurgy 2001, 126, 5-12.

[2] KAHRAMAN H. (2013). Control of the Function of Feeders in Castings Using Process Mimicry, Master's Thesis, Dokuz Eylül University Institute of Science, Izmir, 11-13.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECTS OF ULTRASONICATION ON PHASE SEPARATION AND QUALITY PARAMETERS OF TAHINI

Melek Tuna[1], Fatma Nur Cakiroglu[1*], Fahriye Acar[1], Eda Adal[2], Tugba Aktar[1]

[1*]Alanya Alaaddin Keykubat University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 07450, Antalya, Turkiye.
[2] Çukurova University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 01330, Adana, Turkiye.
Melek Tuna; ORCID: https://orcid.org/0009-0008-2749-0747
Fatma Nur Cakiroglu; ORCID: https://orcid.org/0009-0005-6738-9465
Fahriye Acar; ORCID: https://orcid.org/0009-0000-0809-0192
Eda Adal; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1258-806X
Tugba Aktar; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8417-868X

ABSTRACT

Tahini is a traditional sesame-based product widely consumed for its nutritional benefits. However, its high oil content leads to phase separation during storage, reducing consumer acceptability. This study investigated the effect of ultrasound treatment at 35 kHz for varying durations (1-30 minutes) on the phase separation and color stability of Bozkır tahini produced from hulled and unhulled sesame seeds. The results showed that ultrasound application for 5 minutes significantly reduced oil phase separation while maintaining color stability. Prolonged treatments, however, led to increased oil separation and color changes, especially in hulled tahini samples. The research shows that short-term ultrasound application at specific minutes is successful in improving tahini stability during accelerated storage conditions.

Keywords: Tahini, Ultrasound technology, Phase separation, color, Schall oven

INTRODUCTION

Sesame (*Sesamum indicum L.*) is an important oilseed crop that has been widely appreciated for centuries for its nutritional and medicinal properties. Sesame seeds contain high levels of fat, protein, carbohydrates, sesamin, vitamin E and various antioxidants. Sesame seeds are therefore an important ingredient in numerous food products such as sesame oil, roasted sesame seeds and tahini (He et al., 2024).

Tahini, a traditional paste made from ground sesame seeds, is known for its health benefits, including the prevention of hypertension, hypercholesterolemia, cancer, and aging (Borchani et al., 2010b). The nutritional value of tahini comes from lignans such as sesamin, sesamolin and sesaminol glucosides, which provide physiological benefits by regulating fatty acid metabolism, increasing antioxidant activities and improving liver function. Tahini is also rich in important minerals such as calcium, potassium, magnesium, phosphorus and B vitamins such as niacin (B3), folic acid and thiamine (B1)

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(Borchani et al., 2010b). Despite these benefits, tahini has significant storage problems such as lipid oxidation and phase separation. Lipid oxidation occurs when unsaturated fatty acids interact with oxygen. This process leads to unpleasant flavors, reduced nutritional value and shorter shelf life (Barden & Decker, 2013).

Due to the difference in density between sesame oil and solid ingredients, phase separation occurs and a layer of oil forms on the tahini, which negatively affects both product stability and consumer acceptance (Laxton & Berg, 2005). The separation creates negative effects on tahini appearance and texture which results in decreased customer satisfaction and possible nutritional degradation because solids accumulate at the bottom of the container (Çiftçi et al., 2008).

The Turkish geographically indicated product Bozkır tahini obtains its distinctive character through the traditional roasting of sesame seeds on juniper wood fires followed by stone mill grinding which has remained unchanged since the 16th century (Bozkır Belediyesi, 2021). The geographical indication (GI) status of this product highlights its authentic nature and high quality and distinctive regional features which builds trust among consumers and increases market value (Yıkmış & Ünal, 2000). The cultural and economic importance of Bozkır tahini does not protect it from lipid oxidation and phase separation problems that occur during storage (Laxton & Berg, 2005). The use of traditional additives to address these problems typically damages the genuine characteristics of GI labeled products thus requiring new non-invasive solutions.

The application of ultrasound technology has become more widespread in recent years to enhance food stability through its proven advantages in emulsification and homogenization and particle size reduction and viscosity control (Bates & Patist, 2010). The main mechanism of ultrasonication operates through cavitation which produces fast pressure changes that create and destroy tiny bubbles in liquids. The process of bubble formation and collapse under ultrasonic waves produces major energy releases that boost liquid mixing and mass transfer between incompatible substances (Izadifar et al., 2019). Previous research shows that ultrasonic treatment can effectively reduce phase separation by stabilizing emulsions and improving sensory attributes without significantly altering traditional product characteristics (Lee et al., 2016).

The food industry has adopted faster and more efficient technologies to meet the growing demand for high-quality and safe food products beyond traditional methods. One such technology is ultrasound. The food industry now uses ultrasound technology as an alternative or additional method to standard food processing techniques. The technology provides multiple benefits through its gentle treatment of food products. The ultrasound process operates at lower temperatures and shorter durations than traditional pasteurization and sterilization methods which results in reduced nutrient and sensory degradation. The food industry finds this technology to be a valuable tool for their operations (Singla & Sit, 2021). The combination of ultrasound with mild heat (thermosonication) accelerates heat and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

mass transfer during treatments which results in shorter processing times and improved thermal process efficiency (Awad et al., 2012). Moreover, the cavitation effect generated by ultrasound increases the rate of chemical reactions by improving mixing at the microscopic level, which allows for faster reactions under milder conditions (Mason et al., 2011). Additionally, ultrasound technology has been shown to enhance the sensory properties of food products, such as texture, flavor, and color, by facilitating processes like marination or extraction more effectively compared to traditional methods (Singla & Sit, 2021).

According to the intensity of the sound wave used, the use of ultrasound in food processing is divided into two; high frequency low power and low frequency high power. The former refers to the method using sound waves with a frequency of 0.1 to 10 MHz and an intensity of less than 1 W/ cm^2, that is, in the high frequency low power group; It is used to monitor and control a product or process or to determine the physicochemical properties of different foodstuffs (Tüfekçi & Özkal, 2015). On the other hand the latter refers to usage of sound waves of the low frequency high power group, i.e. with a frequency between 20 and 100 kHz and an intensity between 10-100 W/ cm^2, is used to directly affect a product or process (Tüfekçi & Özkal, 2015).

This study aims to evaluate the potential of ultrasound technology as a natural and non-invasive solution to reduce phase separation in Bozkır tahini, maintaining its traditional qualities while addressing consumer expectations and industry needs for enhanced product stability and extended shelf life.

MATERIALS AND METHODS

Two types of tahini were used in the study: unhulled sesame tahini and hulled sesame tahini (contains 50% hull). These tahinis were purchased from a local market (Çavuşoğlu, Konya, Turkiye). Production stages according to the Bozkır tahini registration certificate are illustrated at Figure 1 (Bozkır Belediyesi, 2021).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

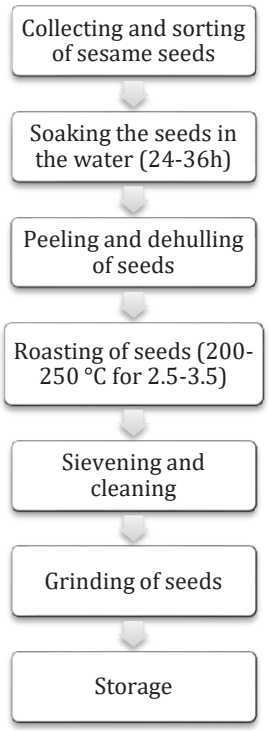


Figure 1. Flow chart of Bozkır Tahini

Tahini samples (unhulled and hulled) were individually weighed and placed separately in beakers prior to ultrasonication treatment. Ultrasonication was carried out using an ultrasonic cleaning unit (Elmasonic S60, Elma, Singen, Germany) operating at a frequency of 35 kHz. Treatment periods were set at 1, 3, 5, 7, 9, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes. The ultrasonication process of each sample was performed with temperatures being monitored and controlled along the duration to achieve best processing conditions. 10 mL tahini sample was poured into falcon tubes immediately after ultrasonication treatment for color and phase separation analysis. For the degree of oil phase separation the initial measurements were taken immediately.

After preliminary analyses, samples were subjected to Schall oven test (accelerated aging) to evaluate the oil separation and color stability over time. The cap of the Falcon tube was left slightly open on Falcon tubes, which were kept in an oven (Memmert UN55, Germany) at 60°C and tubes were taken at regular basis (0, 4, 7, 14 and 21 days) from the oven for analyses. The Schall oven test is a simplified accelerated procedure for the determination of oxidative stability of fats and fatty food products. Oil separation was visually observed, and quantitatively evaluated by the height of separated oil layer using a compass, and then the oil separation percentage was calculated accordingly.

Color assessments were carried out by Hunter-Lab color meter (Konica Minolta CR-140,Osaka, Japan). Colorimeters work on the principle that each color has a specific wavelength and each color transmits or reflects the wavelengths of light that correspond to its color. Color data were expressed in Hunter Lab Units L*, a*, and b*, which indicate lightness, green (−) to red (+), and blue (−) to yellow

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(+) hue properties, respectively. Prior to measurements, the equipment was calibrated to a white surface and all the measurements were made on a transparent substrate. All measurements were made in 3 replications and they have been averaged and presented in a graph. For the color measurements samples were well homogenized with vortex mixer to maintain a uniformity and accurately before color measurements. End analysis were performed at end of 21 days and the results were assessed to investigate the impact of ultrasound on demixing and color of tahini samples (Velasco & Dobarganes, 2002).

All experiments were performed in duplicate using a complete factorial experimental design. The data were analyzed using SPSS Statistical Software (version 20.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois). Duncan's multiple range test was conducted to detect differences between the treatment and storage period at a 95% significance level.

RESULTS AND DISCUSSION

The findings of the present study give detailed information about the impacts of ultrasound treatment on phase separation and color stability of unhulled and hulled tahini samples under accelerated storage conditions. Figure 2 illustrates the findings about oil phase separation of the tahini samples. According to those measurements ultrasound had effect on the stability of tahini emulsions, especially during the first days of storage. Unshelled tahini exhibited a decrease in the percentage of oil phase at the beginning of the ultrasound treatments, with the largest decrease obtained at 5 minutes of exposure (5.06%). This result indicates that sonication improves the emulsion stability through enhancing the dispersion of oil droplets and reinforcing phase interactions. These findings are consistent with those of Başdoğan (2016), who found that sonication for a maximum of 5 min resulted in significant homogenization of tahini and delayed the separation of the oil. The cavitation process caused by ultrasonic would seem to be the most important contribution to this system, since not only can it break down larger oil droplets but also it can improve the stability of the emulsion. However, during storage to day 21, oil phase proportion increased under all treatments suggesting a decline in the initial stabilizing effect. Notably, treatments for more than 5 min led to oil phase percentages similar to, or higher than, untreated samples, indicating that extended exposure to ultrasound could diminish the stability of the emulsion. This finding is in agreement with those of Basdoğan (2016) who reported that excessive ultrasound application would result in emulsion breaking and increased phase separation over a prolonged durations. Moreover, schall oven conditions are also expected to increase the phases separation.

On the other hand, hulled tahini showed the greatest reduction in percentage of oil phase, with a similar profile in response to the ultrasonic treatment, with the oil phase reduction being observed at 5 min (6%) (Figure 3). These results are consistent with previous reports that ultrasound technology can optimally increase the stability of tahini emulsion by decreasing droplet size and by increasing droplet

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

dispersion (Başdoğan, 2016). Nonetheless, similar to unhulled tahini, the stabilizing influence of ultrasound weakened throughout storage, oil phase contents increasing considerably by day 21. This trend reinforces the limited practical value of ultrasound in inhibiting phase separation in tahini products in the long run.

Along with phase separation, color stability of the tahini samples was also evaluated by L^*, a^*, and b^* values of the samples throughout 21 days of storage.

For unhulled tahini samples color measurements were illustrated in Figure 4, Figure 5, and Figure 6. According to these, L^* value did not change greatly between treatments, and there were limited significant differences observed between different treatment times unlike for other parameters. Likewise, the values for a^* and b^* showed minor differences, indicating minor changes in the color properties during storage. These results were consistent with those of Başdoğan (2016) that color parameters of tahini were not affected considerably by ultrasound treatments during accelerated storage.

On the other hand for hulled tahini, samples showed higher sensitivity to ultrasound treatment with regard to color stabilization. These findings of hulled tahini were shown in Figure 7, Figure 8, and Figure 9. The L^* value decreased over time, indicating a decrease in lightness and the b^* value tended to decrease, showing a decrease in yellowness. The a^* values also significantly differed between day 0 and day 21, indicating that ultrasound treatment and storage conditions affected the color characteristics of hulled tahini more than unhulled tahini. These findings agree with those reported by Başdoğan (2016), who highlighted that the effect of ultrasounds is product specific – the oxidation and mechanical changes that occur in hulled tahini led to changes in its color properties over time. On the whole, the present results suggest that ultrasound treatment at appropriate durations (5 min, in particular) is capable of temporarily improving emulsion stability and retarding phase separation of unhulled and hulled tahinis. Yet the efficacy of ultrasound decreases with extended storage, and prolonged treatments may increase phase separation. While ultrasound treatment has minimal influence on the color properties of unhulled tahini, it exerts a more pronounced effect on hulled tahini, particularly regarding lightness and yellowness reduction.

These findings are in agreement with the available literature, especially the study of Başdoğan (2016), which justifies the need to strictly optimize the ultrasound parameters to achieve the desired stabilization effects without compromising the quality of the final product. Therefore, it is clear that ultrasound does not provide a complete solution for the phase separation of tahini and is best considered as part of a combined approach along with other phase separation reduction methods. In a study by (da Silva et al., 2020) high-power ultrasonication (sonocrystallization) was used to rearrange the structure of oil crystals in a system containing palm oil, which significantly reduced oil phase separation. According to the analysis, filtration reduced the oil separation by 52%, while

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

centrifugation reduced it by 97%. Although in a different food matrix, these results are in structural agreement with the findings of our current research and support the idea that ultrasonication can reduce oil phase separation. Figure 2 and 3 shows the day 0 and day 21 analysis images for unhulled (Figure 2) and hulled (Figure 3) tahini.

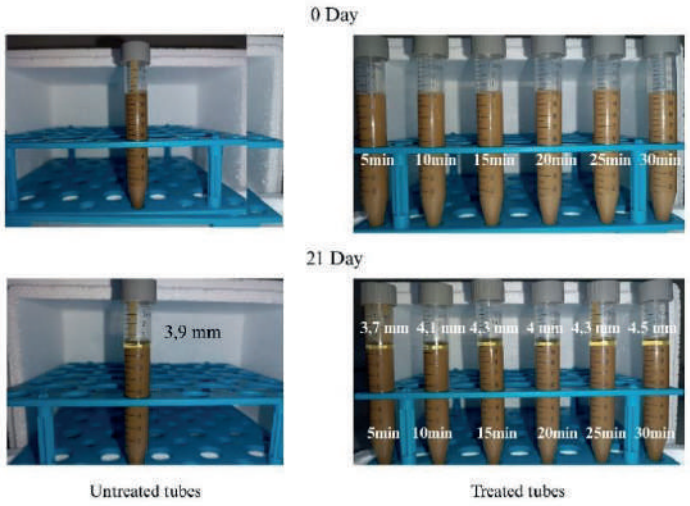


Figure 2. Pictures unhulled Tahini Samples

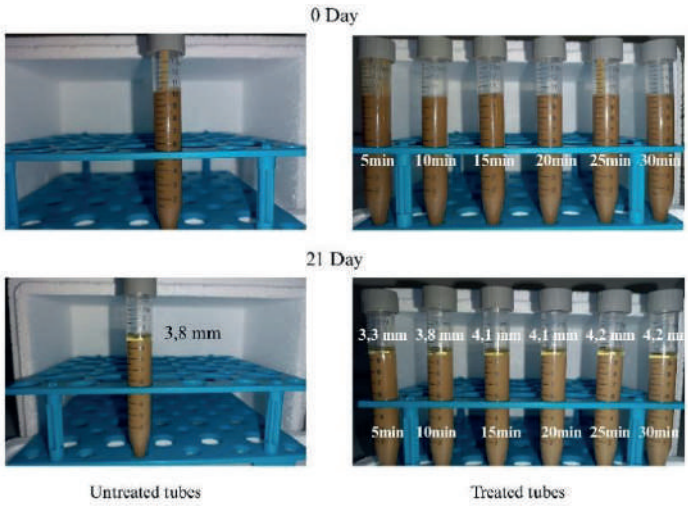


Figure 3. Pictures of hulled tahini samples

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

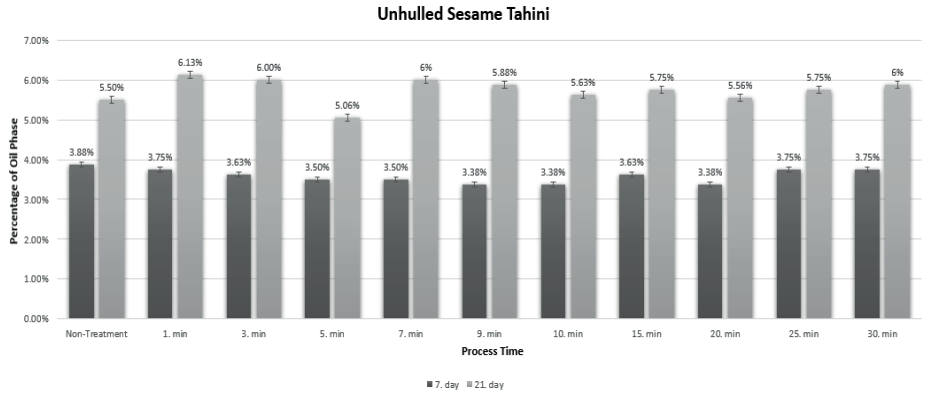


Figure 4. Percentage of oil phase of unhulled tahini

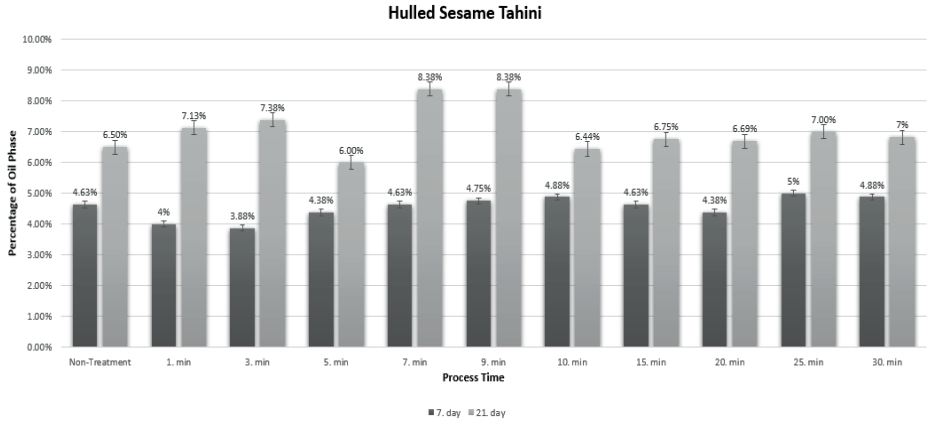


Figure 5. Percentage of oil phase of hulled tahini

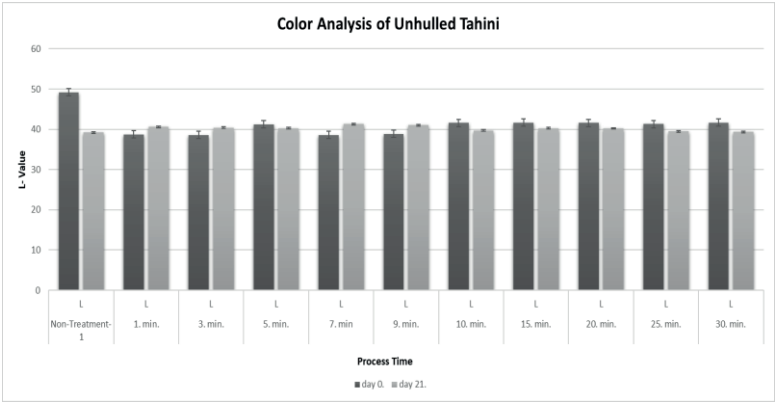


Figure 6. L-value of unhulled tahini

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

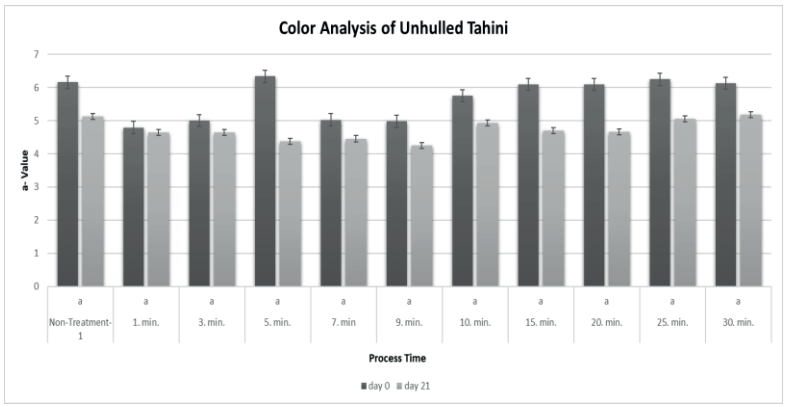


Figure 7. a-value of unhulled tahini

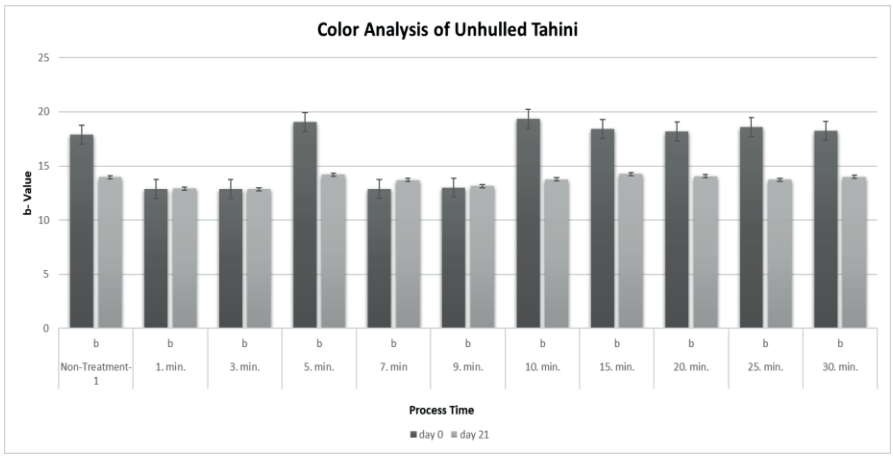


Figure 8. b-value of unhulled tahini

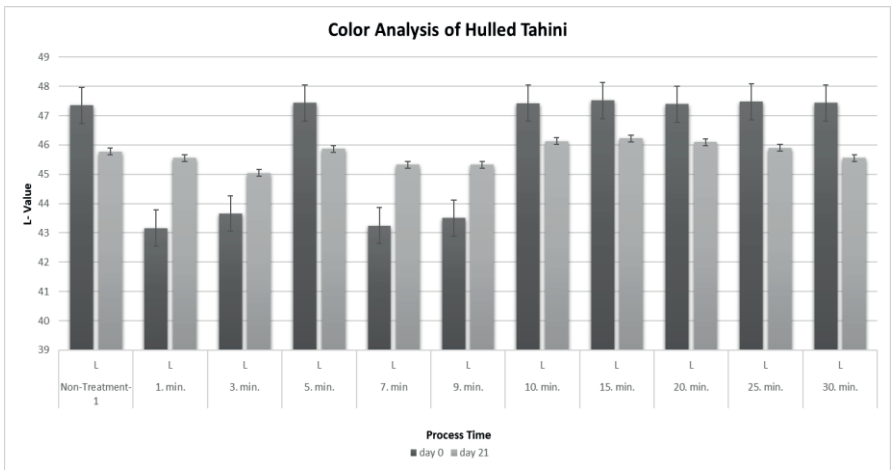


Figure 9. L-value of hulled tahini

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

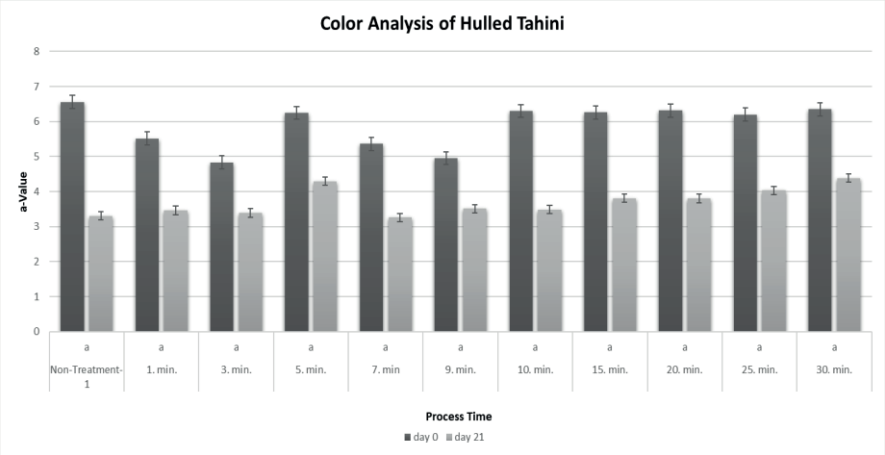


Figure 10. a-value of hulled tahini

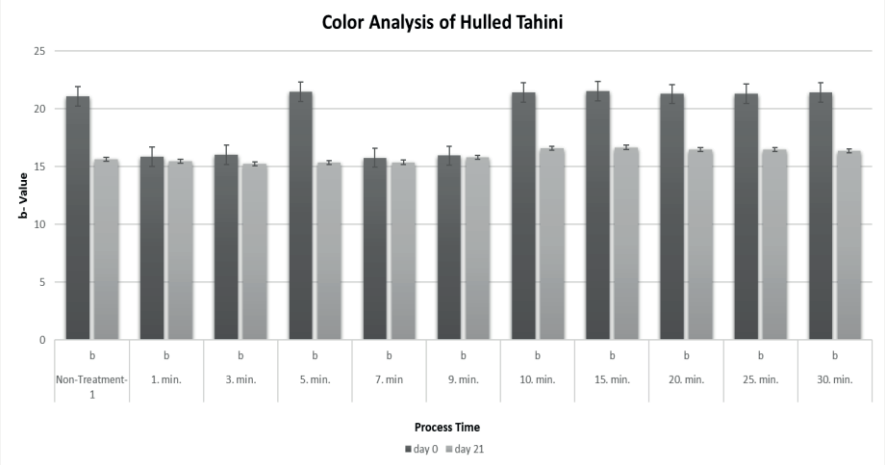


Figure 11. b-value of hulled tahini

Tahini has 55−60% of sesame oil, and it is thermodynamically unstable when compared to other food materials. Phase separation of oil is a key issue in tahini storage. In this work, tahini samples were ultrasonicated to observe the possible effect on the oil phase separation and color changes which determines the consumer purchase decision. The 35kHz ultrasound treatment was successful on separation oil and color of samples. Although the oil phase of tahini samples is lower at 1 and 5 minutes than control sample, there is a tendency towards an increase in the oil phase with the increase in processing time. The color measurement of the samples which ultrasounded on tahini was shown in the graph. *L*, a*,* and *b** values of the samples were determined during the color analysis and compared to those of the control sample. The impact of ultrasonication on the color attributes of tahini was reported. Although no difference was determined for color characteristics of tahini samples applied 20kHz ultrasound in literature study (Başdoğan, 2016), no change was observed in the color properties of tahini samples applied to 20kHz ultrasound, a change was observed in the color

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

properties of tahini samples applied to 35kHz ultrasound in this study. It is thought that the reason for these different results is due to the different methods applied.

Conclusion

This study was conducted to investigate the influence of ultrasonic treatment on phase separation and color stability of unhulled and hulled tahini samples under accelerated storage conditions. Tahini, as a healthy and nutritious traditional product, is represented by its high oil content and is a major obstacle due to problems associated with phase separation of oil during storage. The results showed that short-term ultrasound application, especially at 5 min, significantly improves emulsion stability and effectively reduces phase separation in both types of tahini. This improvement is mainly due to the cavitation effects of ultrasound, which leads to a better dispersion of oil droplets and a stabilizing effect on the emulsion system. In addition, at this optimal time, the color parameters changed slightly, especially in the case of unhulled tahini samples. However, prolonged sonication treatments longer than 5 min led to undesired effects such as oil separation, changes in visible color, (especially in hulled tahini samples). These results indicate that the benefits of ultrasonic treatment are strongly related to the holding time and that its excessive use can negatively affect the structural properties and quality of the product. This emphasizes the importance of optimizing process conditions to balance the technological benefits of ultrasound without losing or minimizing the sensory and physical properties of tahini. Based on these results, future studies should use more experimental details to better optimize the use of ultrasound technology for tahini production. Research on alternative ultrasound frequencies (20 kHz or 40 kHz), as well as time-temperature conditions and complete evaluations in terms of structural, sensory, and shelf-life properties are needed. Such studies would allow the formulation of cleaner, more effective and more sustainable processing concepts for tahini in terms of tahini stability, but will still remain traditional in nature.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

References

Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International, 48*(2), 410–427. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.004

Barden, L., & Decker, E. A. (2016). Lipid oxidation in low-moisture food: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56*(15), 2467–2482. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848833

Başdoğan, H. (2016). *Tahinlerdeki faz ayrimi ve reolojik özellikler üzerine ultrases işleminin etkisi* [Master Thesis] Yıldız Teknik University.

Bates, D., & Patist, A. (2010). Industrial applications of high power ultrasonics in the food, beverage and wine industry. In B. K. Tiwari, T. Norton, & N. M. Holden (Eds.), *Case studies in novel food processing technologies* (pp. 119–138). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1533/9780857090713.2.119

Bozkır Belediyesi. (2021). *Bozkır Tahini (Mahreç İşareti) (Tescil No: 753)*. Türk Patent ve Marka Kurumu. https://www.turkpatent.gov.tr

Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2010). Chemical characteristics and oxidative stability of sesame seed, sesame paste, and olive oils. *Journal of Agricultural Science and Technology, 182*. http://www.SID.ir

Çiftçi, D., Kahyaoğlu, T., Kapucu, S., & Kaya, S. (2008). Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. *Journal of Food Engineering, 87*(3), 428–435. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.026

da Silva, T. L. T., Marsh, M., Gibon, V., & Martini, S. (2020). Sonocrystallization as a tool to reduce oil migration by changing physical properties of a palm kernel fat. *Journal of Food Science, 85*(4), 964–971. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15099

He, H., Sun, M., Wang, J., Tang, Y., Chen, Y., Deng, Q., Huang, Q., & Tang, H. (2024). Effect of defatted flaxseed gum powder addition on the quality of sesame paste. *Oil Crop Science, 9*(1), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2024.01.001

Izadifar, Z., Babyn, P., & Chapman, D. (2019). Ultrasound cavitation/microbubble detection and medical applications. *Journal of Medical and Biological Engineering, 39*(3), 259–276. https://doi.org/10.1007/s40846-018-0391-0

Laxton, P. B., & Berg, J. C. (2005). Gel trapping of dense colloids. *Journal of Colloid and Interface Science, 285*(1), 152–157. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.11.006

Lee, H., Yildiz, G., dos Santos, L. C., Jiang, S., Andrade, J. E., Engeseth, N. J., & Feng, H. (2016). Soy protein nano-aggregates with improved functional properties prepared by sequential pH treatment and ultrasonication. *Food Hydrocolloids, 55*, 200–209. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.022

Mason, T. J., Chemat, F., & Vinatoru, M. (2011). The extraction of natural products using ultrasound or microwaves. *Current Organic Chemistry, 15*, 237–247. [If no page numbers, omit].

Radiopaedia. (2020). *Physical principles of ultrasound*. Radiopaedia.org. https://radiopaedia.org/articles/physical-principles-of-ultrasound-1?lang=us

Singla, M., & Sit, N. (2021). Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. *Ultrasonics Sonochemistry, 73*, 105506. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105506

Tüfekçi, S., & Özkal, S. G. (2015). Application of ultrasound in food drying. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 21*(9), 408–413. https://doi.org/10.5505/pajes.2015.05902

Velasco, J., & Dobarganes, C. (2002). Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipid Science and Technology, 104*(9–10), 661–676. https://doi.org/10.1002/1438-9312(200210)104:9/10<661::AID-EJLT661>3.0.CO;2-D

Yıkmış, S., & Ünal, A. (2000). The importance of geographical indication in gastronomy tourism: Turkey. *International Journal of Agricultural and Life Sciences, 2*(4), 73–79. https://doi.org/10.22573/spg.ijals.016.s12200069

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Nutrition Quality, Digestibility, and Health Implications of Alternative Protein Sources

Eda ADAL[1*], Hasene KESKİN ÇAVDAR[2]

[*1] Çukurova University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 01330, Adana, Turkiye
[2] Gaziantep University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, 27410, Gaziantep, Türkiye
ORCIDS: Eda Adal; https://orcid.org/0000-0003-1258-806X
Hasene Keskin Çavdar: https://orcid.org/0000-0001-5230-5904

ABSTRACT

The increase in global population, urbanization, and shifts in dietary patterns have markedly elevated the demand for high-quality protein worldwide. Traditional animal-based protein production, while nutritionally adequate, significantly contributes to greenhouse gas emissions, land degradation, and water scarcity. The transition to sustainable, resource-efficient, and health-promoting protein sources has emerged as a primary objective in contemporary food systems. Alternative proteins, sourced from plants, fungi, insects, or through precision fermentation and cultivation, are increasingly acknowledged as effective means to mitigate environmental impacts while maintaining food and nutrition security. Plant-based proteins are prevalent in commercial markets, while fungal and mycoprotein sources present high-quality, scalable options. Insect proteins deliver efficient nutrient profiles with low environmental impact, and precision-fermented or cultivated proteins are the most technologically advanced, albeit cost-intensive, category. The integration of biotechnology, circular bioeconomy principles, and hybrid product development is actively shaping this evolving field. This study comparatively evaluates four major categories of alternative proteins: plant-based, fungal, insect-derived, and precision-fermented/cultivated proteins, focusing on their nutritional properties, digestibility, processing characteristics, and potential applications in the food industry.

Keywords: alternative proteins, nutrition, health

1. INTRODUCTION

Climate change, population increase, and the depletion of natural resources are all making the global food system more unstable. The FAO forecasts that by 2050, the world's population will be more than 9.7 billion people. This will cause a 60% rise in the need for food, especially for high-quality protein sources (Falcon et al., 2022). Traditional animal-based proteins offer complete essential amino acid profiles and high bioavailability; however, they are linked to considerable environmental impacts, including greenhouse gas emissions, land use, biodiversity loss, and water scarcity. Finding protein substitutes that are environmentally friendly, effective, and nutritionally appropriate is a high goal for researchers and politicians (Malila et al., 2024).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Alternative protein sources offer viable solutions to the issues of nutritional adequacy and environmental sustainability. Plants, fungal or mycoprotein biomass, insects, or precision-fermented or cultured proteins can all be sources of proteins. Each category has its own advantages and disadvantages when it comes to how efficient it is to make, how many amino acids it has, how well it works, how easy it is to digest, how well it is processed, and how well it is accepted by consumers. The current scientific consensus is that the amalgamation of biotechnological innovations with enhanced processing methodologies may elevate the nutritional and functional properties of these proteins, hence promoting their integration into traditional food systems (Partanen et al., 2025; Pereira et al., 2024).

The evaluation of alternative proteins' nutritional value mostly utilizes defined criteria, such as the Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS) and the Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS). Animal proteins often receive elevated ratings on these indices; however, specific alternative sources, like fermented plant proteins and mycoproteins, have demonstrated comparable values when processed appropriately (Komatsu et al., 2023; Zhou et al., 2025). Technological interventions like high-moisture extrusion, enzymatic hydrolysis, and microbial fermentation make food simpler to digest and change its taste and texture to make it more like conventional food. To determine the nutritional value of new alternatives, it is essential to understand the interrelationships among protein structure, processing, and bioavailability (Hashimoto et al., 2025). Even though science has come a long way, there are still economic, regulatory, and perceptual barriers that keep it from being used widely in business. High production costs, restricted access to optimum raw materials, and the lack of standardized safety assessments impede the general implementation of numerous alternative protein technologies, especially insect and grown proteins (de Matos et al., 2024). Additionally, how people think about new protein sources continues to affect how markets enter and how policies are made. To make long-lasting adjustments to your diet, you need to think about these proteins in terms of their nutritional content, how easy they are to utilize, and how well society accepts them.

This research investigates four primary types of alternative proteins: those obtained from plants, those derived from fungi or mycoproteins, those derived from insects, and those that are cultivated or fermented with precision. In addition, the nutritional composition, digestibility, processing procedures, and potential applications within the food sector are all topics that are explored.

COMPARATIVE MODALITIES OF ALTERNATIVE PROTEINS

2.1 Plant-Based Proteins

The most advanced and frequently available type of alternative protein source is plant-based proteins. Proteins derived from soy, pea, faba bean, rice, and lentil have garnered attention due to their environmental benefits and capacity for large-scale production (Kumar et al., 2022). Plant proteins

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

often have imbalanced amino acid profiles, typically deficient in sulfur-containing amino acids or lysine, and exhibit diminished digestibility relative to animal proteins. Some anti-nutritional substances, like phytates, tannins, and trypsin inhibitors, can make it harder for the body to consume protein and absorb minerals (Herreman et al., 2020).

Recent studies have focused on improving the nutritional and functional quality of plant proteins through various processing and biotechnological techniques. Techniques such as wet fractionation, enzyme-assisted extraction, fermentation, and high-moisture extrusion have enhanced the digestibility, solubility, and sensory attributes of food (Hashimoto et al., 2025; J. Huang et al., 2024). Fermentation using lactic acid bacteria or fungus breaks down anti-nutrients and makes peptides that have antioxidant and bioactive characteristics (Partanen et al., 2025).

Plant-based proteins are used a lot in the food business to manufacture meat and dairy alternatives and high-protein snacks. Their techno-functional adaptability enables for texturization and structure that resembles animal muscle tissue; nevertheless, excessive thermal treatment may result in aggregation and poor enzymatic digestibility. So, it's still hard to make plant-based proteins because you have to strike the perfect balance between processing intensity and maintaining nutrients (Jang & Lee, 2024).

2.2 Sources of Fungi and Mycoprotein

Mycoproteins, derived from filamentous fungi like Fusarium venenatum, are produced via controlled fermentation processes. They are noted for their elevated protein content (40–45%), well-balanced amino acid profile, and advantageous digestibility values, frequently surpassing 85% (Lee et al., 2024). Mycoproteins provide dietary fiber, such as chitin and beta-glucans, which contribute to gut health and satiety regulation. Fungal proteins differ from plant proteins in that they do not depend on seasonal agricultural outputs, allowing for consistent and efficient production in bioreactors with relatively low land and water requirements (Cheriaparambil & Grossmann, 2025).

The processing of mycoprotein involves substrate optimization, pH and temperature control, and post-harvest treatments such as heat inactivation to eliminate nucleic acids and guarantee microbial safety. Recent advancements in submerged fermentation, solid-state fermentation, and precision strain engineering have improved yield efficiency and texture formation. The use of agricultural side streams and lignocellulosic residues as fermentation substrates may enhance circularity and reduce production costs (Banks et al., 2024).

Mycoprotein-based products have achieved acceptance in Western markets, exemplified by brands like Quorn™. The fibrous microstructure resembles meat texture, rendering them appropriate for hybrid and entirely plant-based formulations. Nutritional studies suggest that mycoprotein demonstrates a slower postprandial amino acid release compared to animal proteins, potentially benefiting satiety and metabolic health. The scalability and consistent quality of mycoprotein

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

production establish it as a highly developed and nutritionally dependable non-animal protein alternative (Pobiega et al., 2024).

2.3 Proteins Derived from Insects

Insect-based proteins represent a sustainable and nutrient-rich alternative, characterized by high feed conversion efficiency and low environmental impact. Species frequently examined are crickets (*Acheta domesticus*), mealworms (*Tenebrio molitor*), and black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), which possess crude protein levels ranging from 50% to 70% (Lampová et al., 2024). These proteins generally demonstrate balanced essential amino acid profiles and high digestibility; however, the presence of chitin in exoskeletons may impede protease activity (Queiroz et al., 2023).

Methods such as defatting, hydrolysis, fermentation, and enzymatic extraction are commonly employed to improve digestibility and functional properties. Additionally, thermal treatments and mechanical grinding can decrease microbial load and enhance solubility. Studies conducted both in vitro and in vivo indicate that insect protein hydrolysates exhibit antioxidant and antihypertensive properties, highlighting their potential as functional food ingredients. Allergenicity, especially cross-reactivity with crustacean allergens, along with cultural acceptance, presents significant challenges to widespread adoption (de Matos et al., 2021; Purschke et al., 2018).

In the food industry, insect proteins are utilized in baked goods, sports nutrition products, and hybrid meat alternatives. They are increasingly utilized in animal feed and aquaculture because of their effective nutrient recycling capabilities. Initiatives that convert waste to protein through the use of insect larvae for the valorization of organic residues are receiving increasing policy attention in the European Union and Asia. Insect-based proteins are a feasible and environmentally beneficial option; however, consumer education and safety validation are critical for market growth (Piercy et al., 2023).

2.4 Precision-Fermented and Cultivated Proteins

Precision-fermented and grown proteins are at the cutting edge of food biotechnology. Precision fermentation employs genetically modified microbes, including yeasts, bacteria, and filamentous fungus, to synthesize specific proteins, such as casein, whey, or collagen substitutes. Cultivated meat involves the ex vivo culture of animal cells in bioreactors to replicate the tissue architecture and nutritional properties of conventional meat. Both strategies strive to get the best of both worlds by combining the health benefits of animal proteins with the moral and environmental benefits of systems that don't utilize animals (Choudhury et al., 2020).

Recent technological breakthroughs focus on improving cell growth medium, optimizing bioreactor design, and developing scaffold materials to promote tissue differentiation and lower manufacturing costs (Pereira et al., 2024). Additionally, advancements in metabolic pathway engineering and synthetic biology have enabled microorganisms to synthesize intricate proteins with precise amino acid compositions and modifications post-translation. These new approaches could help make

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

proteins that are simpler to digest, taste better, and work better. It takes a lot of resources to use the technology, and in many countries, new food laws are very severe (Y. Huang et al., 2022).

Precision-fermented milk and egg proteins are currently being tested in a few commercial pilot projects. Cultivated beef products, on the other hand, have only been approved in a few markets. These methods provide you a lot of control over the quality of the food and the consistency of the result, even though they are not cheap and can't be used on a large scale. For the long term, production prices need to go lower, rules need to be more consistent, and people need to have more faith in food made with biotechnology (Malila et al., 2024; Williams, 2021).

3. RECENT APPLIED STUDIES IN THE FOOD INDUSTRY

Recent empirical studies have offered important insights into the nutritional behavior, digestibility, and techno-functional performance of alternative proteins in realistic food processing conditions. Experimental studies have examined the effects of fermentation, enzymatic hydrolysis, and extrusion on protein bioavailability, structural properties, and sensory characteristics. Furthermore, pilot-scale applications and comparative digestibility assessments have enhanced the understanding of the effective integration of plant, fungal, insect, and precision-fermented proteins into industrial food systems. Table 1 presents a summary of eight notable research studies published from 2021 to 2025.

Table 1. Selected experimental and applied research on alternative proteins in food industry applications (2021–2025)

NO	PROTEIN SOURCE & PRODUCT CONTEXT	OBJECTIVE / METHOD	MAIN FINDINGS	REFERENCE
1	Milk, plant, and insect proteins	In vitro digestibility and amino-acid bioavailability comparison	Insect proteins showed intermediate digestibility between milk and soy; DIAAS values provided for benchmarking	Komatsu et al., 2023
2	Pea–wheat protein blend (75:25)	INFOGEST in vitro digestion + Amino acid analysis	Blend improved overall digestibility and lysine recovery; matrix effects quantified	Ferrara et al., 2025
3	Cricket protein powder vs whey	In vitro & postprandial amino-acid kinetics	Cricket protein reached ~85 % digestibility; slower release but balanced essential amino-acid pattern	Lampová et al., 2024
4	*Fusarium venenatum* mycoprotein	Chemical composition + digestibility + safety testing	Mycoprotein showed ≈88 % digestibility; rich in branched-chain amino acids; safe microbial profile	Xian et al., 2025

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

5	Mycoprotein via lignocellulosic fermentation	Pilot-scale process modeling and yield optimization	Agricultural waste substrates increased protein yield by 20 %; energy use reduced 15 %	Banks et al., 2024
6	Insect protein hydrolysates	Enzymatic hydrolysis + antioxidant & ACE-inhibitory assays	Hydrolysis enhanced solubility and produced peptides with antioxidant activity (IC50 < 1.5 mg/mL)	Mokaya et al., 2024
7	Six tropical plant proteins (Thailand)	Proximate composition + in vitro digestibility profiling	Protein content 40–56 %; digestibility correlated with heat denaturation index (r = 0.82)	Anyiam et al., 2025
8	Precision-fermented whey & egg analogs	Dynamic digestion system + metabolomic profiling	Fermented analogs reached 94 % relative bioavailability to native proteins; no toxic metabolites detected	McClements & Grossmann, 2021

The selected research studies indicate that processing and formulation considerably affect the digestibility and functional behavior of alternative proteins. Fermentation, enzymatic hydrolysis, and substrate optimization consistently improve amino acid bioavailability and sensory quality across various modalities. Fermentation enhances the properties of plant-based and fungal proteins, whereas insect proteins are improved through hydrolysis and defatting. Precision-fermented systems demonstrate comparable nutritional performance to animal counterparts, thereby affirming their industrial viability. The findings emphasize the necessity of incorporating biochemical, process-engineering, and sensory analyses in future applied research to guarantee the nutritional reliability and scalability of alternative protein ingredients.

4. CONCLUSION

For food systems that are good for the environment and good for your health, alternative protein sources are becoming more and more vital. The comparative analysis of plant-based, fungal, insect, and precision-fermented or grown proteins reveals that each category has unique benefits and drawbacks regarding nutritional quality, digestibility, and industrial scalability. Plant proteins are widely used in business, but they often need to be processed and mixed in order to fix amino acid deficiencies and structural problems. Fungal mycoproteins are beneficial for many things because they have a nice combination of amino acids, are easy to digest, and can be generated in huge amounts.

Insect-based proteins are excellent for the environment and can efficiently convert nutrients. However, issues with chitin extraction, allergenicity, and how people see them need to be fixed before they can be more generally used. The most sophisticated technology is precision-fermented and cultured

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

proteins, which let you change the nutritional and functional qualities of proteins. But the costs of making them, the rules that must be followed, and how people feel about them limit their growth.

Empirical research demonstrates that technological interventions, such as enzymatic modification, fermentation, and hybrid formulation, markedly improve the nutritional and techno-functional properties of alternative proteins. To attain sustainability goals, we need to combine the notions of a circular bioeconomy, waste valorization, and precision bioprocessing. Future research should focus on standardized digestibility assays, long-term safety assessments, and consumer perception studies to enable evidence-based regulation and market growth. The results indicate that the future of alternative proteins relies on synergistic strategies that integrate the characteristics of several protein systems to enhance food security and environmental resilience.

REFERENCES

Anyiam, P. N., Phongthai, S., Sai-Ut, S., Kingwascharapong, P., Jung, Y. H., Zhang, W., & Rawdkuen, S. (2025). Nutritional Components and Digestibility Profiles of Some Potential Plant-Based Protein Sources. *Foods*, *14*(10), 1769.

Banks, M., Taylor, M., & Guo, M. (2024). High throughput parameter estimation and uncertainty analysis applied to the production of mycoprotein from synthetic lignocellulosic hydrolysates. *Current Research in Food Science*, *9*, 100908.

Cheriaparambil, R., & Grossmann, L. (2025). Properties and Cultivation of Fusarium spp. to Produce Mycoprotein as an Alternative Protein Source. *Sustainable Food Proteins*, *3*(1), e70002.

Choudhury, D., Tseng, T. W., & Swartz, E. (2020). The business of cultured meat. *Trends in Biotechnology*, *38*(6), 573–577.

de Matos, F. M., Novelli, P. K., & de Castro, R. J. S. (2021). Enzymatic hydrolysis of black cricket (Gryllus assimilis) proteins positively affects their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, *86*(2), 571–578.

Falcon, W. P., Naylor, R. L., & Shankar, N. D. (2022). Rethinking global food demand for 2050. *Population and Development Review*, *48*(4), 921–957.

Ferrara, A., Treviño, K. M., D'Auria, G., Esposito, S., Giosafatto, C. V. L., Basile, G., Romano, R., Nitride, C., & Ferranti, P. (2025). INFOGEST in vitro digestion: protein breakdown in relation to food composition and moisture content. *Food & Function*.

Hashimoto, E. H., de Cassia Campos Pena, A., da Cunha, M. A. A., de Freitas Branco, R., de Lima, K. P., Couto, G. H., & Binder Pagnoncelli, M. G. (2025). Fermentation-mediated sustainable development and improvement of quality of plant-based foods: from waste to a new food. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, *5*(1), 69–100.

Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., & Laus, M. C. (2020). Comprehensive overview of the quality of plant-and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*, *8*(10), 5379–5391.

Huang, J., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Semenov, G., & Luo, Z. (2024). Technological advances in protein extraction, structure improvement and assembly, digestibility and bioavailability of plant-based foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *64*(31), 11556–11574.

Huang, Y., Zhang, M., Wang, J., Xu, D., & Zhong, C. (2022). Engineering microbial systems for the production and functionalization of biomaterials. *Current Opinion in Microbiology*, *68*, 102154.

Jang, J., & Lee, D.-W. (2024). Advancements in plant based meat analogs enhancing sensory and nutritional attributes. *Npj Science of Food*, *8*(1), 50.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Komatsu, Y., Tsuda, M., Wada, Y., Shibasaki, T., Nakamura, H., & Miyaji, K. (2023). Nutritional evaluation of milk-, plant-, and insect-based protein materials by protein digestibility using the INFOGEST digestion method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *71*(5), 2503–2513.

Kumar, M., Tomar, M., Punia, S., Dhakane-Lad, J., Dhumal, S., Changan, S., Senapathy, M., Berwal, M. K., Sampathrajan, V., & Sayed, A. A. S. (2022). Plant-based proteins and their multifaceted industrial applications. *Lwt*, *154*, 112620.

Lampová, B., Doskočil, I., Šmíd, P., & Kouřimská, L. (2024). Comparison of Cricket Protein Powder and Whey Protein Digestibility. *Molecules*, *29*(15), 3598.

Lee, D., Pan, J. H., Kim, D., Heo, W., Shin, E. C., Kim, Y. J., Shim, Y. Y., Reaney, M. J. T., Ko, S., & Hong, S. (2024). Mycoproteins and their health-promoting properties: Fusarium species and beyond. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *23*(3), e13365.

Malila, Y., Owolabi, I. O., Chotanaphuti, T., Sakdibhornssup, N., Elliott, C. T., Visessanguan, W., Karoonuthaisiri, N., & Petchkongkaew, A. (2024). Current challenges of alternative proteins as future foods. *Npj Science of Food*, *8*(1), 53.

McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *20*(4), 4049–4100. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12771

Mokaya, H. O., Mudalungu, C. M., Tchouassi, D. P., & Tanga, C. M. (2024). Techno-Functional and Antioxidant Properties of Extracted Protein from Edible Insects. *ACS Food Science & Technology*, *4*(5), 1130–1141. https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.3c00706

Partanen, M., Liikonen, V., Väkeväinen, K., Gómez Gallego, C., & Kolehmainen, M. (2025). Digestion, Metabolism, and Health Effects of Plant Proteins and Their Food Formulations: A Systematic Scoping Review of Clinical Postprandial Studies and in vitro Methods. *Food Reviews International*, 1–30.

Pereira, A. A., Yaverino-Gutierrez, M. A., Monteiro, M. C., Souza, B. A., Bachheti, R. K., & Chandel, A. K. (2024). Precision fermentation in the realm of microbial protein production: State-of-the-art and future insights. *Food Research International*, 115527.

Piercy, E., Verstraete, W., Ellis, P. R., Banks, M., Rockström, J., Smith, P., Witard, O. C., Hallett, J., Hogstrand, C., & Knott, G. (2023). A sustainable waste-to-protein system to maximise waste resource utilisation for developing food-and feed-grade protein solutions. *Green Chemistry*, *25*(3), 808–832.

Pobiega, K., Sękul, J., Pakulska, A., Latoszewska, M., Michońska, A., Korzeniowska, Z., Macherzyńska, Z., Pląder, M., Duda, W., & Szafraniuk, J. (2024). Fungal proteins: Sources, production and purification methods, industrial applications, and future perspectives. *Applied Sciences*, *14*(14), 6259.

Purschke, B., Meinlschmidt, P., Horn, C., Rieder, O., & Jäger, H. (2018). Improvement of techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic hydrolysis. *European Food Research and Technology*, *244*(6), 999–1013.

Queiroz, L. S., Silva, N. F. N., Jessen, F., Mohammadifar, M. A., Stephani, R., de Carvalho, A. F., Perrone, Í. T., & Casanova, F. (2023). Edible insect as an alternative protein source: a review on the chemistry and functionalities of proteins under different processing methods. *Heliyon*, *9*(4).

Xian, Y., Yin, L., Wu, Z., Chen, D., Sun, Z., Jiang, X., & Tian, L. (2025). Characterization and preliminary safety evaluation of mycoprotein from Fusarium compactum MM-135. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1583642.

Williams, R. A. (2021). Opportunities and challenges for the introduction of new food proteins. *Annual Review of Food Science and Technology*, *12*(1), 75–91.

Zhou, Z., Luo, S., Jin, Y., Wu, X., Liu, X., & Chen, J. (2025). Comparative efficacy of amino acid availability and peptidomic analysis of alternative proteins from different sources under dynamic in vitro protein digestion. *Food Hydrocolloids*, *159*, 110665.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EKSTRÜZYONLA ELDE EDİLMİŞ YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN FİLAMENTLERİN ORYANTASYONU SONRASI MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Muhammet DAĞLI1*, Esra YUMAT[2]

[*1] Sakarya University of Applied Sciences, Institute of Science, Mechanical Engineering, Sakarya, Turkey.
ORCID Code: **0000-0002-1336-903X**
[2] Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği,
Kocaeli University, Faculty of Engineering, Chemical Engineering, Sakarya, Turkey.
ORCID Code: **0000-0002-7662- 9142**

ÖZET

Bu çalışmada ekstrüzüyon yöntemi ile imal edilen PE100 filamentinin haddeleme metodu ile yönlendirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yönlendirme işlemi sonrası soğutma (su) uygulanarak filamentlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Normal polietilende moleküller oryante olmamış durumdadır ve moleküllerin birbirlerinden ayrılmaları çok kolaydır. Mukavemetli lif üretmek için moleküler zincirler lif yönünde düz, oryante edilmiş ve kristalize edilmiş olmalıdır. Ayrıca yük transferinde yeterli etkileşime sahip olabilmesi için moleküler zincirler uzun olmalıdır. Moleküler ağırlık artışı, mukavemet artışına neden olmaktadır.

Elde edilen filamentler önce ısıtma bölgesinde (240°C) godetlerden geçirilerek haddelenmiştir polimer zincirleri bu kısımda hareketlenmiş ve amorf yapı halini almıştır daha sonra düzensiz yapı formundaki polimer zincirleri soğutma bölgesinden (su) geçirilerek şoklama etkisi ile kristallenerek düzenli bir yapı oluşturmuştur. Yapı içerisindeki kristallenmiş bölge oranı arttıkça filamentin mekanik özellikleri iyileşmektedir. Çekilen fiber yönlendirme işlemlerinde filamentlere beş farklı sıcaklık uygulanmıştır. Uygulanan sıcaklık değerleri 60, 70, 80, 90 ve 100°C'dir. Bu şartlara göre çekme testine tabi tutulmuş olan numunelerin çekme testi sonucunda en yüksek çekme mukavemet değeri 80°C de elde edilmiştir.

Keywords: PE100, Yönlendirme, Çekme testi.

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF EXTRUSION-PRODUCED HIGH-DENSITY POLYETHYLENE FILAMENTS AFTER ORIENTATION

ABSTRACT

In this study, PE100 filament, manufactured using extrusion, was oriented using the rolling method. After the orientation process, the mechanical properties of the filaments were examined by applying cooling (water). In normal polyethylene, the molecules are unoriented, and separation is very easy. To produce strong fibers, the molecular chains must be straight, oriented, and crystallized along the fiber

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

direction. Furthermore, the molecular chains must be long to provide sufficient interaction for load transfer. Increasing molecular weight leads to increased strength.

The resulting filaments were first extruded through godets in a heating zone (240°C). The polymer chains were activated in this zone and formed an amorphous structure. Then, the irregularly formed polymer chains were passed through a cooling zone (water) where they crystallized under the effect of shock, forming an ordered structure. As the proportion of crystallized regions within the structure increases, the filament's mechanical properties improve. Five different temperatures were applied to the filaments during the extruded fiber orientation process: 60, 70, 80, 90, and 100°C. The tensile tests performed under these conditions yielded the highest tensile strength at 80°C.

Keywords: PE100, Orientation, Tensile test.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MODELLING OF HYBRID ROCKET FLOW-FIELDS WITH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Hasan Mulcar[1*], Selami Sağıroğlu[2], Habib Gürbüz[3]

[1*] Karabük University, Postgraduate Education Institute, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Karabük, Türkiye

[2] Karabük University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Karabük, Türkiye

[3] Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Automotive Engineering, Isparta, Türkiye

ORCID Code: [1] https://orcid.org/0009-0002-6093-9653 [2] https://orcid.org/0000-0003-2639-6878 [3] https://orcid.org/0000-0001-5157-6227

ABSTRACT

Hybrid rocket engines combine a solid fuel grain with a liquid or gaseous oxidizer, offering safety, throttling capability, and simple logistics compared to liquid or solid systems. A key limitation is the relatively low fuel regression rate ṙ, which directly affects thrust and combustion efficiency. This study presents a literature-based comparative assessment of oxidizers—gaseous oxygen (GOX) and nitrous oxide (N_2O)—on fuel regression-rate enhancement in hybrid rocket motors using the same combustion-chamber geometry. Geometry: fixed-diameter cylindrical port with pre- and sub-combustion chambers and a converging–diverging nozzle; quarter-symmetry is assumed for CFD. Operating envelope: oxidizer mass flow 0.10–0.20 kg/s, inlet pressure 2–4 atm, inlet temperature 800–1200 K, paraffin–HTPB wall temperature fixed at 550 K, outlet at 1 atm. CFD: compressible LES with energy and species transport; regression rate derived via wall heat flux using ṙ = q̇_wall/(ρ_fuel·h_v). Experiments: N_2O/paraffin–HTPB firings with thrust, chamber pressure, and time-resolved diagnostics (Lee & Tsai, 2009). It compared oxidizer choices (GOX vs N_2O) on the same geometry to isolate the impact of oxidizer thermochemistry, inlet temperature, mass flux, and nozzle expansion ratio on ṙ and performance. Under identical geometry, oxidizer selection strongly affects ṙ and performance via flame temperature and heat-feedback pathways. GOX generally provides higher ṙ and Isp due to hotter flame and stronger near-wall gradients, whereas N_2O is advantageous for storability and self-pressurization with lower system complexity. The ṙ–G scaling confirms that mass-flux control is the primary lever for thrust/efficiency, with inlet temperature as a secondary but impactful parameter. The CFD contours (pressure, temperature, velocity, wall heat flux) elucidate mechanisms—enhanced mixing, stronger heat feedback, and boundary-layer diffusion flame dynamics—governing ṙ. Design implications are summarized for injector selection, port geometry, and thermal management. The simplified chemistry and a constant wall temperature boundary condition may underestimate wall heating at long burn times. Future work should extend this approach to

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

transient multiphase models that capture liquid layer entrainment and incorporate nozzle erosion into thermal boundary conditions.

Keywords

Hybrid rocket flow fields, CFD modelling, GOX paraffin, N_2O paraffin.

1. INTRODUCTION

Hybrid rocket engines combine solid fuel with a liquid or gas oxidizer. This type of rocket propulsion is attractive and provides many advantages over conventional liquid or solid rocket propulsion systems due to their low-cost, fuel handling simplicity, durability, throttling capability, and eco-friendly attributes (Liu et al., 2020 and Franco et al., 2020). It is easy to throttle the hybrid rocket engines by adjusting the oxidizer mass flow rate, which serves as ideal candidates for adjustable thrust rocket and is appropriate for all applications where rockets are used. This is due to the versatility of the propellant, the wide range of performance, and the flexibility of the thrust.

Every regression rate is regarded as the crucial parameter which has the consequences of the first order on the engine design and thus on the engine performance. The regression rate is dependent on the oxidizer mass flux rate, indicating that the rate at which the fuel burns is proportional to the amount of oxidizer flowing through the port, according to the governing equation for hybrid rocket combustion. The regression rate of a solid rocket motor is related to the motor's chamber pressure. For its non-premixed diffusion combustion, the fuel regression rate of the hybrid rocket engine is lower than that of the solid rocket engine. The hybrid rocket combustion usually occurs in the boundary layer above the surface of the fuel rather than on the surface of the fuel itself. It has been studied that member of the usual alkaline group of hydrocarbons, which are solid at room temperature and have low surface tension and viscosity, such as paraffin waxes and polyethylene waxes, are the most appropriate elements in hybrid rocket fuel to generate high regression rates compared to conventional hybrid fuel.

2. METHODOLOGY

This paper reviews and synthesizes recent experimental and numerical studies conducted between 2003 and 2021. These studies employ various methods such as computational fluid dynamics (CFD), vortex modeling, additive manufacturing, and full-scale hot-fire testing. The goal is to assess the impact of these strategies on engine performance in terms of Isp and combustion efficiency.

3. LITERATURE REVIEW

The regression rate, defined as the rate at which the fuel surface recedes during combustion, directly influences combustion efficiency and specific impulse. The regression rate (ṙ) of hybrid rocket fuels is commonly modeled as a power-law correlation: ṙ = a * G_ox^n, where a is the pre-exponential factor, n is the exponent, and G_ox is the oxidizer mass flux. The magnitude of these coefficients depends on fuel composition, chamber pressure, and oxidizer injection geometry. Classical HTPB-based fuels

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

typically exhibit regression rates below 1 mm/s, whereas paraffin-based fuels demonstrate higher rates due to their liquefying surface behavior, which enhances convective heat transfer.

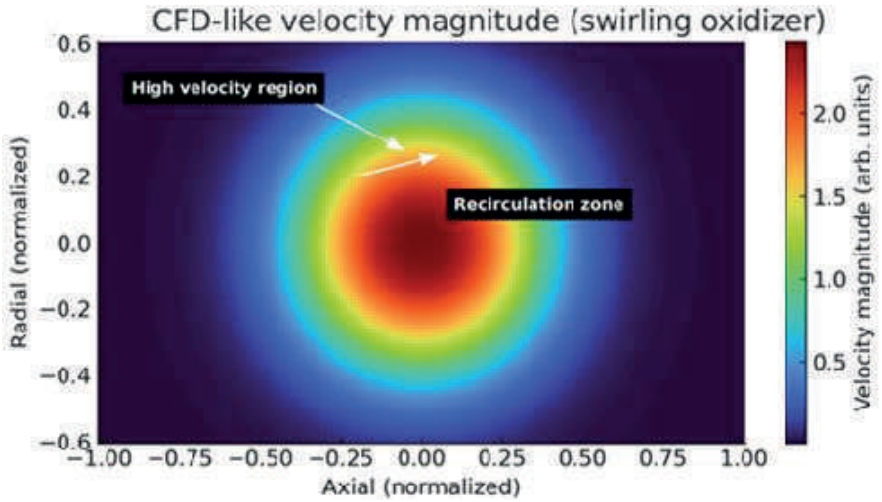


Figure 1. CFD-like velocity magnitude (swirling oxidizer).

Several techniques have been developed to improve regression rates in hybrid rocket motors. These include geometric modifications, fuel additives, oxidizer flow manipulation, and thermal feedback enhancements. The most notable approaches include:

a) Swirling Oxidizer Injection: By inducing a tangential velocity component to the oxidizer flow, mixing efficiency and wall heat transfer are significantly improved, leading to a regression rate increase up to 50% compared to non-swirling configurations.

b) Paraffin Additives: Paraffin-based fuels produce a thin liquid layer that enhances droplet entrainment and turbulent convection, increasing the effective regression rate by 100–200%.

c) Nanoparticle Additives: Aluminum or metal oxide nanoparticles improve thermal conductivity, stabilizing the flame zone and promoting rapid surface regression.

d) Advanced Port Geometries: Multi-port, helical, and star-shaped channels maximize surface area exposure, improving oxidizer-fuel mixing and combustion uniformity.

4. CFD GEOMETRY AND SETUP

The simulation employs a quarter-symmetry model of a hybrid rocket combustion chamber with dimensions derived from Lee & Tsai (2009). Large Eddy Simulation (LES) was applied with inlet oxidizer mass flow rates ranging from 0.1–0.2 kg/s and oxidizer temperatures between 800–1200 K. The paraffin–HTPB grain wall temperature was fixed at 550 K, while outlet pressure was 1 atm. Energy and species transport equations were activated to resolve the coupled heat and mass transfer phenomena.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

4.1. Configuration of Geometry

The combustion chamber is modeled with a cylindrical port, pre-/sub-combustion sections, and a converging–diverging nozzle. Representative lab-scale dimensions are adopted from literature: port diameter D ≈ 22 mm, chamber length L ≈ 150 mm, and throat ≈ 12 mm.

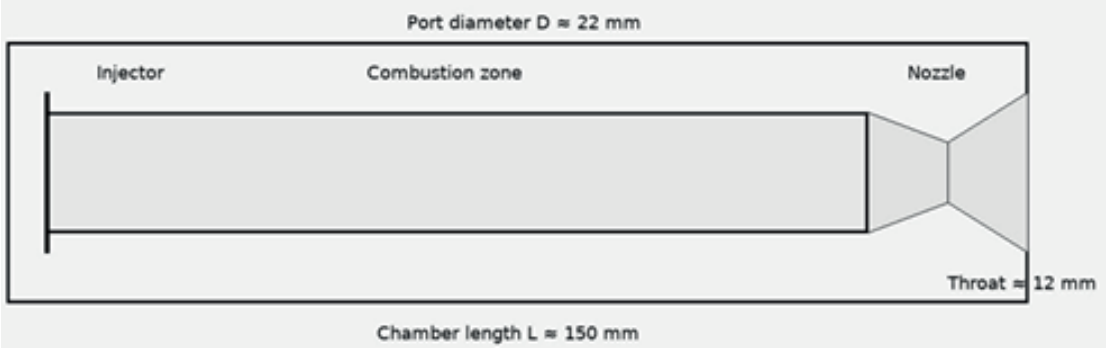


Figure 2. Combustion chamber geometry scaled from literature (Lee & Tsai, 2009).

Table 1. Configuration of geometry.

Parameter	Value	Unit
Port diameter (D)	22	mm
Chamber length (L)	150	mm
Nozzle throat	12	mm
Fuel	Paraffin–HTPB (70/30)	-
Wall temperature	550	K

4.2. Fluent Setup Materials

- Paraffin–HTPB fuel melts and vaporizes, forming a boundary layer.
- Combustion occurs in the gas phase with diffusion-dominated burning.
- Regression rate governed by heat feedback and oxidizer flux.

Fuel Pyrolysis and Vaporization (Paraffin–HTPB): Solid fuel undergoes melting and vaporization, releasing hydrocarbon fragments (e.g., C_nH_{2n+2}), light species (H_2, CH_4, C_2H_4), and radicals. Surrogates: n-paraffin $C_{25}H_{52}$ (paraffin fraction) and $C_{10}H_{11}$ (HTPB).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 2. Properties of fuel.

Item	Representative Value	Unit	Notes
Fuel density (ρ_fuel)	930	kg/m³	Paraffin–HTPB blend
Heat of vaporization (h_v)	420	kJ/kg	Elevated T
Peak flame temperature (GOX)	≈3200	K	Literature-based
Peak flame temperature (N_2O)	≈2800	K	Literature-based



Figure 3. Reaction & flow structure for GOX and N2O within the literature geometry.

4.3. Meshing Strategy

- Structured hexahedral mesh with prism layers near walls.
- Element count: ~1–2 million for baseline; perform mesh independence (≥3 meshes).
- Prism layers: 8–12; growth: 1.15–1.25; target y+ < 30 (RANS) or < 1 (LES).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Mesh independence study performed.

Injector, cylindrical port, and CD nozzle are retained exactly as reported. A hex-dominant mesh with ≥10 inflation layers resolves near-wall transport; target $y^+ \approx 30–50$ (RANS) or <1 (LES).

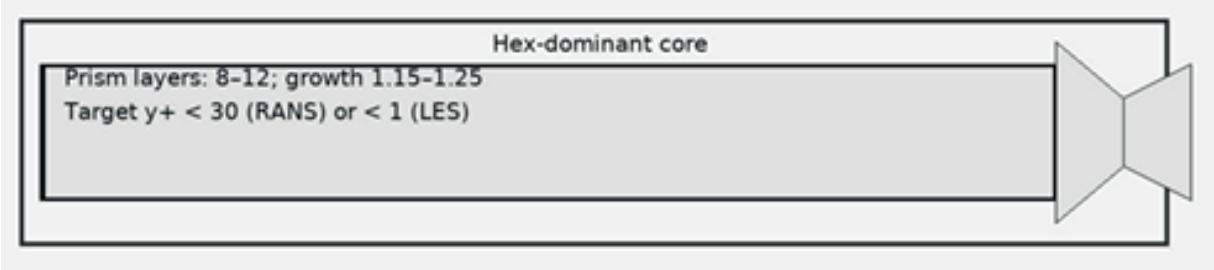
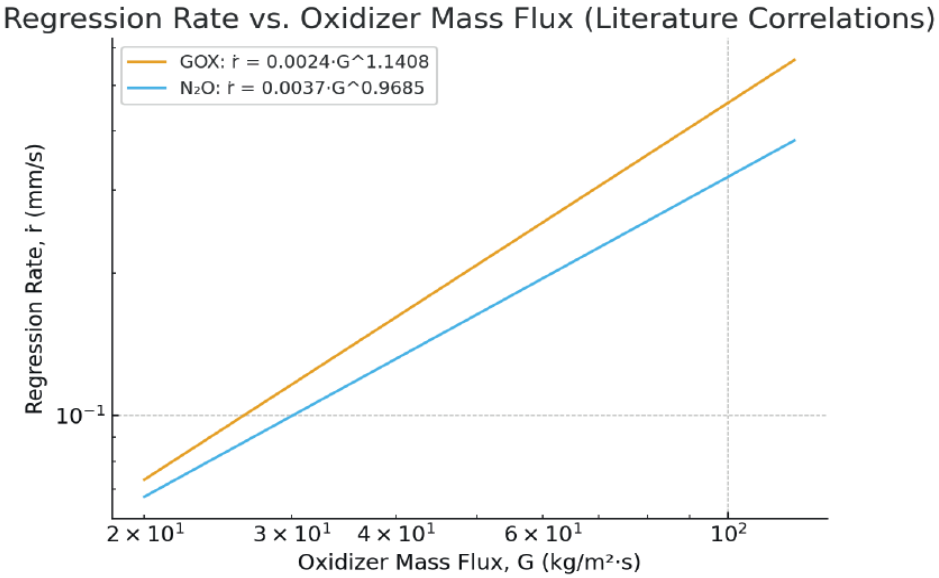


Figure 4. Mesh topology with Near-Wall Inflation.

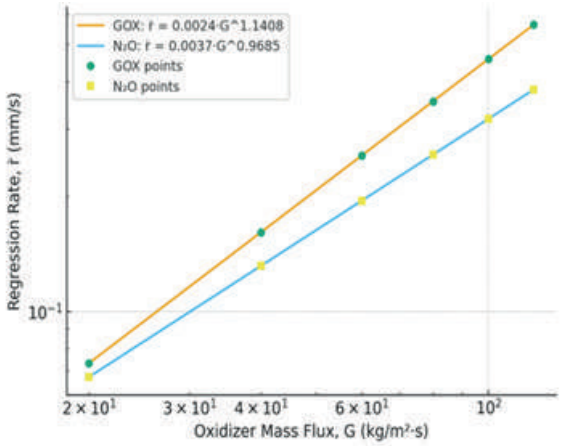
4.4. Experimental Data Integration

This section integrates experimental literature correlations into the CFD workflow. We compare regression rate (ṙ) against oxidizer mass flux (G) using reported power-law fits for GOX and N_2O.



DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

GOX exhibits higher ṙ due to stronger flame temperature and heat feedback, while N_2O provides operational simplicity. Using this chart to validate CFD-derived ṙ–G curves and to choose operating points for design studies. Validation correlations:



GOX: $\dot{r} = 0.0024 \times G^{1.1408}$ N_2O: $\dot{r} = 0.0037 \times G^{0.9685}$ (Lee & Tsai, 2009).

G (kg/m^2 s)	r_dot_GOX (mm/s)	r_dot_N2O (mm/s)
20	0.0731857	0.0673363
40	0.161377	0.131764
60	0.256287	0.195138
80	0.355841	0.257836
100	0.458998	0.320038
120	0.565121	0.381846

4.5. Governing Equations

We solve continuity, momentum, energy, and species transport. Temperature- and composition-dependent properties couple flow and reaction. Radiation (DO) may be included to capture additional heat feedback to the wall.

Continuity: $\partial\rho/\partial t + \nabla\cdot(\rho u) = 0$

Momentum: $\partial(\rho u)/\partial t + \nabla\cdot(\rho uu) = -\nabla p + \nabla\cdot\tau + Sm$

Energy: $\partial(\rho h)/\partial t + \nabla\cdot(\rho hu) = \nabla\cdot(k\nabla T) + \dot{q}$

Regression rate: $\dot{r} = \dot{q}_wall / (\rho_fuel \times h_v)$

(Fluent solves these for compressible reacting flow.)

Wall heat flux ($\dot{q}$_wall) controls the regression rate via $\dot{r} = \dot{q}_wall / (\rho_fuel \times h_v)$. Recirculation near the fuel surface and acceleration toward the throat enhance the convective heat transfer.

4.6. Boundary Conditions

Inlet (oxidizer): Mass Flow Inlet (Fluent) / massFlowRateInletVelocity; specify ṁ, T, and total/static pressure per hardware.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Outlet: Pressure Outlet (Fluent) / pressureOutletVelocity + fixedValue p_rgh; set 1 atm with small backflow T.

Walls (fluid–fuel interface): No-slip; fixed wall temperature 550 K (baseline) or coupled in CHT; specify species flux = 0 (no blowing) if using heat-flux regression model.

Symmetry: Zero normal gradients.

Initial conditions: Uniform T (e.g., 900 K), p (absolute), and velocity field from potential flow or low Mach start.

4.7. Solver Configuration

Transient solver, compressible formulation.

Time step: choose for CFL ≤ 1 (LES). Typical Δt = 1e−5–1e−4 s; verify by sensitivity.

Spatial schemes: second-order upwind (convection), central differencing (LES-friendly energy), bounded where available.

Pressure–velocity coupling: PISO (transient) or coupled solver.

Convergence: residuals ≤ 1×10^{-6}; additionally monitor mass flow balance (<0.1%), wall heat flux stabilization, and chamber pressure plateau.

5. RESULTS

Injector → mixing layer formation and initial radical pool; Mid-port → diffusion flame stabilization and heat feedback; Throat/Nozzle → acceleration, pressure decay, and enhanced wall heat transfer. Contours below illustrate qualitative distributions used for interpreting the field.

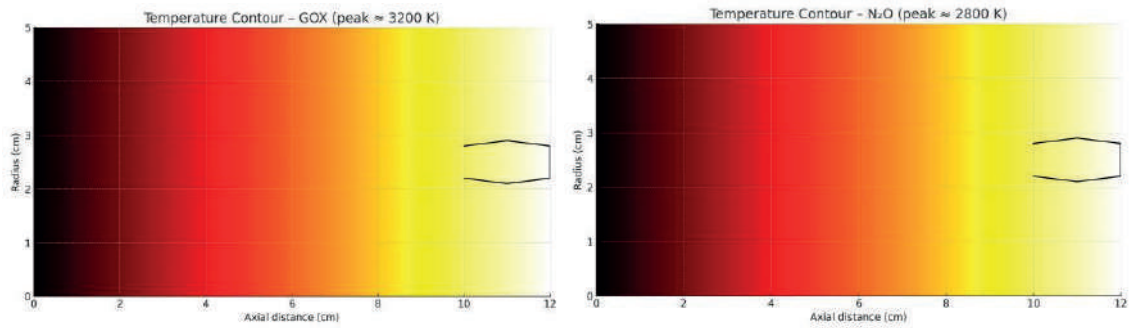
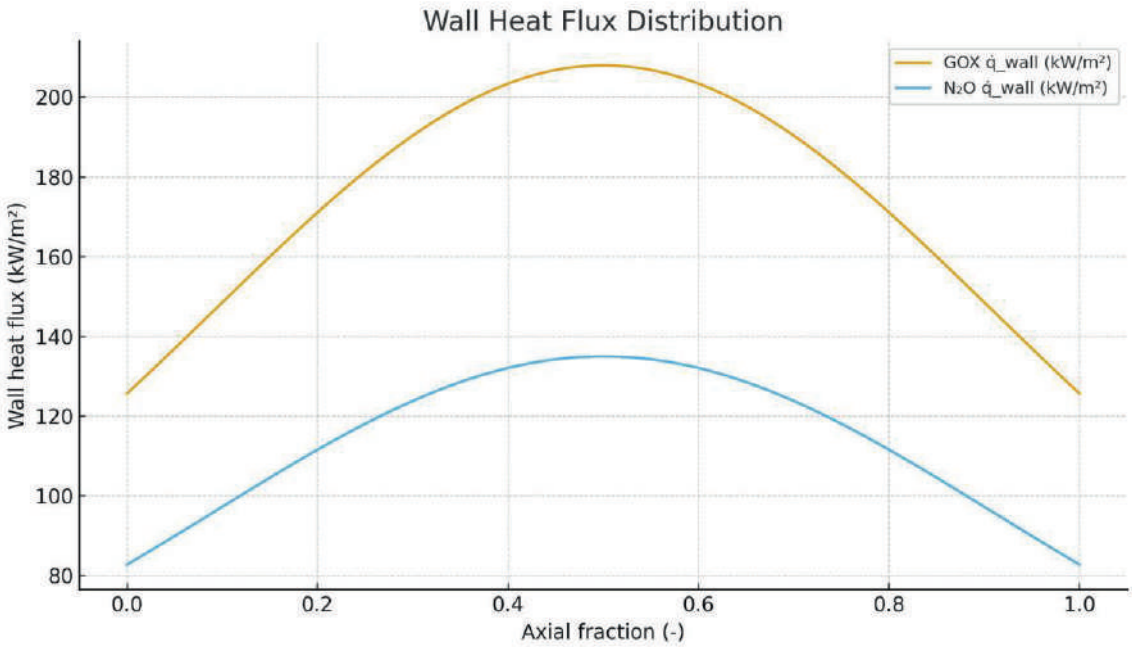


Figure 5. Temperature contours showing flame core and wall gradients.

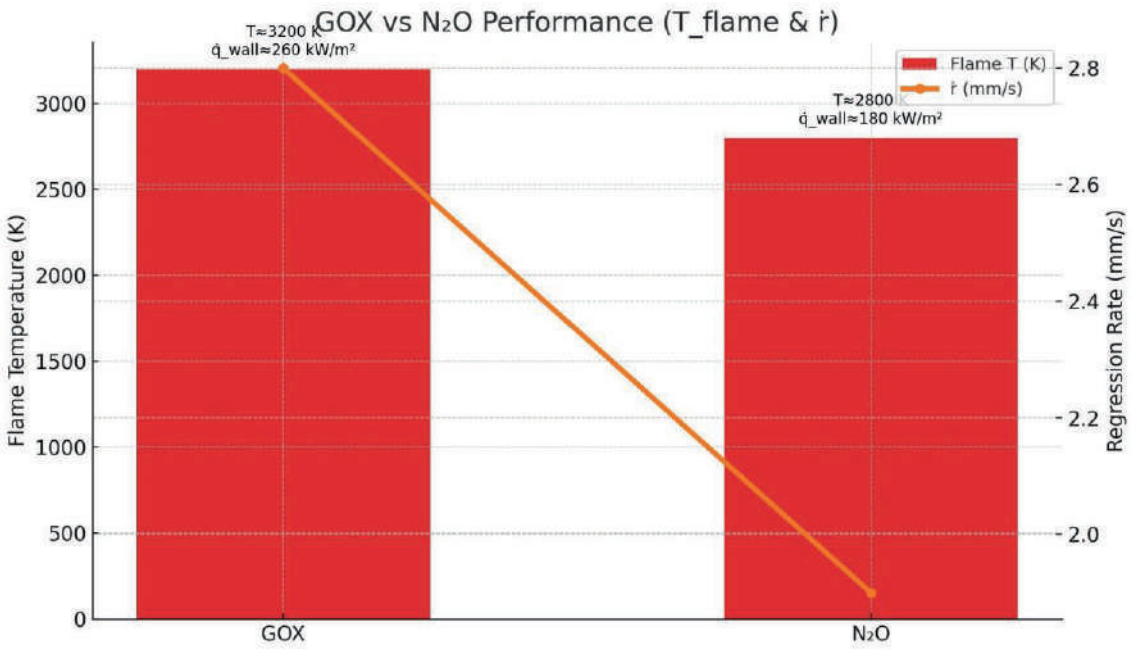
The development of rocket propulsion systems has increasingly focused on optimizing specific impulse (Isp), regression rates, and combustion efficiency.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Higher q̇_wall under GOX; influences regression rate ṙ.

6. DISCUSSION



Oxidizer properties govern flame temperature, wall heat flux, and regression rate.

GOX favors peak performance; N_2O favors stability and simpler operation.

CFD-guided injector and oxidizer strategies enable systematic performance gains.

- Increasing inlet temperature increases ṙ for both oxidizers.
- Flame recirculation zones enhance mixing.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

- Swirl injectors can further improve fuel regression.

7. CONCLUSION

Use high-resolution wall mesh and LES for accurate ṙ prediction.

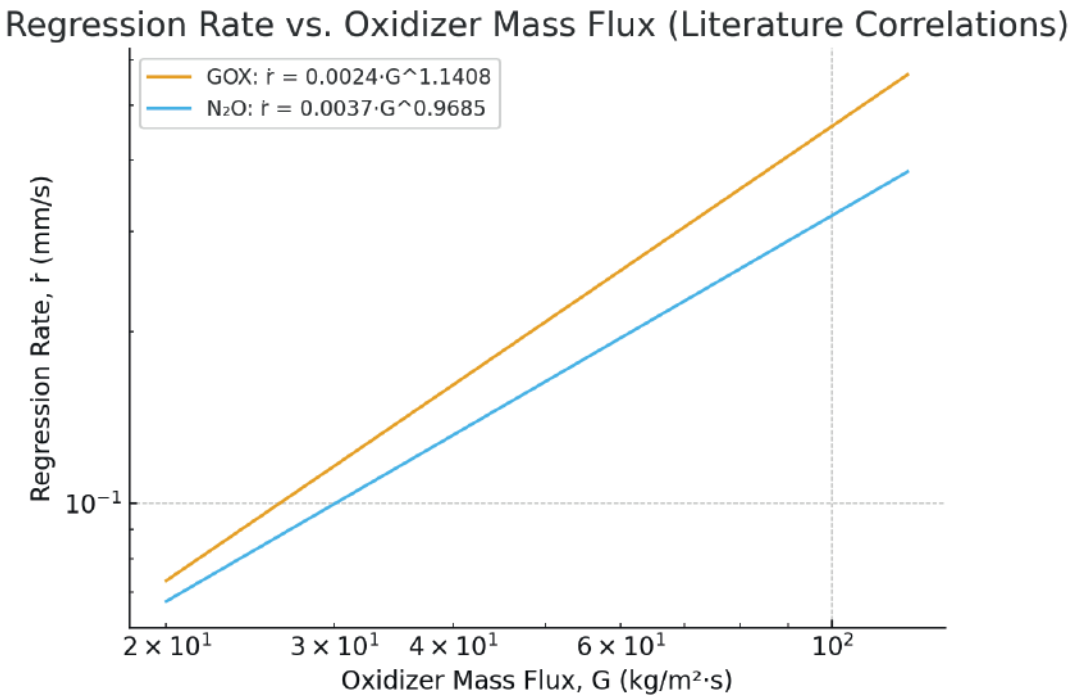
Incorporate conjugate heat transfer for long burns.

Validate with experimental data before scaling up.

Initial wall condition: fixed temperature (550 K) or adiabatic; CHT recommended for long burns.

Meshing recommendations:
•Core: predominantly hexahedral where feasible; use tetra/poly for complex blends.
•Near-wall: prism (inflation) layers 8–12; growth ratio 1.15–1.25; first cell height set from target y+.
•y+ target: <1 for wall-resolved LES; 30–100 for wall-function RANS (k–ω SST).
•Element count: ~1–2 million for baseline; perform mesh independence (≥3 meshes).
•Quality: skewness < 0.85; orthogonal quality > 0.2; check negative volumes.
• Symmetry plane(s) if used: ensure perfectly planar faces and consistent BC assignment.

7.1. Evaluation:



CFD trends consistent with literature correlations (Lee & Tsai, 2009).

Literature correlations are used as acceptance bands for CFD predictions: GOX: $\dot{r} = 0.0024 \cdot G^{1.1408}$; N_2O: $\dot{r} = 0.0037 \cdot G^{0.9685}$. Mesh/time-step independence studies should confine discrepancies within ±10%.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

8. REFERENCES

Liu, Lin-lin, Xiang He, Yin Wang, Ze-bin Chen, and Quan Guo 2020. Regression rate of paraffin-based fuels in hybrid rocket motor. Aerospace Science and Technology, 107. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ast.2020.106269.

Franco, M., F. Barato, E. Paccagnella, M. Santi, A. Battiston, A. Comazzetto, and D. Pavarin 2020. Regression rate design tailoring through vortex injection in hybrid rocket motors. Journal of Spacecraft and Rockets, 57: no. 2. 278- 290. Available at: https://doi.org/10.2514/1.A34539.

Ismail, I. I., et al. (2022). Modelling of Hybrid Rocket Flow-Fields with CFD. CFD Letters, 14(3), 53–67.

Karabeyoglu, M. A., Cantwell, B. J., & Zilliac, G. G. (2003). Vortex hybrid rocket engines: Performance improvements and stability characteristics. *Journal of Propulsion and Power, 19*(3), 497–508. https://doi.org/10.2514/2.6191.

Lee, T. S., & Tsai, H. L. (2009). Fuel Regression Rate in a Paraffin–HTPB N_2O Hybrid Rocket.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED PREDICTION OF SOLAR RADIATION FOR KARS PROVINCE IN TURKEY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF INPUT PARAMETERS

Galip Kaltakkıran[1*]

[*11]Department of Electrical-Electronics Engineering, Faculty of Engineering Department, Ardahan, Turkey.
ORCID Code: 0000-0003-2502-0078

ABSTRACT

Accurate prediction of solar radiation is essential for the efficient design and operation of solar energy systems, planning of renewable energy projects, and sustainable management of energy resources. Reliable solar radiation forecasts also support agricultural planning, climate studies, and regional energy policy development. In this study, an artificial neural network (ANN) model was developed to predict solar radiation for Kars Province in Turkey. The solar radiation, average temperature, and sunshine duration data were obtained from the Turkish State Meteorological Services. Data from 2000 to 2020, corresponding to 80% of the dataset, were used for training the model, while data from 2021 to 2024 (20% of the dataset) were reserved for testing. The number of hidden layers and the number of neurons in each layer were adjusted to determine the optimal model parameters. Solar radiation was considered as the output parameter, while three different sets of input parameters were tested: (i) year and month, (ii) year, month, and average temperature, and (iii) year, month, and sunshine duration. The best predictive performance was achieved with the model incorporating year, month, and sunshine duration, yielding an R^2 of 0.966 and an RMSE of 1.193. The proposed ANN model demonstrates its effectiveness as a reliable tool for forecasting solar radiation, providing valuable insights for energy planning and management in regions with variable climatic conditions.

Keywords: Solar radiation, Estimation, Artificial neural network, Kars/Turkey.

INTRODUCTION

Accurate prediction of solar radiation is crucial for the efficient design and operation of solar energy systems, renewable energy planning, and sustainable energy management. Due to temporal and spatial variability, predicting solar radiation requires considerable effort. In this context, artificial neural networks (ANNs) have increasingly proven to be effective in modeling complex nonlinear relationships.

ANN models, capable of learning from past data without the need for explicit physical equations, have recently become a focal point. In this regard, Yuzer (2025) compared different calculation and ANN

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

models for solar radiation prediction in Southeastern Turkey. The most successful predictions were obtained using sunshine-based calculation models and hybrid ANN models, whereas temperature-based models were found insufficient for the region. Güner (2023) predicted the monthly average solar radiation for Elazığ, Turkey, using ANN. The developed model demonstrated high accuracy with an R^2 of 96.6% and a MAE of 3.9%. Similarly, Kaba et al. (2018) applied a deep learning (DL) approach for predicting solar radiation (SR) at 30 stations across Turkey. Astronomical factors, extraterrestrial radiation, and climatic variables (sunshine duration, cloudiness, minimum and maximum temperatures) were used as model inputs, and the model was trained and tested with data from 2001–2007.

Şeker (2021) developed an ANN-based method for predicting solar radiation exposure for photovoltaic systems using meteorological data. The study employed measurements from a station in Porto, Portugal, between January 1 and May 30, 2015, and modeled a feedforward ANN in Matlab. The predicted solar radiation values were statistically compared with measured and theoretically calculated values, showing an accuracy of 99% under sunny conditions and 96% under cloudy or rainy conditions.

A similar study by Basaran et al. (2019) investigated the effectiveness of ensemble learning methods for hourly solar radiation prediction in five cities across Turkey. SVR, ANN, and decision tree (DT) base models were created and tested, and then boosting and bagging ensembles were developed. The results showed that ensemble models improved the RMSE of the base models by 4.6–14.6%, indicating that ensemble methods effectively enhance prediction accuracy in solar radiation forecasting.

Ozgoren et al. (2012) developed an ANN model based on multi-nonlinear regression (MNLR) to estimate the monthly average daily total solar radiation at any location in Turkey. The Stepwise MNLR model was applied to determine the most suitable input variables using measurement data from 31 stations between 2000 and 2006. Model results were compared with actual measurements, and error values were found to be within acceptable limits. For the testing dataset, the mean absolute percentage error (MAPE) was 5.34%, and the correlation coefficient (R) was 0.9936.

Similar ANN-supported prediction studies have also been conducted in different regions of the world. For instance, Rocha et al. (2019) developed three ANN models to predict daily, weekly, and monthly average solar radiation using 14 years of daily meteorological data for Fortaleza in northeastern Brazil. Model input parameters included day of the year, temperatures, irradiance, precipitation, cloudiness, extraterrestrial radiation, humidity, evaporation, and wind speed. The models were trained using the Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno (BFGS) algorithm. Based on normalized RMSE and MAPE values, the predictions were found to be highly accurate, with the lowest errors observed in the monthly predictions.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

In this study, multilayer perceptron (MLP) ANN models were developed to predict the monthly global solar radiation for Kars, Turkey, using measurement data obtained from the Turkish State Meteorological Service. Three different input configurations were tested, and the prediction performance of the models was evaluated using R^2, RMSE, and MAE to determine the most reliable model for solar energy planning in regions with variable climate conditions.

MATERIALS AND METHODS

In the ANN modeling process, a multilayer perceptron (MLP) architecture was designed using different sets of input parameters. A total of three different models were developed. The input parameters of the first model are year and month. The second model includes year, month, and average ambient temperature as input parameters. The third model was constructed using year, month, and sunshine duration as inputs. In all models, the global solar radiation serves as the common output parameter.

The developed ANN models are presented in Figure 1. The diagrams illustrate a multilayer neural network consisting of an input layer with a specified number of neurons, two hidden layers, and an output layer. This architecture allows the network to learn the complex nonlinear relationships between the input parameters and the target solar radiation outputs.

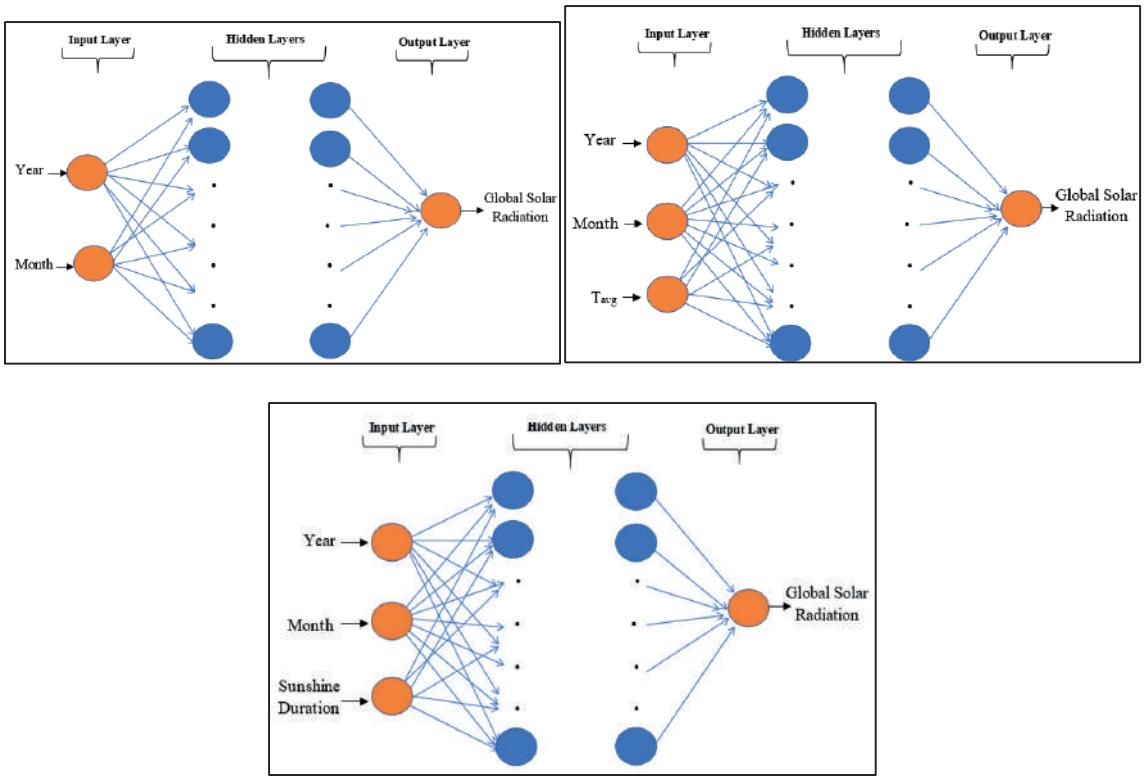


Figure 1. Architecture of the Proposed ANN Models 1, 2, and 3.

In models, the number of neurons and activation functions in the input and hidden layers were varied to observe the changes in the Coefficient of Determination (R^2), Mean Absolute Error (MAE), and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Root Mean Square Error (RMSE) values. By adjusting the learning rate and performing several trials, the most suitable model configuration was determined. To train and validate the models, a meteorological dataset consisting of measured data from 2000 to 2024 (a total of 25 years) was utilized. While measurement data between the years 2000-2020 was used in training the model, the data set between the years 2021-2024 was used in testing. Considering the monthly data, a total of 300 data points were used. Among these, 80% were randomly selected for training, while the remaining 20% were used for testing. Detailed descriptions of the study area are summarized in Table 1. The parameters of the ANN model are summarized in Table 2.

Table 1. Geographical and Temporal Characteristics of the Study Area

Location	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Period	Total years
Kars	40.60°	43.11°	1777	2000-2024	25

Table 2. Selected Model Parameters

Numbers of Hidden Layers		2
Numbers of Neurons	Input Layer	3
	Hidden Layer	16-16
	Output Layer	1
Activation Functions	Input Layer	relu
	Hidden Layer	relu
	Output Layer	linear
Learning Rate/ Epoch		0.001/500

The prediction performance of the developed ANN models was evaluated using three commonly employed statistical performance metrics in the literature: Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and the Coefficient of Determination (R^2). These statistical indicators quantitatively express how well the predicted values of the model correspond to the measured data. RMSE represents the standard deviation of the residuals and indicates the average magnitude of the differences between the predicted and actual values. Since RMSE places greater emphasis on larger errors, it reveals the model's sensitivity to high-error cases. The closer the RMSE value is to zero, the higher the prediction accuracy, indicating that the estimated values are closer to the actual observations. RMSE is mathematically expressed as follows Eq. (1).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$RMSE = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2\right)^{1/2} \quad (1)$$

R^2 is a measure that determines how well the model explains the variability observed in the data. An R^2 value approaching 1 indicates a strong correlation between the model predictions and the observed data, demonstrating that the model successfully captures the underlying trend. MAE, on the other hand, represents the average absolute difference between the predicted and measured values and provides an intuitive measure of the overall prediction accuracy. Unlike RMSE, MAE assigns equal weight to all errors and is less sensitive to large deviations. In general, a higher R^2 value combined with lower RMSE and MAE values indicates that the model exhibits strong predictive performance and produces reliable results. R^2 and MAE are mathematically expressed as follows Eqs. (2)- (3).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i| \quad (3)$$

where y_i and $\hat{y}_i$ represent the *i*th measured and predicted values, respectively. $\bar{y}_i$ denotes the average of the measured values, and n represents the total number of data set.

RESULTS AND DISCUSSION

While measurement data between the years 2000-2020 was used in training the model, the data set between the years 2021-2024 was used in testing. The prediction results obtained from the trained network were compared with the measured solar radiation data. Comparisons of the prediction results and the measured values for all models are presented in Figure 2.

The data from the period **2021–2024** were used for testing the models. Comparisons of the solar radiation test results of the first, second, and third models with the measured solar radiation data for 2021–2024 are presented in **Figures 3–5,** respectively.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

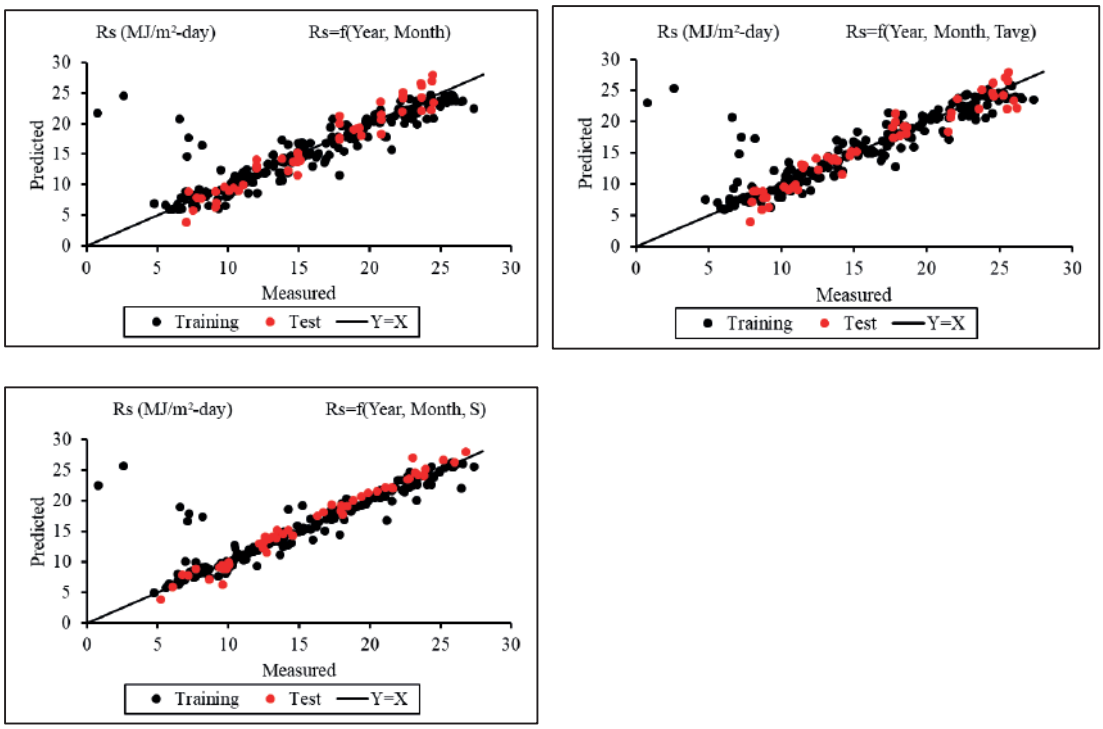


Figure 2. Parity Plot Between Test and Training ANN Models 1, 2, and 3.

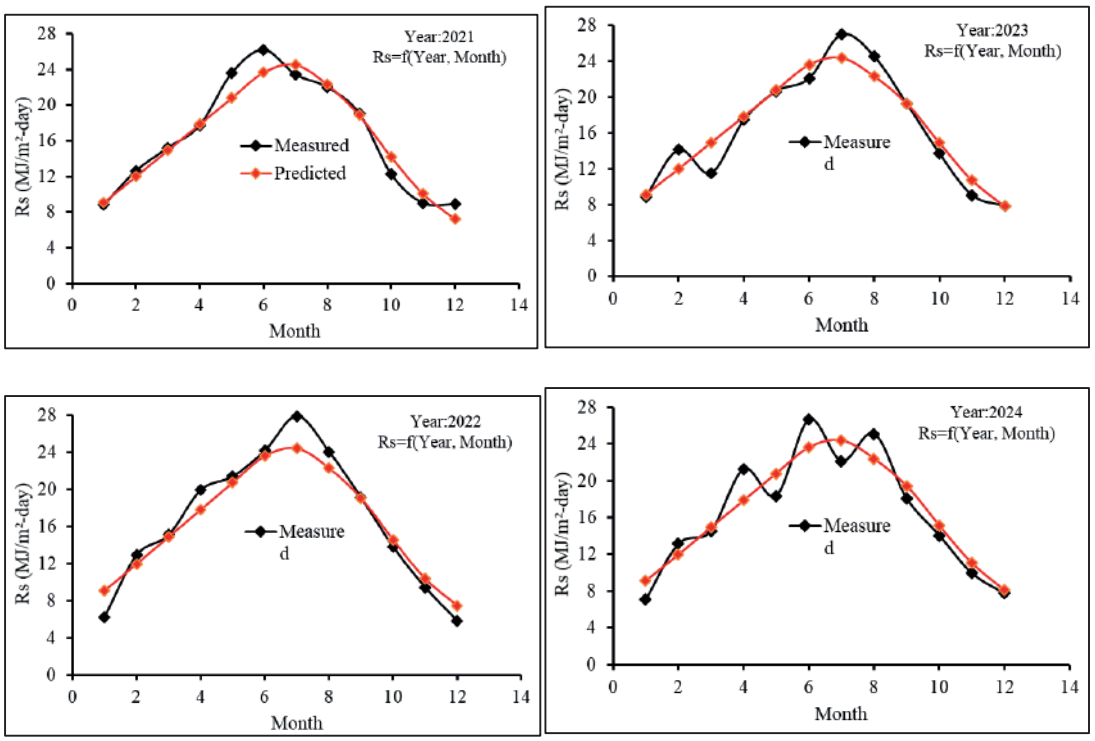


Figure 3. Variation of Solar Radiation Between Model-1 Test Results and Measured Data

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

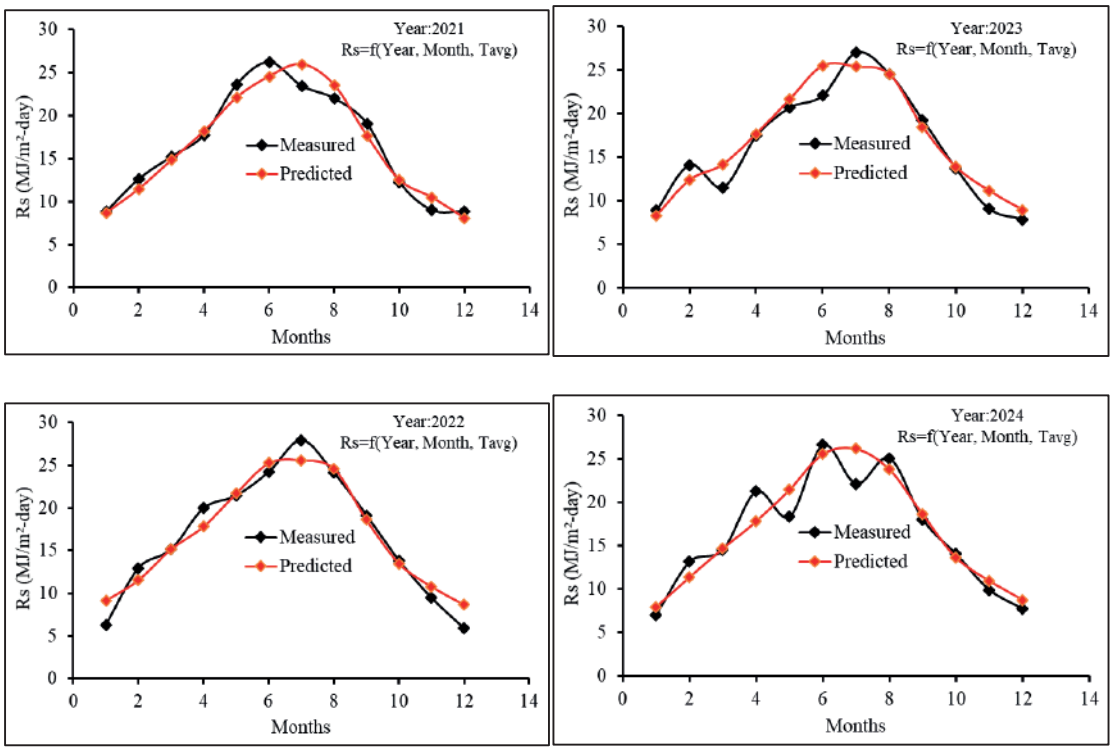


Figure 4. Variation of Solar Radiation Between Model-2 Test Results and Measured Data

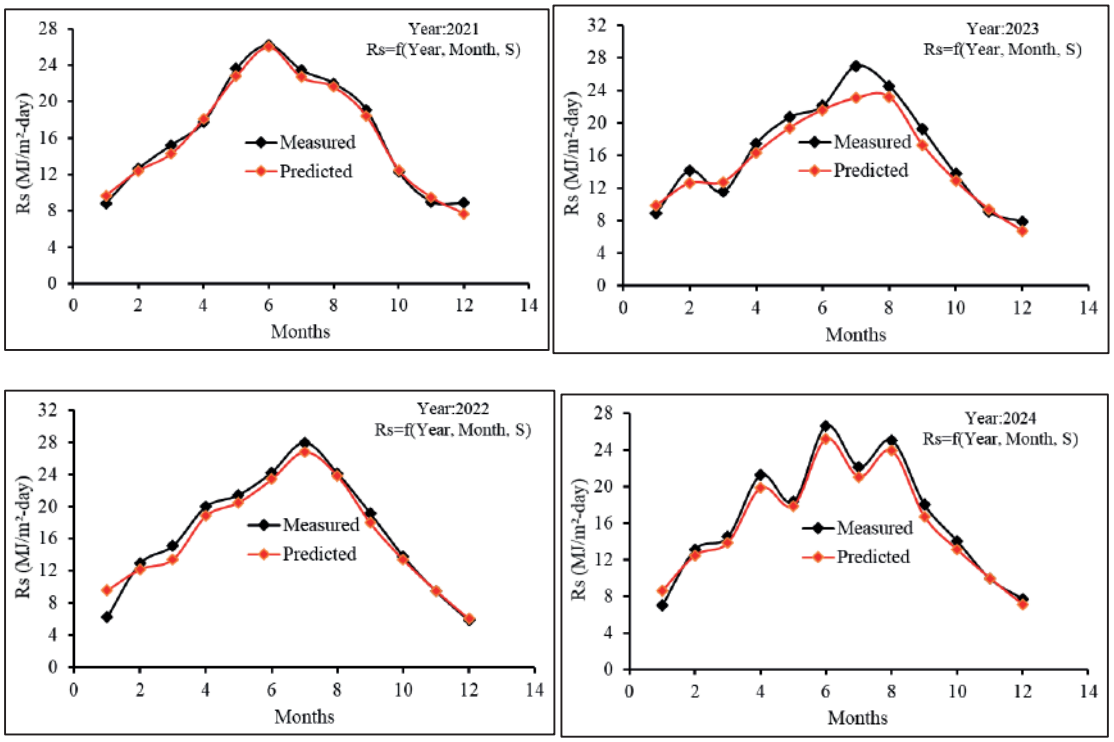


Figure 5. Variation of Solar Radiation Between Model-3 Test Results and Measured Data

The performance of the three developed ANN models is summarized in **Table 3**. All three models demonstrated high predictive accuracy, with R^2 values exceeding 0.93, indicating a strong correlation

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

between the predicted and observed solar radiation values. Among the models, **Model-3** exhibited the highest performance, achieving an R^2 of 0.966, an RMSE of 1.193, and a MAE of 0.955, demonstrating more accurate predictive capability compared to Model-1 and Model-2. The lower RMSE and MAE values observed for Model-3 indicate that the network was able to more accurately capture the nonlinear relationships between the input parameters and the target solar radiation outputs. Overall, while all models were effective**, Model-3** provided the most reliable and precise predictions compared to the other models.

Table 3 Performance Metrics of the ANN Models

Model	Performance Metric		
	R^2	RMSE	MAE
Model-1	0.930	1.721	1.363
Model-2	0.931	1.704	1.347
Model-3	0.966	1.193	0.955

CONCLUSION

The ANN models developed in this study proved to be highly effective in predicting monthly global solar radiation for Kars Province, Turkey. While all three models demonstrated strong predictive performance, Model-3, which used year, month, and sunshine duration as input parameters, outperformed the others, achieving R^2 of 0.966, RMSE of 1.193, and MAE of 0.955. This highlights that including sunshine duration significantly enhances the model's capability to capture the nonlinear relationships between input variables and solar radiation. Comparisons of the model test results for the period 2021–2024 with the measured data further confirmed the reliability and robustness of Model-3. Overall, the proposed ANN model provides valuable support for the design and operation of various solar energy systems, renewable energy planning, and sustainable management of energy resources, including in regions with variable climatic conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank the Turkish State Meteorological Service for providing the necessary data.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

REFERENCES

Basaran K, Özçift A, Kılınç,D 2019. A new approach for prediction of solar radiation with using ensemble learning algorithm. Arabian Journal for Science and Engineering, 44(8): 7159-7171.

Güner E 2023. Prediction of Global Solar Radiation Intensity of Elazığ City with Artificial Neural Network. 7th International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences.

Kaba K, Sarıgül M, Avcı M, Kandırmaz HM 2018. Estimation of daily global solar radiation using deep learning model. Energy, 162: 126-135.

Ozgoren M, Bilgili M, Sahin B 2012. Estimation of global solar radiation using ANN over Turkey. Expert systems with applications, 39(5): 5043-5051.

Rocha PC, Fernandes JL, Modolo AB, Lima RP, da Silva MV, Bezerra CD 2019. Estimation of daily, weekly and monthly global solar radiation using ANNs and a long data set: a case study of Fortaleza, in Brazilian Northeast region. International Journal of Energy and Environmental Engineering, 10(3): 319-334.

Şeker, M. (2021). Solar radiation estimation based on meteorological data using artificial neural network (ANN). Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering, 23(69): 923-935.

Yuzer EO 2025. Comparison of calculation methods and artificial neural network results in regional solar irradiation prediction. Electrical Engineering, 107(6): 7115-7135.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF LAUREL ESSENTIAL OIL (*LAURUS NOBILIS* L.) AGAINST THE FISH PATHOGEN *AEROMONAS VERONII*

Serdar BEKTAŞ[1*], Murat ÖZDAL[2], İrem ÇELİK[2]

[1] Atatürk University, Aquaculture Faculty Department of Fisheries, Erzurum, Türkiye
serdar.bektas@atauni.edu.tr, ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-9620-4969, 05064077591
[2] Atatürk University, Science Faculty, Department of Biology, 25240, Erzurum, Türkiye
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0001-8800-1128
ORCID: https://orcid.org/ 0009-00009760-166X

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the potential antimicrobial activity of bay laurel (Laurus nobilis L.) essential oil (LEO) against *Aeromonas veronii*, an important bacterial pathogen responsible for infections in aquaculture. Finding natural alternatives to conventional antibiotics is critical for sustainable fish health management and minimizing reliance on pharmaceutical interventions in farming. Bay laurel essential oil is known for its potent antibacterial properties, thanks to its rich composition of bioactive compounds such as 1,8-cineole, α-terpinyl acetate, and linalool. The results showed that L. nobilis essential oil exhibited potent antibacterial activity against *A. veronii*. The inhibition zone diameter, measured by disk diffusion, was 19.4 ± 0.6 mm, indicating a significant inhibitory effect. The MIC value was determined as 125 µg/mL, indicating potent growth suppression even at low concentrations. Morphological observations under light microscopy revealed significant cellular damage in treated bacterial cells, suggesting disruption of cell membrane integrity and leakage of intracellular contents. The antibacterial effect is likely attributed to the synergistic effect of the oil's oxygenated monoterpenes, which interact with the lipid bilayer and increase membrane permeability. These findings indicate that Laurus nobilis essential oil possesses promising antibacterial properties against *Aeromonas veronii*, a pathogen responsible for motile aeromonas septicemia in fish and opportunistic infections in humans. The natural bioactive compounds in L. nobilis could serve as eco-friendly alternatives or complementary agents to conventional antibiotics in aquaculture disease management. Further in vivo and molecular studies are recommended to elucidate the mechanisms of action and to evaluate the practical applicability of L. nobilis essential oil in controlling Aeromonas-related infections.

Keywords: *Laurus nobilis*, *Aeromonas veronii*, essential oil, antibacterial activity

INTRODUCTION

Aquaculture is one of the fastest-growing sectors in the global food system and plays a critical role in meeting the animal protein needs of a rapidly growing global population. However, these intensive

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

production systems come with high disease risks. Bacterial infections are a major challenge for the aquaculture sector, leading to morbidity and high mortality rates, resulting in billions of dollars in annual economic losses (Xu et al., 2024; Yasin et al., 2025). Among these bacterial pathogens, *Aeromonas veronii*, a Gram-negative, opportunistic pathogen, is gaining increasing importance as the primary cause of septicemia, skin ulcers, and hemorrhagic syndromes in freshwater and marine fish (especially in commercial species such as tilapia, carp, and sea bass) worldwide (Argayosa et al., 2024; Fadel et al., 2025). The increasing virulence of *A. veronii* and its resistance to a wide range of antibiotics make the disease difficult to control and poses a serious threat to both animal and public health.

This dependence on traditionally used antibiotics poses serious risks, such as environmental pollution and the spread of antibiotic resistance genes that infect humans and livestock (Acar et al., 2014). Therefore, the aquaculture industry must turn to sustainable, safe, and environmentally friendly alternative treatment and prevention strategies.

Essential oils (EOs) derived from medicinal and aromatic plants are considered promising natural agents in this quest. Essential oils are complex mixtures of lipophilic bioactive compounds such as terpenes, terpenoids, and phenylpropenes, and possess potent antimicrobial, antioxidant, and immunostimulatory properties (Burt, 2004). Bay laurel (Laurus nobilis L.) essential oil (LEO) is an indispensable part of Mediterranean cuisine and has been used in traditional medicine for centuries. The phytochemical content of LEO consists primarily of oxygenated monoterpenes such as 1,8-cineole, linalool, sabinene, and alpha-terpinyl acetate (Khodja et al., 2023; Shehata et al., 2025). The effectiveness of LEO on foodborne and spoilage pathogens has been documented in the literature.

This study aimed to investigate in detail the antimicrobial potential of bay laurel essential oil against isolates of *Aeromonas veronii*, a vital aquaculture pathogen, in vitro. The obtained data will shed light on the potential use of bay laurel essential oil as a natural dietary supplement or therapeutic alternative in combating infections caused by *A. veronii*.

MATERIALS AND METHODS

Essential Oil and Bacterial Strain

The essential oil of bay laurel (*L. nobilis* L.) used in this study was obtained by hydrodistillation. The bacterial strain tested, *Aeromonas veronii*, was isolated from seawater. The isolated bacteria are stored in nutrient broth with 20% glycerol at -20 °C.

Extraction of Essential Oil and Chemical Characterization

Oils were obtained from fresh L. nobilis leaves using a Clevenger apparatus. Excess water was removed with sodium sulfate and stored in dark bottles at 4°C. Chemical components of essential oil were analyzed byGC-MS(Bektaşetal.,2023).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Antibacterial Assay

Antimicrobial activity was evaluated using the disk diffusion method. Sterile paper disks (6 mm) were impregnated with 10 µL of L. nobilis essential oil. After 24 h of incubation, inhibition zones were measured in millimeters.

RESULTS AND DISCUSSION

Laurus nobilis essential oil exhibited potent antibacterial activity against *A. veronii* (Table 1). The inhibition zone diameter was 19.4 ± 0.6 mm, indicating effective growth inhibition. Concentration tests have shown that as the concentration of bay laurel essential oil increases, the inhibition zone diameter also increases. This finding indicates a dose-dependent antimicrobial relationship. Studies have generally found inhibition zone diameters caused by bay laurel essential oil to range between 9.50 mm and 18.50 mm (Tural et al., 2019).

The observed antibacterial activity may be due to the synergistic effects of oxygenated monoterpenes such as 1,8-cineole and eugenol, which can disrupt bacterial membranes, alter cell permeability, and cause leakage of cytoplasmic contents. Similarly, previous studies have reported that *L. nobilis* EO exhibits potent inhibitory effects against different bacterial species.

Table 1. Antibacterial effect of *Laurus nobilis* essential oil against *Aeromonas veronii*

LEO (%)	Inhibition Zone Diameter (mm)
2.5	12.10±0.52
5.0	15.80±0.48
10.0	19.4±0.60

CONCLUSION

The data obtained indicate that bay laurel essential oil has effective antimicrobial potential against *Aeromonas veronii*. These findings support the use of LEO or formulations containing its main components as a natural therapeutic agent in aquaculture and offer a viable alternative to antibiotics. Further research is essential to determine the practical application of LEO in fish farming.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

REFERENCES

Acar, U., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., Gültepe, N., & Türker, A. (2014). Evaluation of the effects of essential oil extracted from sweet orange peel (*Citrus sinensis*) on growth rate of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and possible disease resistance against *Streptococcus iniae*. *Aquaculture*, 432, 282-286.

Argayosa, A. M., Santos, M. N. M., Argayosa, V. B., Pakingking Jr, R. V., Buhian, W., Salvador, M. L., & Teh, R. E. (2024). Pathogenicity of *Aeromonas veronii* from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and efficacy of fish oral vaccine against motile aeromonad septicemia in tank trials. *Aquaculture Journal*, *4*(3), 163-179.

Bektaş, S., Özdal, M., & Gürkök, S. (2023). Determination of antibacterial and antibiofilm activities for laurel (*Laurus nobilis* L.) essential oil against the fish pathogen Pseudomonas species. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, *9*(1), 25-33.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.

Fadel, A., Mahmoud, M. A., Abdelsalam, M., Eissa, E. S. H., & Sherif, A. H. (2025). Aeromonas veronii infection in cultured *Oreochromis niloticus*: prevalence, molecular and histopathological characterization correlated to water physicochemical characteristics, with the protective autochthonous probiotic. *Aquaculture International*, *33*(4), 298.

Khodja, Y. K., Bachir-Bey, M., Belmouhoub, M., Ladjouzi, R., Dahmoune, F., & Khettal, B. (2023). The botanical study, phytochemical composition, and biological activities of *Laurus nobilis* L. leaves: A review. *International Journal of Secondary Metabolite*, *10*(2), 269-296.

Shehata, A. I., Shahin, S. A., Taha, S. A., Elmaghraby, A. M., Alhoshy, M., Soliman, A. A., ... & El Basuini, M. F. (2025). Essential Oil of Bay Laurel (*Laurus nobilis*) Enhances Growth and Immunity in Cold-Stressed Nile Tilapia (Oreochromis Niloticus). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*.

Tural, S., Durmaz, Y., Urçar, E., & Turhan, S. (2019). Antibacterial activity of thyme, laurel, rosemary and parsley essential oils against some bacterial fish pathogen. *Acta Aquatica Turcica*, *15*(4).

Xu, S., Huang, W., Zheng, T., Jin, S., Wei, Z., & Guan, B. (2024). Natural Co-Infections of *Aeromonas veronii* and Yellow Catfish Calicivirus (YcCV) in Ascites Disease Outbreaks in Cultured Yellow Catfish: An Emerging Fish Disease in China. *Animals*, *14*(22), 3289.

Yasin, I. S. M., Mohamad, A., Azzam-Sayuti, M., Saba, A. O., & Azmai, M. N. A. (2025). Disease Management in Aquaculture. *Management of Fish Diseases*, 437-464.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

SYNERGISTIC EFFECT OF *LAURUS NOBILIS* L. ESSENTIAL OIL COMBINED WITH ANTIBIOTICS AGAINST *PSEUDOMONAS AERUGINOSA*

Serdar BEKTAŞ[1*], Murat ÖZDAL[2], Sumeyra GURKOK[2]

[1] Atatürk University, Aquaculture Faculty Department of Fisheries,25240, Erzurum, Türkiye
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-9620-4969
[2] Atatürk University, Science Faculty, Department of Biology, 25240, Erzurum, Türkiye
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0001-8800-1128
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-2707-4371

ABSTRACT

Increasing resistance of *Pseudomonas aeruginosa* to conventional antibiotics poses a significant challenge for effective antimicrobial therapy. This study aimed to evaluate the synergistic antibacterial effects of the essential oil (EO) of *Laurus nobilis* L. in combination with selected antibiotics—erythromycin (15 µg), oxolinic acid (2 µg), and netilmicin (30 µg)—against *P. aeruginosa*. The antibacterial activities of the antibiotics, alone and in combination with the essential oil, were evaluated using the disk diffusion method. Inhibition zone diameters were measured in millimeters to determine the extent of bacterial growth inhibition and possible synergistic interactions. The results revealed that the essential oil alone exhibited moderate antibacterial activity, producing an inhibition zone of 9.0 ± 0.3 mm. When combined with antibiotics, the inhibition zones increased significantly, indicating synergistic or additive effects. The most pronounced synergistic interaction was observed with the combination of *L. nobilis* EO and netilmicin, where the inhibition zone expanded from 17.6 ± 0.5 mm (antibiotic alone) to 23.4 ± 0.4 mm. Erythromycin and oxolinic acid also showed a notable increase in antibacterial activity, from 10.2 ± 0.4 mm to 16.8 ± 0.5 mm and from 13.5 ± 0.3 mm to 18.2 ± 0.6 mm, respectively. These findings suggest that the bioactive components of *L. nobilis* EO, such as 1,8-cineole, eugenol, and α-terpinyl acetate, may disrupt bacterial cell membranes, thereby facilitating antibiotic penetration and enhancing antimicrobial efficacy. In conclusion, *Laurus nobilis* essential oil was determined to exhibit significant synergistic potential when used in conjunction with conventional antibiotics against *P. aeruginosa*. The increased zones of inhibition suggest that essential oil-antibiotic combinations may be promising alternatives for combating antibiotic-resistant bacterial infections. Further studies are needed to confirm these interactions and evaluate their potential clinical applications.

Keywords: *Laurus nobilis*, Essential Oil, Synergistic, Antibacterial, *Pseudomonas aeruginosa*

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTRODUCTION

Antimicrobial resistance (AMR) is one of the most serious threats to public health, reducing the effectiveness of traditional antibiotics and complicating the treatment of these pathogens. Pseudomonas aeruginosa, a Gram-negative opportunistic pathogen, is of particular concern due to its resistance mechanisms, such as efflux pumps, low membrane permeability, and biofilm formation (Poole, 2011). These characteristics make P. aeruginosa responsible for many serious nosocomial infections, particularly in immunocompromised individuals (Lister et al., 2009). As antibiotic resistance continues to increase, researchers are increasingly investigating alternative and complementary antimicrobial agents derived from natural products.

Essential oils, complex mixtures of volatile compounds obtained from aromatic plants, contain bioactive molecules with antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory properties (Burt, 2004). Among these, the essential oil of Laurus nobilis L. (laurel) has been reported to contain important components such as 1,8-cineole, α-terpinyl acetate, and eugenol, which exhibit potent antimicrobial activity against both Gram-positive and Gram-negative bacteria (Souza et al., 2011; Fidan et al., 2019).

Combining essential oils with traditional antibiotics has emerged in recent years as an effective approach to overcoming antimicrobial resistance. Such combinations can produce synergistic effects, increasing bacterial susceptibility and reducing the required antibiotic dose (Bassolé and Juliani, 2012). Essential oil components can disrupt bacterial membranes or disrupt efflux pumps, facilitating antibiotic entry into bacterial cells.

The aim of this study was to investigate the synergistic antibacterial effects of Laurus nobilis essential oil against *Pseudomonas aeruginosa* when used in combination with selected antibiotics such as erythromycin, oxolinic acid and netilmicin.

MATERIALS AND METHODS

Plant Material and Essential Oil Extraction

Fresh leaves of Laurus nobilis L. (bay laurel) were taxonomically verified at the Department of Biology at Atatürk University in Erzurum. The leaves were air-dried in the shade at room temperature (25 ± 2°C) for 10 days and then ground into powder. Essential oil (EO) extraction was performed via hydrodistillation using a Clevenger-type apparatus. Sodium sulfate was used to dehydrate the resulting oil and stored at 4°C in dark bottles until further analysis (Bektaş et al., 2023).

Bacterial Strain and Culture Conditions

Pseudomonas aeruginosa OG1 was used as the test organism. The strain was cultured on Mueller-Hinton agar (MHA; Merck, Germany) and incubated at 37°C for 24 hours before use in antimicrobial assays. Bacterial suspensions were standardized to 0.5 McFarland (Bektas et al., 2025).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Antimicrobial Activity Assay

Three commonly used antibiotics were selected: erythromycin (15 µg), oxolinic acid (2 µg), and netilmicin (30 µg). Commercial antibiotic disks (Oxoid) were used for antimicrobial susceptibility testing. For synergistic combination tests, each antibiotic disk was supplemented with 10 µL of L. nobilis essential oil using a micropipette. Plates were incubated at 37°C for 24 hours, and inhibition zones were measured in millimeters (mm). EO alone and an untreated control disk were also tested.

RESULTS AND DISCUSSION

The antimicrobial activities of Laurus nobilis essential oil (EO) and antibiotics, alone and in combination, against Pseudomonas aeruginosa are presented in Table 1. The essential oil showed moderate antibacterial activity (9.0 ± 0.3 mM). Among the antibiotics tested, netilmicin (17.6 ± 0.5 mM) showed the most potent activity, followed by oxolinic acid (13.5 ± 0.3 mM) and erythromycin (10.2 ± 0.4 mM). When used in combination with L. nobilis EO, all antibiotics showed a significant increase in the zones of inhibition, confirming their synergistic effects. The highest synergism was observed with the netilmicin-EO combination, which increased the zone diameter of inhibition by approximately 5.8 mm compared to either antibiotic alone. This suggests that L. nobilis EO components, such as 1,8-cineole and eugenol, may enhance antibiotic uptake by disrupting bacterial membrane permeability.

When viewed carefully, the data suggest that the combination of essential oils with conventional antibiotics may be an alternative strategy to overcome antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*.

These results are consistent with previous studies reporting synergistic effects of plant-derived essential oils and antibiotics against Gram-negative bacteria (Bassolé and Juliani, 2012; Fidan et al., 2019).

Treatment	**Inhibition Zone (mm) ± SD**
Control (no treatment)	0.0
L. nobilis EO	9.0 ± 0.3
Erythromycin (15 µg)	10.2 ± 0.4
Erythromycin + *L. nobilis* EO	16.8 ± 0.5

Oxolinic acid (2 µg)	13.5 ± 0.3
Oxolinic acid + *L. nobilis* EO	18.2 ± 0.6
Netilmicin (30 µg)	17.6 ± 0.5
Netilmicin + *L. nobilis* EO	23.4 ± 0.4

Table 1. Synergistic effect of *Laurus nobilis* essential oil with antibiotics against *Pseudomonas aeruginosa*

CONCLUSION

This study demonstrated that the essential oil of *Laurus nobilis* L. exhibited significant synergistic antibacterial effects when used in combination with commercial antibiotics against *P. aeruginosa*. The essential oil alone exhibited moderate inhibition, but antibacterial activity was significantly enhanced when used with erythromycin, oxolinic acid, or netilmicin. The highest synergistic effect was achieved with netilmicin, suggesting that the essential oil components facilitate the passage of antibiotics across bacterial membranes, possibly disrupting resistance mechanisms.

REFERENCES

Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, *17*(4), 3989-4006.

Bektas, S., Ozdal, M., & Gürkök, S. (2025). Characterization of the active compounds of *Satureja hortensis* L. aerial parts essential oil and its antioxidant, antimicrobial, and anti-biofilm properties against fish pathogenic microorganisms. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 1-13.

Bektaş, S., Özdal, M., & Gürkök, S. (2023). Determination of antibacterial and antibiofilm activities for laurel (*Laurus nobilis* L.) essential oil against the fish pathogen Pseudomonas species. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, *9*(1), 25-33.

Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.

Fidan, H., Stefanova, G., Kostova, I., Stankov, S., Damyanova, S., Stoyanova, A., & Zheljazkov, V. D. (2019). Chemical composition and antimicrobial activity of *Laurus nobilis* L. essential oils from Bulgaria. *Molecules*, *24*(4), 804.

Lister, P. D., Wolter, D. J., & Hanson, N. D. (2009). Antibacterial-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: Clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms. *Clinical Microbiology Reviews*, 22(4), 582–610.

Poole, K. (2011). *Pseudomonas aeruginosa*: resistance to the max. *Frontiers in Microbiology*, 2, 65.

Souza, E. L., Stamford, T. L. M., Lima, E. O., Trajano, V. N., & Barbosa-Filho, J. M. (2011). Antimicrobial effectiveness of spices: An approach for use in food conservation systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(4), 549–558.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AÇIK TİP DİKEY SOĞUTUCU TEŞHİR DOLAPLARINDA HAVA PERDESİ ÜFLEME AÇIKLIĞI (DAG) HIZ PROFİLİ OPTİMİZASYONU VE YÖNLENDİRİCİ SAC GEOMETRİSİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Haluk ERDOĞAN

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO: 0009-0008-4729-9122

Ali Fatih YÜKSEL

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO: 0000-0002-0469-843X

ÖZET

Açık tip dikey soğutucu teşhir dolaplarında, kabin içi soğuk hava ile ortam havası arasındaki hava alışverişini en aza indirmek amacıyla hava perdeleri kullanılmaktadır. Literatürde yapılan CFD tabanlı çalışmalar, hava perdesini oluşturan üfleme açıklığındaki hız profilinin, kabin içindeki sıcaklık dağılımı ve soğutma yükü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle yönlendirici plaka geometrisine bağlı olarak değişen hız profilleri, hava perdesinin kararlılığı ve termal performansını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, Navaz ve arkadaşları tarafından tanımlanan Termal Entrainment Faktörü (TEF) esas alınarak, açık tip dikey teşhir dolaplarında üfleme açıklığı boyunca en uygun hız profilinin belirlenmesine yönelik bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Belirlenen hız profilleri temel alınarak, bu profillerin elde edilmesini sağlayacak en uygun yönlendirici plaka geometrisi tasarlanmıştır. Analizler, iki boyutlu (2D) koşullar altında yürütülmüş; CFD sonuçları değerlendirilerek farklı geometrik konfigürasyonlar arasından en uygun üç tasarım senaryosu seçilmiştir. Bu tasarımlar, ilerleyen aşamalarda gerçekleştirilecek deneysel çalışmalar için temel girdi oluşturacaktır. Çalışmanın temel amacı, test çalışmaları öncesinde en uygun yönlendirici sac geometrisini belirleyerek, deneysel süreçlerde yaşanabilecek zaman ve kaynak kayıplarını en aza indirmektir. Sonuç olarak, literatürde tanımlanan denklemlerden yararlanılarak sistem için uygun yönlendirici sac geometrisinin HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) yöntemiyle belirlenebileceği gösterilmiştir. Bu yönüyle çalışma, ilerleyen aşamalarda gerçekleştirilecek deneysel doğrulama ve performans analizlerine öncülük edecek niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Perdesi, Discharge Air Grill (DAG), Termal Entrainment Faktörü (TEF), CFD, Optimizasyon, Yönlendirici Sac Geometrisi, Enerji Verimliliği

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Optimisation of the Air Curtain Discharge Air Grille (DAG) Velocity Profile and Determination of the Guide Vane Geometry in Open-Fronted Vertical Refrigerated Display Cabinets

ABSTRACT

In open-fronted vertical refrigerated display cabinets, air curtains are employed to minimise the exchange of air between the cold air inside the cabinet and the ambient air. CFD-based studies in the literature have revealed that the velocity profile at the discharge air grille, which forms the air curtain, has a significant effect on the temperature distribution and cooling load within the cabinet. In particular, velocity profiles, which vary depending on the geometry of the guide vane, directly affect the stability and thermal performance of the air curtain. In this study, an optimisation was carried out to determine the most suitable velocity profile along the discharge air grille in open-fronted vertical display cabinets, based on the Thermal Entrainment Factor (TEF) defined by Navaz et al. Based on the determined velocity profiles, the optimal guide vane geometry to achieve these profiles was designed. The analyses were conducted under two-dimensional (2D) conditions; by evaluating the CFD results, the three most suitable design scenarios were selected from various geometric configurations. These designs will form the primary input for experimental studies to be conducted in subsequent stages. The main objective of the study is to determine the most appropriate guide vane geometry prior to testing, thereby minimising potential losses of time and resources during the experimental processes. In conclusion, it has been demonstrated that by utilising equations defined in the literature, the suitable guide vane geometry for the system can be determined using the CFD (Computational Fluid Dynamics) method. In this respect, the study is of a nature to pioneer the experimental verification and performance analyses to be carried out in future stages.

Keywords: Air Curtain, Discharge Air Grille (DAG), Thermal Entrainment Factor (TEF), CFD, Optimisation, Guide Vane Geometry, Energy Efficiency.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

R448A VE R-1270 (PROPİLEN) SOĞUTUCU AKIŞKANLARININ TİCARİ BİR TEŞHİR DOLABINDAKİ TERMODİNAMİK PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Hikmet Can İnan

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO : 0009-0003-9768-8007

Ali Fatih Yüksel

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO : 0000-0002-0469-843X

ÖZET

Soğutma teknolojilerinin artan küresel enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarındaki rolü, sektörü iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir konuma getirmektedir. Bu bağlamda, yüksek Küresel Isınma Potansiyeli (GWP ≈ 3922) nedeniyle F-Gaz düzenlemeleri kapsamında kullanımı kısıtlanan R404A gibi geleneksel soğutucu akışkanlara alternatifler geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. R448A (GWP ≈ 1387), R404A'ya kıyasla daha düşük çevresel etkiye sahip bir ara nesil HFO/HFC karışımı olarak ticari soğutma sistemlerinde yaygın bir geçiş çözümü olarak benimsenmiştir. Bununla birlikte, sürdürülebilirlik hedeflerine tam uyum, GWP değeri sıfıra yakın olan doğal soğutucu akışkanların kullanımını teşvik etmektedir. Bu çalışma, R448A'ya uzun vadeli bir alternatif olarak öne çıkan hidrokarbon bazlı R-1270 (propilen, GWP ≈ 3) soğutucu akışkanının termodinamik performansını deneysel olarak analiz etmektedir.

Deneysel platform olarak dikey tip, kapısız bir ticari teşhir dolabı kullanılmıştır. Her iki soğutucu akışkan, sistemde herhangi bir donanım değişikliği yapılmaksızın ("drop-in" metodu), sabit buharlaşma ve yoğuşma basınçları, kompresör çıkışı kızgınlık (superheat) derecesi ve standart test odası koşulları altında sıralı olarak test edilmiştir. Performans karşılaştırması, sistemin soğutma kapasitesi (Qe), kompresörün tükettiği elektriksel güç (Wcomp) ve performans katsayısı (COP) gibi temel termodinamik metrikler üzerinden yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, R-1270 ile çalışan sistemin, R448A'ya kıyasla %15–20 aralığında daha yüksek bir performans katsayısı (COP) sergilediğini göstermiştir. Bu durum, R-1270'in hem dolaylı (enerji tüketimi kaynaklı) hem de ultra düşük GWP değeri sayesinde doğrudan (soğutucu akışkan kaçaklarına bağlı) emisyonların azaltılmasında R448A'ya kıyasla üstün bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, R-1270'in A3 güvenlik sınıflandırmasına dahil olan yanıcı bir hidrokarbon olması, sistem tasarımı ve

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

servis prosedürlerinde uluslararası güvenlik standartlarına (örn. IEC 60335-2-89) uyulmasını ve ek risk azaltma tedbirlerinin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak, enerji verimliliği ve çevresel kazanımların, sistem güvenliği gereklilikleri ile bütüncül bir mühendislik yaklaşımıyla ele alınması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: R448A, R-1270 (Propilen), Enerji Verimliliği, GWP (Küresel Isınma Potansiyeli), Ticari Soğutma

A Comparative Thermodynamic Performance Analysis of R448A and R-1270 (Propylene) Refrigerants in a Commercial Display Cabinet

Abstract

The role of refrigeration technologies in escalating global energy consumption and greenhouse gas emissions places the sector in a critical position in the fight against climate change. In this context, regulations such as the F-Gas mandate the development of alternatives to traditional refrigerants like R404A, which is being phased out due to its high Global Warming Potential (GWP ≈ 3922). R448A (GWP ≈ 1387), an intermediate-generation HFO/HFC blend with a lower environmental impact, has been widely adopted as a transitional solution in commercial refrigeration systems. However, full alignment with sustainability objectives necessitates the adoption of natural refrigerants with near-zero GWP values. This study experimentally analyses the thermodynamic performance of the hydrocarbon refrigerant R-1270 (propylene, GWP ≈ 3), a prominent long-term alternative to R448A.

A vertical, open-front multi-deck commercial display cabinet was utilised as the experimental platform. Both refrigerants were sequentially tested under a "drop-in" methodology without any hardware modifications, maintaining constant evaporating and condensing pressures, compressor discharge superheat, and standard test room conditions. The performance comparison was based on key thermodynamic metrics, namely the system's cooling capacity (Qe), the electrical power consumed by the compressor (Wcomp), and the Coefficient of Performance (COP). The empirical data revealed that the system operating with R-1270 exhibited a Coefficient of Performance approximately 15–20% higher than that achieved with R448A. This demonstrates the superior potential of R-1270 in mitigating both indirect (energy consumption-related) and direct (refrigerant leakage-related) emissions, the latter owing to its ultra-low GWP. Nevertheless, the classification of R-1270 as a flammable hydrocarbon (Safety Class A3) necessitates strict adherence to international safety standards (e.g., IEC 60335-2-89) and the implementation of additional risk mitigation measures in system design and servicing procedures. Consequently, a holistic engineering approach, which rigorously balances gains in energy efficiency and environmental performance against imperative safety requirements, is recommended.

Keywords: R448A, R-1270 (Propylene), Energy Efficiency, GWP (Global Warming Potential), Commercial Refrigeration

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CO_2 (R744) SOĞUTUCU AKIŞKANLI TİCARİ BİR TEŞHİR DOLABINDA TERMOSTATİK VE ELEKTRONİK GENLEŞME VALFLERİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE SİSTEM PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZİ

Mehmet Haluk ERDOĞAN

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO: 0009-0008-4729-9122

Hikmet Can İNAN

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa
ORCID NO: 0009-0003-9768-8007

ÖZET

Soğutma sistemlerinde evaporatöre giren soğutucu akışkan debisinin regülasyonu, sistemin termodinamik verimliliği ve operasyonel kararlılığı açısından kritik bir parametredir. Bu regülasyon görevi için ticari soğutma uygulamalarında yaygın olarak mekanik prensiplere dayalı termostatik genleşme valfleri (TXV) ve mikroişlemci kontrollü elektronik genleşme valfleri (EEV) kullanılmaktadır. Bu iki valf teknolojisi, farklı çalışma prensipleri ve kontrol hassasiyetleri nedeniyle sistem performansı üzerinde farklı etkilere sahiptir. Bu çalışma kapsamında, doğal soğutucu akışkan olan karbondioksit (CO_2, R744) ile çalışan ticari bir teşhir dolabında, TXV ve EEV kullanımının enerji tüketimi ve sistem kararlılığı üzerindeki etkileri, ISO 23953 standardı, Sınıf 3 (Class 3) iklim koşulları altında deneysel olarak incelenmiştir.

Yapılan deneysel analizler, yalnızca genleşme valfi tipinin değiştirildiği iki ayrı test senaryosunu karşılaştırmıştır. Sonuçlar, elektronik genleşme valfi ile teçhiz edilen sistemin, termostatik genleşme valfi kullanılan konfigürasyona kıyasla enerji tüketiminde %48,22'lik bir azalma sağladığını kantitatif olarak tespit etmiştir. Bu belirgin enerji tasarrufunun temel nedeni, EEV'nin evaporatör çıkışındaki kızgınlık (superheat) değerini daha dinamik ve hassas bir şekilde kontrol ederek kompresör üzerindeki yükü optimize etmesi ve sistemin daha kararlı bir rejimde çalışmasını sağlamasıdır. Ekonomik analiz, EEV'lerin daha yüksek ilk yatırım maliyetine sahip olmasına rağmen, sağladıkları operasyonel enerji tasarrufu sayesinde oluşan maliyet farkını makul bir geri ödeme süresi içinde amorti ettiğini göstermiştir. Bu bulgular, CO_2 soğutma sistemlerinde EEV kullanımının, termodinamik verimlilik ve operasyonel kararlılık hedeflerine ulaşmada TXV'lere kıyasla belirgin bir üstünlük sunduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu tür sistemlerde optimum performansın sağlanması için EEV entegrasyonu, teknik açıdan en geçerli çözüm olarak önerilmektedir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar Kelimeler: CO_2 Soğutma, Elektronik Genleşme Valfi (EEV), Enerji Verimliliği, Aşırı Isınma Kontrolü, Soğutuculu Teşhir Dolabı

A Comparative Analysis of the Impact of Thermostatic and Electronic Expansion Valves on Energy Consumption and System Performance in a Representative CO_2 (R744) Refrigeration Display Cabinet

ABSTRACT

The regulation of refrigerant mass flow rate into the evaporator is a critical parameter for the thermodynamic efficiency and operational stability of refrigeration systems. For this regulatory function, mechanically operated thermostatic expansion valves (TXVs) and microprocessor-controlled electronic expansion valves (EEVs) are commonly utilised in commercial refrigeration applications. These two valve technologies, owing to their distinct operating principles and control precision, exert different effects on overall system performance. This study presents a comparative experimental analysis of the impact of using a TXV versus an EEV on the energy consumption and system stability of a commercial display cabinet operating with carbon dioxide (CO_2, R744), a natural refrigerant. The investigation was conducted under ISO 23953 Class 3 climate conditions.

The experimental analysis compared two distinct test scenarios where the sole variable was the type of expansion valve employed. The results quantitatively demonstrate that the system equipped with an electronic expansion valve achieved a 48.22% reduction in energy consumption compared to the configuration using a thermostatic expansion valve. The primary reason for this significant energy saving is the EEV's ability to control the superheat at the evaporator outlet more dynamically and precisely, thereby optimising the compressor workload and enabling the system to operate in a more stable regime. An economic analysis indicates that whilst EEVs entail a higher initial capital outlay, the resultant operational energy savings allow for the amortisation of this cost differential over a reasonable payback period. These findings reveal that in CO_2 refrigeration systems, the use of EEVs offers a distinct superiority over TXVs in achieving goals of thermodynamic efficiency and operational stability. Therefore, the integration of EEVs is recommended as the most technically viable solution for attaining optimal performance in such applications.

Keywords: CO_2 Refrigeration, Electronic Expansion Valve (EEV), Energy Efficiency, Superheat Control, Display Cabinet

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BAİN MARİE SİSTEMLERİNDE ISI DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU: İNFRARED ISITMA VE FAN DESTEKLİ KONVEKSİYON UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

İsmail Yıldırım

Kaplanlar Soğutma A.Ş. R&D Center, Bursa ORCID NO : 0000-0003-1739-7449

ÖZET

Bain Marie sistemleri, gıda ürünlerinin servis süresince belirli bir sıcaklıkta muhafaza edilmesi amacıyla gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan temel ekipmanlardandır. Konvansiyonel sistemlerde, ısı transferinin büyük ölçüde alttan konveksiyon ve kondüksiyon yoluyla sağlanması, dolap içerisindeki ürünlerin üst yüzey sıcaklıklarının istenen düzeyin altında kalmasına ve dolayısıyla heterojen bir ısı dağılımına neden olmaktadır. Bu durum, hem gıda güvenliği riskleri oluşturmakta hem de ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmanın temel amacı, Bain Marie dolaplarındaki dikey sıcaklık gradyanını minimize etmek ve termal homojenliği artırmak üzere, radyant ısı transferi sağlayan infrared ısıtma sistemleri ile zorlanmış konveksiyon oluşturan fan sistemlerinin entegrasyonunu ve etkilerini deneysel olarak analiz etmektir.

Araştırma, iki temel fazdan oluşan bir deneysel metodoloji üzerine kurulmuştur. Birinci fazda, radyant ısı transferinin etkinliğini artırmak amacıyla sisteme entegre edilen infrared aydınlatma ve ısıtma elemanlarının güç seviyesi ve konumlandırılması optimize edilmiştir. Yapılan ilk denemelerde, yüksek güç yoğunluğuna sahip infrared kaynakların ürün yüzeyinde dehidrasyona yol açtığı tespit edilmiştir. Bu olumsuz etkiyi bertaraf etmek amacıyla, infrared kaynakların güç seviyesi düşürülmüş ve yayılı bir radyasyon alanı oluşturacak şekilde yeniden konumlandırılmıştır. İkinci fazda ise, dolap içi hava sirkülasyonunu sağlayarak zorlanmış konveksiyon yoluyla ısı transferini iyileştirmek amacıyla bir fan sistemi entegre edilmiştir. Sistemin alt bölümüne yerleştirilen fırın fanının düşük devirde çalıştırılmasıyla, hem enerji verimliliği gözetilmiş hem de dolap içindeki alt ve üst bölgeler arasındaki sıcaklık farkının (ΔT) %13 oranında azaldığı ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, yalnızca alttan ısıtmaya dayalı geleneksel Bain Marie tasarımlarının termal homojenlik açısından yetersiz kaldığını doğrulamaktadır. İnfrared ısıtma sistemlerinin, ürünlerin üst yüzey sıcaklığını artırmada etkili olduğu ancak güç ve konum konfigürasyonunun ürün kalitesi (özellikle yüzey nemi) üzerinde kritik bir rol oynadığı ortaya konmuştur. Fan destekli zorlanmış konveksiyonun ise, sistem içindeki termal dengeyi önemli ölçüde iyileştirerek sıcaklık gradyanını düşürdüğü ve homojen bir sıcaklık dağılımı sağladığı kantitatif olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak, infrared radyasyon ve fan destekli konveksiyonun hibrit bir yaklaşımla entegre edilmesi, Bain Marie sistemlerinin termal performansını ve enerji verimliliğini optimize etmek için geçerli ve etkin bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Anahtar Kelimeler: Bain-Marie, Isı Dağılımı, Kızılötesi Isıtma, Zorlanmış Konveksiyon, Termal Homojenlik

Optimisation of Heat Distribution in Bain-Marie Systems: An Investigation into the Applications of Infrared Heating and Fan-Assisted Convection

ABSTRACT

Bain-marie systems are fundamental pieces of equipment widely employed within the food service industry to maintain food products at a specified temperature during service. In conventional systems, where heat transfer is predominantly achieved through bottom-up convection and conduction, the upper surfaces of the food items often fail to reach the desired temperature, resulting in a heterogeneous heat distribution. This condition not only poses potential food safety risks but also adversely affects product quality. The primary objective of this study is to experimentally analyse the integration and effects of infrared heating systems, which provide radiant heat transfer, and fan systems, which generate forced convection, to minimise the vertical temperature gradient and enhance thermal homogeneity within bain-marie cabinets.

The research was based on a two-phase experimental methodology. In the first phase, the power level and positioning of the infrared heating and illumination elements, integrated to improve the efficacy of radiant heat transfer, were optimised. Initial trials revealed that high-intensity infrared sources led to dehydration on the product surfaces. To counteract this detrimental effect, the power level of the infrared sources was reduced, and they were repositioned to create a more diffuse radiation field. In the second phase, a fan system was integrated to enhance heat transfer via forced convection by promoting air circulation within the cabinet. Operating a furnace fan, placed in the lower section of the system, at a low speed not only ensured energy efficiency but also demonstrably reduced the temperature difference (ΔT) between the lower and upper zones by 13%.

The findings confirm that traditional bain-marie designs, reliant solely on bottom-up heating, are inadequate in terms of achieving thermal homogeneity. It was established that while infrared heating systems are effective in increasing the surface temperature of products, their power and position configuration plays a critical role in product quality, particularly concerning surface moisture. Furthermore, it has been quantitatively shown that fan-assisted forced convection significantly improves the thermal equilibrium within the system, reducing the temperature gradient and ensuring a uniform temperature distribution. Consequently, the hybrid integration of infrared radiation and fan-assisted convection emerges as a valid and effective method for optimising the thermal performance and energy efficiency of bain-marie systems.

Keywords: Bain-Marie, Heat Distribution, Infrared Heating, Forced Convection, Thermal Homogeneity

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FARKLI NÖRON SAYILARI İÇİN DERİN ÖĞRENME TABANLI ADLANDIRILMIŞ VARLIK TANIMA (NER) ALGORİTMASININ PERFORMANSI

Yasemin Şahin[1*], Celal Onur Gökçe[2]

[*1]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye.
[2]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye.
ORCID Code: 0009-0006-1322-9981 (Yasemin Şahin) – 0000-0003-3120-7808 (Celal Onur Gökçe)

PERFORMANCE OF A DEEP LEARNING BASED NAMED ENTITY RECOGNITION (NER) ALGORITHM FOR DIFFERENT NUMBERS OF NEURONS

ABSTRACT

In this study, performance of a deep learning based NER algorithm for different number of neurons is tested and reported. A previously constructed dataset for legal domain is used together with code. It is believed that deep learning based NER algorithms' future can be bright in legal domain for helping legal professionals to increase performance and speed of their work. Algorithm used in this study is based on long short term memory (LSTM) architecture. LSTM model is used in both forward and backward directions so bidirectional LSTM (BiLSTM) model is utilized. Training and test are done on separate parts of dataset. Different number of neurons in BiLSTM layer are used for experiments in both training and test part. This way model complexity's effect on performance is observed. A previous theoretical and empirical analysis study is cited in references for model complexity's effect on performance and representation power. Results are reported in corresponding section and possible future work is discussed after conclusion.

Keywords: BiLSTM, NER, NLP.

ÖZET

Bu çalışmada, farklı nöron sayıları için derin öğrenmeye dayalı bir NER algoritmasının performansı test edilmiş ve raporlanmıştır. Hukuk alanına ait daha önce oluşturulmuş bir veri seti kod ile birlikte kullanılmıştır. Derin öğrenmeye dayalı NER algoritmalarının, hukuk alanında çalışan profesyonellere işlerini daha hızlı ve verimli yapmaları konusunda yardımcı olabileceği ve geleceğinin parlak olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan algoritma, **Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM)** mimarisi üzerine kuruludur. LSTM modeli hem ileri hem de geri yönde kullanıldığından, **Çift Yönlü LSTM (BiLSTM)** modeli uygulanmıştır. Eğitim ve test işlemleri veri setinin ayrı parçaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. BiLSTM katmanındaki farklı nöron sayıları, hem eğitim hem de test kısımları için deneylerde kullanılmıştır. Bu sayede model karmaşıklığının performans üzerindeki etkisi

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

gözlemlenmiştir. Model karmaşıklığının performans ve temsil gücü üzerindeki etkisi için daha önce yapılmış teorik ve ampirik analiz çalışmaları referanslarda gösterilmiştir. Sonuçlar ilgili bölümde raporlanmış ve olası gelecek çalışmalar, sonuç kısmından sonra tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: BiLSTM, NER, doğal dil işleme.

GİRİŞ

Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) mimarisinde, nöron sayısı modelin performansını ve temsil gücünü doğrudan etkileyen bir temel hiperparametredir (Greff et al., 2015). Nöron sayısı modelin veri içindeki bağıntıları yakalama performansını belirler. Dolayısıyla nöron sayısının doğru seçilmesi modelin başarısını belirleyen kritik unsurlardan biridir. Literatürde LSTM'in kurucu çalışmalarından itibaren nöron sayısı seçimi, hiperparametre optimizasyonu kapsamında sıkça ele alınmıştır (Hochreiter and Schmidhuber, 1997).

Nöron sayısının az olması modelin öğrenme yeteneğini olumsuz etkileyerek eksik öğrenmeye (underfitting) yol açabilmektedir (Bock et al., 2021). Buna karşılık, nöron sayısının çok fazla olması da modelin eğitim verisindeki gürültüyü ezberlemesine ve aşırı öğrenmeye (overfitting) sebep olabilmektedir (Bolboacă et al., 2023). Ampirik çalışmalar, nöron sayısındaki artışın başlangıçta modelin performansını artırdığını ancak belli bir eşik değerinden sonra bu artışın azaldığını, durağanlaştığını hatta performansın düştüğünü göstermektedir (Greff et al., 2015; Bock et al., 2021). Çalışmalar, model performansının her zaman nöron sayısı ile doğru orantılı olarak artmadığını, bir optimal denge değerinin olduğunu ortaya koymaktadır (Jozefowicz et al., 2015).

Bu çalışmada bir BiLSTM modelinin farklı nöron sayıları ile Türkçe hukuk metinlerinde Adlandırılmış Varlık Tanıma (NER) performansı sistematik olarak değerlendirilmiştir. Böylece modelin F1 skoru bağlamında nöron sayısının rolü deneysel olarak ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE METOD

Doğal Dil İşleme' nin (NLP) en önemli görevlerinden biri olan Adlandırılmış Varlık Tanıma (NER), metin içindeki kişi, yer, kuruluş ve tarih gibi kritik varlıkları otomatik olarak tanımlama ve sınıflandırma işlemidir. Klasik adlandırılmış varlık türleri PERSON, ORGANIZATION, DATE ve LOCATION olup, bunlara karşılık gelen etiketler PER, ORG, DAT ve LOC etiketleridir.

Bu çalışmada, Aykut Koç ve arkadaşlarının (2022) yazdığı "Named Entity Recognition in Turkish Legal Texts" başlıklı makalede tanımlanan Türkçe hukuk metinleri veri seti kullanılmıştır. Veri seti, 350 Yargıtay dava dosyasından derlenmiş ve elle (manuel) etiketlenmiştir. Veri seti toplamda 2198 cümle, 5311 adlandırılmış varlık ve 123.173 belirteç (token) içermektedir. Modelin hem öğrenme hem de genelleme yeteneğini değerlendirmek amacıyla, veri seti %80'i eğitim ve %20'si test olmak üzere rastgele ayrılmıştır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Veri seti, hukuk metinlerinden oluşan özel bir derlem olduğu için, klasik NER etiketleri (PERSON, ORGANIZATION, LOCATION, DATE) tek başına yeterli olmamıştır. Bu nedenle, hukuka özgü yeni NER etiketleri tanımlanmıştır. Hukuka özgü bu varlık etiketleri LEG (mevzuat), COU (mahkeme), REF (referans) ve OFF (Resmî Gazete) olarak belirlenmiştir. Etiketlemede, hem klasik NER etiketleri hem de hukuka özgü etiketler bir arada kullanılmıştır. Etiketleme sürecinde, adlandırılmış varlıkların başlangıcını, devamını ve varlık dışını belirtmek için yaygın olarak kullanılan IOB (Inside, Outside, Beginning) formatı tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, metinlerin bulunduğu "words" dosyası ve etiketlerin bulunduğu "tags" dosyalarından oluşmaktadır. Metin dosyasındaki her bir satır, etiket dosyasında aynı sıradaki satırla birebir eşleşmekte ve ilgili kelimenin etiketini göstermektedir.

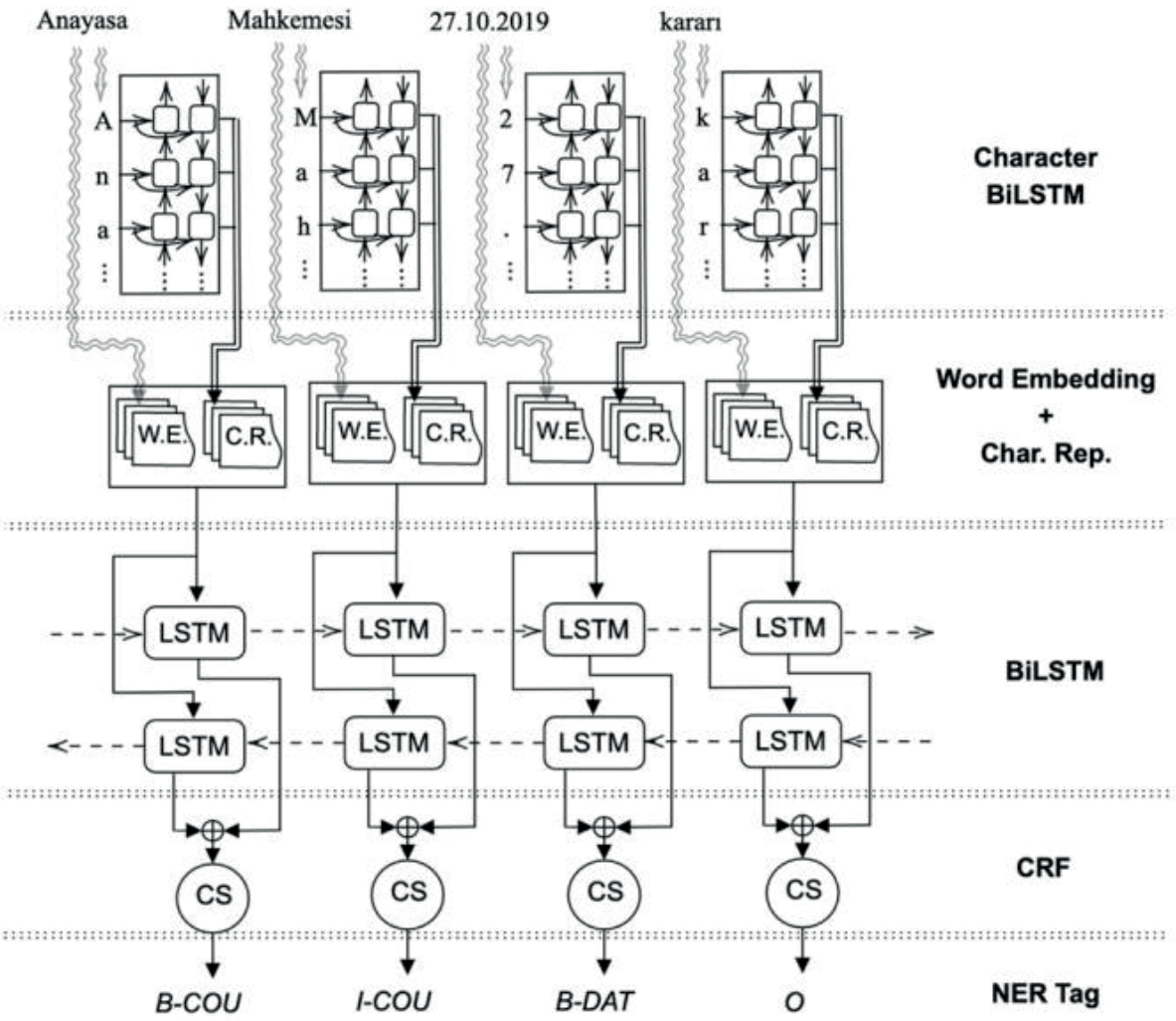
Veri setinin işlenmesinde kullanılan derin öğrenme modeli, Aykut Koç ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilmiş olan LSTM-LSTM-CRF (LLC) mimarisine dayanmaktadır. Modelin mimarisi Şekil 1'de gösterilmektedir (Koç et al., 2022'den alınmıştır). Bu model; karakter düzeyinde gömme (character embedding) ve kelime düzeyinde gömme (word embedding) katmanlarını içermektedir. Karakter düzeyinde gömme katmanı, kelimedeki her karakteri sayısal vektörlere dönüştürmekte ve bu vektörler çift yönlü LSTM (BiLSTM) katmanından geçirilerek kelimenin biçimsel ve yapısal özelliklerini öğrenmektedir.

Kelime düzeyinde gömme katmanı ise kelimeleri anlamsal temsilleri için vektörlere dönüştürmektedir. Karakter ve kelime düzeyindeki temsiller, birleştirme (concatenation) işlemi ile tek bir vektör hâline getirilir ve bu birleşik vektörler BiLSTM katmanına beslenir. BiLSTM, kelimenin hem öncesine hem de sonrasına bakan çift yönlü yapısıyla, cümledeki bağlam bilgisini hafızasında tutar. Bu sayede kelimeler arası bağlamsal ilişkiler öğrenilir.

LSTM katmanının çıktıları, Conditional Random Field (CRF) katmanı aracılığıyla en olası etiket dizisini tahmin etmek için kullanılır. CRF katmanı, etiketler arası geçiş tutarlılığını sağlayarak adlandırılmış varlıkların doğru şekilde sıralanmasına katkıda bulunur.

Çalışmada, LSTM katmanındaki nöron sayısının model performansına etkisini incelemek amacıyla, Aykut Koç ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilen LLC (LSTM-LSTM-CRF) modelinin kodları kullanılmıştır. Modelin hiperparametreleri, LSTM_LSTM_CRF.py modülünde __init__ fonksiyonu içinde tanımlanmıştır. Bu hiperparametreler arasında yer alan "lstm_size", LSTM katmanındaki gizli nöron sayısını belirlemektedir. LSTM katmanı model_fn() metodu içinde oluşturulmuş olup bu katmanda, kelimelerden bağlam öğrenimi sağlamak amacıyla, ileri yönlü ve geri yönlü iki LSTM tanımlanarak çift yönlü BiLSTM yapısı kurulmuştur. İleri ve geri yönlü LSTM çıktıları hesaplanıp birleştirilerek kelimenin tam bağlamı öğrenilmiş ve aşırı öğrenmeyi (overfitting) önlemek için bu çıktıya dropout uygulanmıştır. Bu çalışmada "lstm_size" parametresi 50, 100, 200 ve 400 olarak ayarlanmış ve her bir nöron sayısı için sistematik deneyler gerçekleştirilmiştir. Böylece farklı LSTM boyutlarının modelin F1 skoru üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Şekil 1. LLC modelinin mimarisi (Koç et al., 2022'den alınmıştır).

DENEYSEL SONUÇLAR

Yapılan deneyler, LSTM katmanındaki nöron sayısının artışının model performansını yalnızca sınırlı düzeyde artırdığını göstermiştir. Deneyler sonucunda F1 skorları sırasıyla 50 nöron için %90,81, 100 nöron için %91,62, 200 nöron için %91,93 ve 400 nöron için %91,92 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, nöron sayısının performansı başlangıçta artırdığını, ancak belirli bir noktadan sonra doygunluğa ulaştığını ve hafif bir düşüş gösterebileceğini (%91,93'ten %91,92'ye) ortaya koymaktadır.

TARTIŞMA

Bu deneysel çalışma, LSTM katmanındaki nöron sayısının Türkçe hukuk metinlerinde Adlandırılmış Varlık Tanıma (NER) performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. F1 skorları, model kapasitesi ile başarı arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını göstermektedir. Nöron sayısının 50'den 200'e çıkarılması, modelin F1 skorunu belirgin biçimde yükseltirken, bu artışın 200 nöron seviyesinde

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

zirveye ulaştığı tespit edilmiştir. Başlangıçtaki artış, modelin karmaşık dil yapıları ve alana özgü bağıntıları yakalayabilmesi için gerekli temsil gücüne sahip olduğunu göstermektedir.

Modelin 200 nöronda en yüksek performansı sergilemesi (%91,93) ve nöron sayısının 400'e yükseltilmesine rağmen performansın artmayıp hafifçe gerilemesi (%91,92), modelin bu veri seti için optimal bir denge noktasına ulaştığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, model kapasitesinin sürekli artırılmasının sürekli bir performans artışı sağlamayacağını desteklemektedir. Belirlenen bu doygunluk noktası, gereksiz kapasite artışının getirisinin azaldığını ve aşırı öğrenme (overfitting) riskini artırabileceğini göstermektedir.

Çalışmanın katkısı, kaynak verimliliği ve model optimizasyonu açısından önemlidir. Nöron sayısının 200'den 400'e çıkarılması, modelin eğitim süresini ve bellek kullanımını önemli ölçüde artırmaktadır. Ancak deneysel sonuçlar, bu ek hesaplama maliyetine rağmen modelin performansına kayda değer bir katkı sağlamadığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak, çalışma, Türkçe NER görevlerinde yüksek başarıyı en verimli maliyetle elde etmek için ideal nöron sayısının belirlenmesinin önemini vurgulamaktadır.

REFERENCES

Bock M, Hoelzemann A, Moeller M, Van Laerhoven K 2021. Improving Deep Learning for HAR with shallow LSTMs. arXiv preprint arXiv:2108.00702.

Bolboacă R, et al. 2023. Performance Analysis of Long Short-Term Memory Models for Time Series Prediction. MDPI Electronics, 12(2): 345.

Cerisara C, Král P, Lenc L 2017. On the Effects of Using word2vec Representations in Neural Networks for Dialogue Act Recognition. Computer Speech & Language, 47: 1-17.

Greff K, Srivastava RK, Koutník J, Steunebrink J, Schmidhuber J 2015. LSTM: A Search Space Odyssey. arXiv preprint arXiv:1503.04069.

Hochreiter S, Schmidhuber J 1997. Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8): 1735–1780.

Jozefowicz R, Zaremba W, Sutskever I 2015. An Empirical Exploration of Recurrent Network Architectures. In: Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning (ICML). PMLR 37: 2342–2350.

Koç A, Çetindağ C, Yıldız E, et al. 2023. Named-Entity Recognition in Turkish Legal Texts. Natural Language Engineering, 29(2): 1-22.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CLIMATE RESILIENT CITIES: NATURE-BASED SOLUTIONS AND IMPLEMENTATION EXAMPLES

Ahmet Saatçı[1*]

[*1] Department of Environmental Health, Bingol University, Bingol, Türkiye
ORCID: 0000-0002-4283-2230

ABSTRACT

Globally increasing climate change impacts are severely impacting urban infrastructure systems, ecosystems, and the social fabric of cities through events such as heat waves, flash floods, and droughts. In this context, increasing the resilience of cities to the climate crisis is a fundamental requirement for a sustainable future. Nature-Based Solutions (NBS) offer innovative approaches that mimic or leverage natural processes to provide environmental, social, and economic benefits. This study evaluates how nature-based solutions can be implemented at the city scale in the climate change adaptation process and analyzes best practice examples from Turkey.

In particular, the impacts of green infrastructure systems (rain gardens, permeable surfaces, green roofs) in rainwater management on flood mitigation, microclimate regulation, and carbon sequestration are examined. Furthermore, the institutional and financial barriers preventing local governments from adopting nature-based solutions in their planning processes are discussed. The findings demonstrate that these solutions not only provide ecological benefits but also strengthen social solidarity and contribute to sustainable urban development.

Consequently, nature-based solutions stand out as an innovative, cost-effective, and sustainable tool for building climate-resilient cities.

Keywords: Climate change, urban resilience, nature-based solutions, green infrastructure, sustainability

İklim Krizine Karşı Dayanıklı Şehirler: Doğa Tabanlı Çözümler ve Uygulama Örnekleri

ÖZET

Küresel ölçekte artan iklim değişikliği etkileri; sıcak hava dalgaları, ani taşkınlar ve kuraklık gibi olaylarla kentlerin altyapı sistemlerini, ekosistemlerini ve sosyal dokusunu ciddi biçimde etkilemektedir. Bu bağlamda, iklim krizine karşı şehirlerin dirençliliğini artırmak, sürdürülebilir bir geleceğin temel gerekliliklerinden biridir. Doğa tabanlı çözümler (Nature-Based Solutions, NBS), doğal süreçleri taklit ederek veya onlardan yararlanarak çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar sağlayan yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğine uyum sürecinde doğa

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

tabanlı çözümlerin kent ölçeğinde nasıl uygulanabileceğini değerlendirmekte ve Türkiye'den iyi uygulama örnekleri üzerinden analizler yapmaktadır.

Özellikle yağmur suyu yönetiminde yeşil altyapı sistemlerinin (yağmur bahçeleri, geçirgen yüzeyler, yeşil çatılar) su taşkınlarının azaltılması, mikroiklim düzenlemesi ve karbon tutumu üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Ayrıca yerel yönetimlerin planlama süreçlerinde doğa tabanlı çözümleri benimsemesinin önündeki kurumsal ve finansal engeller tartışılmıştır. Bulgular, bu çözümlerin yalnızca ekolojik faydalar sağlamakla kalmayıp toplumsal dayanışmayı güçlendirdiğini ve sürdürülebilir kentsel gelişmeye katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, doğa tabanlı çözümler, iklim krizine karşı dirençli şehirlerin inşasında yenilikçi, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, kentsel dirençlilik, doğa tabanlı çözümler, yeşil altyapı, sürdürülebilirlik

1. Introduction

Climate change is increasingly impacting urban environments worldwide through extreme heatwaves, sudden floods, and droughts, placing significant pressure on infrastructure, ecosystems, and social structures. Enhancing the resilience of cities against these challenges is essential for a sustainable future. Global climate change, as one of the most defining environmental, social, and economic crises of the 21st century, profoundly affects the physical, ecological, and social systems of cities. As emphasized in the reports of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2022), the frequency and intensity of climate-induced stresses—such as heat waves, extreme precipitation, sea-level rise, and drought—are increasing. Particularly in rapidly urbanizing areas, cities that have become disconnected from natural systems are becoming increasingly vulnerable to these impacts. This situation demonstrates that conventional, engineering-based "grey infrastructure" systems alone are insufficient, and that a transition toward ecosystem-based approaches has become imperative for ensuring the sustainability of urban environments.

Nature-Based Solutions (NBS) offer innovative approaches that utilize or mimic natural processes to deliver environmental, social, and economic benefits. This study examines how NBS can be implemented at the urban scale to support climate adaptation, drawing on best practice examples from Turkey. Particular attention is given to the role of green infrastructure systems—such as rain gardens, permeable surfaces, and green roofs—in managing stormwater, mitigating urban flooding, regulating microclimates, and contributing to carbon sequestration. Additionally, the research discusses the institutional and financial barriers that local governments face in integrating NBS into urban planning processes. Findings indicate that these solutions not only provide ecological advantages but also strengthen community cohesion and contribute to sustainable urban development. In conclusion,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Nature-Based Solutions emerge as innovative, cost-effective, and sustainable tools for building climate-resilient cities.

2. Literature Review

Literature studies systematically reveal the potential of Nature-Based Solutions (NBS) to provide climate resilience in the urban context and the conditions required for their implementation. Recent research in this field highlights both the environmental and social benefits of NBS and discusses the governance, planning, and financing conditions necessary for their successful application.

2.1. Conceptual Framework of Nature-Based Solutions and Urban Resilience

Cook et al. (2025) highlight that the concept of Nature-Based Solutions (NBS) has emerged as a key response to the impacts of climate change within the perspectives of urban planning, practice, and research (Cook et al., 2025). Similarly, Adams et al. (2023), through a systematic literature review covering 147 articles, propose frameworks for the "mainstreaming" of NBS in urban contexts (Adams et al., 2023). These approaches conceptualize NBS not merely as ecosystem-based interventions but as integrated strategies embedded within urban planning processes and policy-making mechanisms.

In the context of Turkey, Yaralıoğlu (2019) likewise emphasizes the significance of the green infrastructure concept for building climate-resilient cities against global warming and climate change, and develops theoretical frameworks in this regard (Yaralıoğlu & Asilsoy, 2021).

Furthermore, Sevinçli (2022) concludes that green infrastructure can serve as a transformative approach to enhancing urban resilience (Göksoy Sevinçli & Bayrakcı, 2025).

2.2. Main Benefits of NBS at the Urban Scale

2.2.1. Hydrological Services and Flood Management

Nature-Based Solutions (NBS) play a crucial role in urban environments by retaining stormwater, reducing surface runoff, enhancing infiltration, and mitigating floods. Recent literature analyses indicate that compared to grey infrastructure, NBS offer more multidimensional benefits. For instance, Vainik et al (2022), reports that the stormwater retention capacity of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) varies significantly under different climatic conditions, depending on factors such as design configuration, vegetation type, and soil properties (Kõiv-Vainik et al., 2022). Similarly, Azadgar et al. (2025) discusses how optimizing the spatial distribution of fourteen different NBS types can effectively reduce flood risk. It identifies priority areas for intervention, showing where flood flows can be reduced and water retention capacity enhanced most efficiently. (Azadgar et al., 2025) Moreover, *Zhou et al. (2024)* emphasizes the need to approach urban flood management from a socio-ecological systems perspective. It argues that NBS should not only regulate flow regimes but also integrate with communities' risk perception and adaptive capacity (Zhou et al., 2024). In the Turkish literature, there are also studies focusing on NBS applications at the street scale.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

For example, Badoğlu et al (2023) highlights issues such as flooding risk and the urban heat island effect resulting from the prevalence of impervious surfaces. It argues that natural absorption and permeable surface applications hold strong potential for street-level climate adaptation (Badoğlu & Sonmez, 2023).

2.2.2. Thermal Comfort and Mitigation of the Urban Heat Island Effect

The urban heat island (UHI) effect occurs when concrete and asphalt surfaces absorb solar radiation, causing urban centers especially during daytime to become significantly warmer than their surrounding rural areas. Nature-Based Solutions (NBS) particularly vegetation, green roofs, tree-lined corridors, and water features have strong potential to mitigate this effect.

In Turkey, the study titled "Nature-Based Solutions for Reducing Surface Temperature in Urban Areas" demonstrates that the use of permeable surfaces, increased vegetation cover, and green infrastructure applications can effectively reduce surface temperatures in urban environments. A review compiling examples of green infrastructure and NBS applications also emphasizes, within the framework of the EU Green Infrastructure Strategy, the critical role of green infrastructure in enhancing urban resilience and climate adaptability. In the international context Frantzeskaki et al. (2022) highlights the need to mainstream NBS as a response to climate-related environmental challenges in cities. The study argues that such integration enables NBS to simultaneously address multiple issues including urban heat islands, air quality improvement, **and** water management (Frantzeskaki & McPhearson, 2022). Furthermore, Griffiths et al. (2024) underscores that when classifying and evaluating the performance of NBS, the thermal effects of green infrastructure systems should also be incorporated into the assessment criteria (Griffiths et al., 2024).

2.2.3. Carbon Sequestration, Biodiversity, and Ecosystem Services

Nature-Based Solutions (NBS) provide significant benefits not only for water and heat management, but also in terms of carbon cycling, biodiversity enhancement, and the restoration of ecosystem services. Ruangpan et al. (2024) evaluates NBS not only for their capacity to mitigate flood damages but also for their co-benefits — including carbon sequestration, air quality improvement, habitat creation, and ecosystem service generation. By incorporating these additional values, the study presents a more comprehensive economic perspective on NBS (Ruangpan et al., 2024). In the literature, strategies for revitalizing urban ecosystems and conserving biodiversity through green infrastructure and NBS applications are frequently emphasized. For instance, the Turkish report "Eleven Best Practices on Green Infrastructure and Nature-Based Solutions" and its accompanying field examples demonstrate that these solutions both preserve natural functionality within cities and deliver social benefits such as improved livability and community well-being. Moreover, Oral et al. (2020), highlights the ecosystem and social benefits of NBS in the context of water management. It points out their role in enhancing biodiversity, improving microclimates, and reducing energy

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

consumption, illustrating how circular city models can integrate NBS to achieve broader environmental and societal resilience (Oral et al., 2020).

3. Key Benefits of Nature-Based Solutions (NBS) at the Urban Scale: Evidence from Turkey

3.1. Ankara: Ecological Connectivity and Green Infrastructure Modeling

The ecological and recreational connectivity model developed for Ankara demonstrates that linking urban hubs through green corridors including pedestrian and cycling networks enhances both ecological functions and social sustainability. The study proposes an adaptable green infrastructure planning framework for the city, showing that NBS derive their strength not only from isolated applications but also from network-based urban design. Nationwide reviews on NBS and green infrastructure emphasize that multifunctional green-blue networks in rapidly growing cities like Ankara can simultaneously deliver benefits for climate adaptation, public health, and biodiversity. From an implementation perspective, the National Rain Garden Guideline (by the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change) demonstrates that selecting and placing native plant species suited to Ankara's semi-arid climate is crucial for hydraulic performance and ease of maintenance. Such guidelines help standardize project design and strengthen institutional capacity (Güneş Tigen & Şahin, 2025).

3.2. Istanbul: Urban Heat Island Mitigation, Roof Systems, and Square-Scale NBS

In Istanbul, a case study on Bakırköy Özgürlük Square shows that NBS-based shading and vegetation strategies, combined with morphology-sensitive design, significantly reduce urban heat island (UHI) intensity. The study reveals that integrating NBS with urban morphology provides effective cooling strategies. A recent academic study on rooftop agriculture and green roofs employs GIS and multi-criteria decision analysis to identify suitable roof areas, highlighting their potential for improving food security, microclimate regulation, and stormwater management simultaneously (Bovkır, 2025). UHI effects and disaster risk notes that impervious surface ratios and land-use patterns are key determinants of heat accumulation. NBS improve thermal comfort through permeability, evapotranspiration, and shading supporting strategies for intensifying green infrastructure within Istanbul's dense urban fabric (Baş & Partigöç, 2023).

3.3. İzmir: Thermal Comfort Simulations, Heat Island Findings, and Implementation Story

An ENVI-met–based study in İzmir tested the effects of various NBS configurations on microclimate and bioclimatic comfort, finding that combinations of tree planting, green surfaces, and water elements significantly reduce heat stress indicators providing configuration-based decision support for designers (Kaçmaz Akkurt & Şemsiyeci, 2024). Previous remote sensing analyses of İzmir's heat island dynamics revealed consistently high summer surface temperatures, confirming that NBS are critical adaptation tools for cooling and air quality improvement (Corumluoglu & Asri, 2015). A research and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

development report by the İzmir Development Agency (İZKA) offers practical recommendations on the potential of permeable surfaces, vegetation, and green infrastructure to lower surface temperatures, outlining a roadmap for heat stress management through locally adapted NBS components. Finally, the European Environment Agency's Climate-ADAPT platform presents the "İzmir Story," which illustrates how vertical gardens, green roofs, and urban forests have been applied to address rapid urbanization, heat island effects, and water scarcity highlighting a holistic governance approach to urban resilience.

4. Conclusion

Nature-Based Solutions (NBS) represent a transformative approach for enhancing urban resilience to climate change in Turkey. Findings from national and local case studies particularly in Ankara, Istanbul, and İzmir demonstrate that green and blue infrastructure systems contribute simultaneously to flood mitigation, thermal comfort, carbon sequestration, and biodiversity enhancement. Beyond their ecological functions, NBS also strengthen social cohesion and promote sustainable urban living. However, successful implementation depends on supportive governance frameworks, institutional capacity, financing mechanisms, and public awareness. Developing standardized design guidelines, fostering multi-stakeholder collaboration, and integrating NBS into urban planning processes are essential steps for scaling up these solutions. In conclusion, NBS provide innovative, cost-effective, and adaptable pathways toward climate-resilient, livable, and sustainable cities.

References

Adams, C., Frantzeskaki, N., & Moglia, M. (2023). Mainstreaming nature-based solutions in cities: A systematic literature review and a proposal for facilitating urban transitions. *Land Use Policy*, *130*, 106661. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106661

Azadgar, A., Gańcza, A., Asl, S. R., Salata, S., & Nyka, L. (2025). Optimizing nature-based solutions for urban flood risk mitigation: A multi-objective genetic algorithm approach in Gdańsk, Poland. *Science of The Total Environment*, *963*, 178303. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178303

Badoğlu, Ö., & Sonmez, O. (2023). DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR SOKAK PLANLAMASI TT - SUSTAINABLE STREET PLANNING WITH NATURE-BASED SOLUTIONS. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, *5*(2), 11–29. https://doi.org/10.56809/icujtas.1133114

Baş, E., & Partigöç, N. S. (2023). İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kentler: Kentsel Isı Adası Etkisi Bağlamında Bir İnceleme TT - Resilient Cities Against Climate Change: A Review in the Context of the Urban Heat Island Effect. *Resilience*, *7*(1), 183–198. https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience/issue//1261075

Bovkır, R. (2025). İstanbul'da kentsel yeşil altyapı için çatı tarımı potansiyelinin CBS tabanlı karar analizi ile değerlendirilmesi. *Geomatik*, *10*(1), 45–58. https://doi.org/10.29128/geomatik.1517186

Cook, E. M., Kim, Y., Grimm, N. B., McPhearson, T., Anderson, P., Bulkeley, H., Collier, M. J., Diep, L., Morató, J., & Zhou, W. (2025). Nature-based solutions for urban sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *122*(29), e2315909122. https://doi.org/10.1073/pnas.2315909122

Corumluoglu, O., & Asri, I. (2015). The effect of urban heat island on Izmir's city ecosystem and climate. *Environmental Science and Pollution Research International*, *22*(5), 3202–3211. https://doi.org/10.1007/s11356-014-2874-z

Frantzeskaki, N., & McPhearson, T. (2022). Mainstream Nature-Based Solutions for Urban Climate Resilience. *BioScience*, *72*(2), 113–115. https://doi.org/10.1093/biosci/biab105

Göksoy Sevinçli, B., & Bayrakcı, E. (2025). Kentsel Altyapının İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Hale Getirilmesinde Yeşil Altyapı Çözümleri TT - Green Infrastructure Solutions for Making Urban Infrastructure Resilient to Climate Change. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, *7*(4), 1001–1014. https://doi.org/10.33712/mana.1568465

Griffiths, J., Borne, K. E., Semadeni-Davies, A., & Tanner, C. C. (2024). Selection, Planning, and Modelling of Nature-Based Solutions for Flood Mitigation. In *Water* (Vol. 16, Issue 19). https://doi.org/10.3390/w16192802

Güneş Tigen, M., & Şahin, Ş. (2025). Ekolojik ve Rekreasyonel Bağlantılılık Modeli: Ankara İli Örneği TT - Ecological and Recreational Connectivity Model: The Case of Ankara Province. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *10*(2), 208–218. https://doi.org/10.35229/jaes.1625222

Kaçmaz Akkurt, G., & Şemsiyeci, S. (2024). Evaluation of Nature-Based Solutions to Improve the Urban Microclimate in Mediterranean Climate Conditions: A Case Study of Izmir-Karsıyaka. In *Sustainability* (Vol. 16, Issue 7). https://doi.org/10.3390/su16072646

Kõiv-Vainik, M., Kill, K., Espenberg, M., Uuemaa, E., Teemusk, A., Maddison, M., Palta, M. M., Török, L., Mander, Ü., Scholz, M., & Kasak, K. (2022). Urban stormwater retention capacity of nature-based solutions at different climatic conditions. *Nature-Based Solutions*, *2*, 100038. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100038

Oral, H. V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F., Hullebusch, E. D. van, Kazak, J. K., Exposito, A., Cipolletta, G., Andersen, T. R., Finger, D. C., Simperler, L., Regelsberger, M., Rous, V., Radinja, M., Buttiglieri, G., Krzeminski, P., Rizzo, A., Dehghanian, K., … Zimmermann, M. (2020). A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems*, *2*(1), 112–136. https://doi.org/10.2166/bgs.2020.932

Ruangpan, L., Vojinovic, Z., Plavšić, J., Curran, A., Rosic, N., Pudar, R., Savic, D., & Brdjanovic, D. (2024). Economic assessment of nature-based solutions to reduce flood risk and enhance co-benefits. *Journal of Environmental Management*, *352*, 119985. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119985

Yaralıoğlu, İ., & Asilsoy, B. (2021). Yeşil Altyapı Kavramının Teorik Bir Çerçevede Değerlendirilmesi TT - Evaluation of the Green Infrastructure Concept within a Theoretical Framework. *YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *3*(1), 46–58. https://dergipark.org.tr/tr/pub/neujfa/issue//1006341

Zhou, K., Kong, F., Yin, H., Destouni, G., Meadows, M. E., Andersson, E., Chen, L., Chen, B., Li, Z., & Su, J. (2024). Urban flood risk management needs nature-based solutions: a coupled social-ecological system perspective. *Npj Urban Sustainability*, *4*(1), 25. https://doi.org/10.1038/s42949-024-00162-z

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

PRICKLY PEAR BIOCHAR ATTENUATES PRO-INFLAMMATORY CYTOKINE PRODUCTION IN LPS-ACTIVATED MACROPHAGES

Harika TOPAL ÖNAL[1]

[1]Department of Medical Laboratory Techniques, Vocational School of Health Services, Toros University, Mersin, Türkiye

Abstract

Biochar, a carbon-rich biomaterial with diverse applications, has recently gained attention for its possible biomedical and immunomodulatory roles. This study aimed to evaluate the impact of biochar produced from prickly pear (Opuntia ficus-indica) peels on the viability and inflammatory response of murine macrophage J774.2 cells. The biochar was synthesized via pyrolysis at 800 °C for one hour under an inert nitrogen atmosphere after solar drying and mechanical grinding of the peels. Cell viability was assessed using the trypan blue exclusion assay. To explore its immunoregulatory activity, macrophages were treated with biochar at concentrations of 10, 50, and 100 µg/mL, both in the presence and absence of lipopolysaccharide (LPS). Cytokine levels in the culture supernatants were quantified by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Biochar exposure did not adversely affect macrophage viability at any tested concentration, regardless of LPS stimulation. Moreover, in LPS-activated cells, biochar treatment induced a concentration-dependent reduction in the production of the pro-inflammatory cytokines TNF-α and IL-6, with the strongest suppression observed at 100 µg/mL. These findings highlight the potent anti-inflammatory potential of prickly pear-derived biochar and support its prospective use as a therapeutic biomaterial in inflammatory disorders. Nevertheless, additional mechanistic studies are warranted to clarify the underlying molecular pathways of this effect.

Keywords: Biochar, Prickly pear, Macrophage, TNF-α, IL-6, LPS, Inflammation

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

GRAPHENE FIELD-EFFECT TRANSISTORS (GFETS): PROGRESS, CHALLENGES, AND EMERGING RESEARCH DIRECTIONS

N. M. Shehu[1*], S. S. Kwalli[1], M. Ibrahim[2]

[1](Department of Physics, Bayero University, Kano, Nigeria)
[2](Department of Physics, Northwest University, Kano, Nigeria)

ABSTRACT

Graphene field-effect transistors (GFETs) remain a focal point of nanoelectronics research because of graphene's exceptional carrier mobility, mechanical strength, and thermal conductivity. Over the last five years research has accelerated across several complementary directions: bandgap engineering (nanoribbons, bilayer gating, twistronics), substrate and heterostructure engineering (h-BN, layered dielectrics), contact and fabrication challenges (contact resistance, transfers), thermal management and self-heating studies, compact modeling and circuit integration, and application-driven GFET biosensors. This paper reviews recent works, summarizes their core findings, and critically identifies deficiencies and open gaps that must be addressed to translate GFETs from promising devices to practical components in logic, RF, and sensing applications.

KEYWORDS: **Bandgap engineering, Biosensing applications, Graphene field-effect transistors, Thermal management**

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

STATISTICAL EVALUATION OF TORSION ROD-TUBE ADHESIVELY-BONDED JOINTS

Abílio J.A. Vieira[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2*]

[*1]Department of Mechanical Engineering, ISEP – School of Engineering, Polytechnic Institute of Porto, R. Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal.

[2]Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (branch Faculty of Engineering of University of Porto), Rua Dr. Roberto Frias, 400, 4200-465 Porto, Portugal.

[3]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, T.C. İstanbul Gelişim University, Avcılar, İstanbul 34310, Türkiye.

ABSTRACT

Adhesive bonding has been replacing traditional jointing methods such as welding, bolting and riveting connections in the design of mechanical structures in industries like automotive, aerospace and aeronautics. This joining method has several advantages over other methods such as ease of manufacture, higher production rates, lower costs, ease of joining different materials, higher fatigue resistance, high vibration damping capacity, better stress distribution and high corrosion resistance. Tubular adhesive joints have varying applications, such as in trusses, machine axles, and piping.

This thesis compares the tensile performance of adhesively-bonded aluminium rod-tube joints (AW6082-T651), considering the variation of the main geometric parameters: overlap length (L_0), tube thickness (t_s), rod diameter (v_d), adhesive fillet and type of adhesive (Araldite® 2015, Araldite® AV138 and SikaForce®472 FR). The Taguchi's method was employed in the elaboration of the design of experience applied. This technique allows identifying the variables that have a real influence on the mechanical performance of the joint. To compare the behaviour of the rod-tube joints, a numerical analysis was done through a finite element program (FE). Peeling (σ_y) and shear (τ_{xy}) stresses in the adhesive layer were obtained applying purely elastic models. By the cohesive zone model, it was possible to obtain the damage variable (stiffness degradation or SDEG), the strength and dissipated energy of the adhesive joints under study. As a result of applying the Taguchi method the adhesive joint that showed the better overall performance in configuration with Araldite® AV138, L_0=40 mm, v_d=20 and t_s=3mm.

Keywords: Adhesive, Tubular adhesive joint, Finite element method, Cohesive zone models, Strength prediction, Geometric parameters.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NOVEL TUBULAR ADHESIVELY-BONDED JOINT PARAMETRIC DESIGN UNDER TENSILE LOADS

André L. Faria[1] and Raul D.S.G. Campilho[1,2]

*[1]Department of Mechanical Engineering, ISEP – School of Engineering, Polytechnic Institute of Porto, R. Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal.

[2]Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering (branch Faculty of Engineering of University of Porto), Rua Dr. Roberto Frias, 400, 4200-465 Porto, Portugal.

ABSTRACT

Adhesive joints are widespread in the aerospace, aeronautics, and automotive industries. The industrial affirmation of adhesive joints has only been possible due to the development of predicting methodologies that allow validating their use. The most widespread and validated design technique is called Cohesive Zone Models. Regarding the research area of tubular adhesive joints obtained by hydroforming, since this is an emerging topic, there are few research works compared to traditional overlap geometries.

The main objective of this work consists of the numerical analysis of hydroformed tubular adhesive joints subjected to tensile loads, considering the variation of material parameters (type of adhesive and adherent material) and geometric parameters. Then, proposals for geometric changes were addressed with the aim of concluding, in view of the base geometry, whether the variation of one of the parameters would translate into an improvement in the mechanical properties of the joint. Validation of the cohesive models was successfully performed. After carrying out an intensive numerical study, opting for the most significant control factors and analyzing an application proposal at an industrial level, it was determined that the optimal geometry uses the adhesive Araldite® AV138, adhesive fillet angle equal to 15°, overlap length of 10 mm, outside diameter of the non-hydroformed adherent of 20 mm, exterior joggle angle of 45°, and thickness of the adherents of 2 mm. This configuration justifies the required investment, since the proposal guarantees an improvement in mechanical strength and ductility by 60 and 75%, respectively, when compared to the reference geometry.

Keywords: Tubular adhesive joints; Cohesive Zone Models; Taguchi Method; Geometric changes; Market analysis.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NUMERICAL OPTIMIZATION OF ADHESIVELY-BONDED COMPOSITE REPAIRS

Carlos G.M. Pereira[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2*]

[*1]Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, R. Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal.
[2]INEGI – Pólo FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 400, 4200-465 Porto, Portugal.

ABSTRACT

The demand for the use of advanced composite materials in the aerospace industry has increased significantly in recent years due to good compromise between mechanical properties and mass that these materials can achieve. However, due to the increasingly tough conditions of use, composite structures are subjected to damage that jeopardizes their structural integrity. The effective repair of these structures has, therefore, become a necessary technique for the reuse of materials, to avoid high production costs and seek environmental sustainability.

This study aims to investigate the restitution capacity of repair methods for high-performance composite materials, such as carbon fibre prepregs with an epoxy matrix, after the appearance and identification of surface cracks. Two different adhesive repair techniques were chosen, namely filling the crack with resin and substitution of the damaged material in a stepped-taper format. Tensile and 3-point bending tests were performed for both methods to assess their behaviour through load-displacement curves, stress concentration in the specimen's adhesive, maximum load, failure energy and failure modes. Regarding the numerical analysis, the same geometries tested experimentally were replicated using the Finite Element Method, specifically cohesive zone models and the Tsai-Wu criterion, and analysed under the same conditions, to verify their ability to simulate failure of the composite materials and adhesives present in the repair. The numerical results were in accordance with the experimental results, and it was possible to predict the linear and non-linear behaviour of the structures with good accuracy, as well as validating the technique used to adequately predict the used adhesives behaviour while the damage propagates. Overall, this analysis showed that the repair method of damaged composite skins substitution in a stepped-taper format restores around 90 % of the structural integrity of the repaired component, under tensile and flexural loads, while the repair method of filling the crack with a resin mixture showed a high discrepancy with the mechanical properties of the original structure.

Keywords: Composite materials, Surface cracks, Adhesive repair, Finite Element Method, Cohesive zone model, Tsai-Wu criterion.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NANOGELS-EMPOWERED AMINO ACID-CAPPED SILVER NANOPARTICLES FOR ENHANCED SKIN TISSUE REGENERATION

Misbah Naz[1]*

[1]University of Education, Division of Science and Technology, Department of Chemistry, Lahore, Pakistan

ABSTRACT

Background:

Addressing the global challenge of wound healing is facing significant hurdles due to infections and other related clinical issues. Different antimicrobial and moisturizing wound dressings with varying functionalities are under development to facilitate the healing process. This research aims to evaluate the efficacy of nanogels based on silver nanoparticles (AgNPs) with amino acids (L-Tyrosine and L-Tryptophan) in promoting tissue regeneration.

Methods:

Following the synthesis and characterization, wound-healing efficacy of newly synthesized nanogels was evaluated in albino mice. This evaluation involved analysis of wound contraction, oxidative stress enzyme evaluation, serum proteins analysis, and histological examination.

Results:

The nanogels incorporating silver nanoparticles (AgNPs) with L-Tryptophan amino acid (G@Tryp NPs) exhibited notable wound healing potential, with an 83.26 ± 0.66 % contraction observed within 12 days. Comparative analysis with the chemically-synthesized silver nanoparticles (C-AgNPs) nanogel (G@C NPs), L-Tyrosine AgNPs nanogel (G@Tyr NPs), and Polyfax® demonstrated the good wound healing potential of G@Tryp NPs. The levels of serum proteins exhibited significant increases across various treatment groups. In vivo, antioxidant enzyme catalase (CAT) and glutathione-s-transferase (GST) levels decreased in treated group compared to other groups and control groups—the histological examination further supports wound-healing activity of G@Tryp NPs.

Conclusion:

Our findings propose that the amino acid-capped silver nanoparticle-based nanogels present promising results for potential wound healing, care, and management.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DFT, MOLECULAR DOCKING, ANTIMICROBIAL ACTIVITY, DYE DEGRADATION, AND OXYGEN EVOLUTION REACTION OF FUNCTIONALIZE CHITOSAN INTEGRATED EUDRAGIT-STANNOUS SELENIDE NANOSTRUCTURES

Misbah Naz[1]*

[1]University of Education, Division of Science and Technology, Department of Chemistry, Lahore, Pakistan

ABSTRACT

A chemical coprecipitation route was employed to synthesize stannous selenide (SnSe) nanostructures (NSs) integrated with a fixed amount of eudragit L100 (Eud) and different concentrations of chitosan (CS). This study aimed to examine rhodamine B (RhB) reduction catalytically, oxygen evolution reaction (OER), and antimicrobial properties of CS/Eud-SnSe. Several characterization techniques were employed for morphological, structural, and optical analysis of prepared NSs. The optimized sample (4 % CS/Eud-SnSe) revealed considerable RhB reduction efficacy in an acidic medium as well as effective antibacterial activity against *S. aureus*. Moreover, 4 % CS/Eud-SnSe proved an efficient material for OER activity, depicting the lowest overpotential value.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FM/FM/1/N QUEUE WITH WORKING BREAKDOWNS AND VACATIONS

[a] Ramesh. R, [b] Seenivasan. M [*], [c] Rajasekar. S. P, [d] Hari Ganesh. A, [e] Pattabiraman. K

[a] Department of Mathematics, Arignar Anna Govt. Arts College, Musiri, Tamilnadu, India.
[b] Mathematics Wing - CDOE, Annamalai University, Annamalainagar, Tamilnadu, India.
[c] Department of Mathematics, Government Arts College for Women, Nilakkottai, Dindigul, Tamilnadu, India.
[d] Department of Mathematics, Poombuhar College, Melaiur, Tamilnadu, India.
[e] Department of Mathematics, Government Arts College, Kumbakonam, Tamilnadu, India.

Abstract:

In this paper, we consider an FM/FM/1/N queue with working breakdown and two types of server vacations. We obtain the steady state probabilities by using Fuzzy ranking technique. Finally, sensitivity analysis of the model is performed. Output flow from the system is characterized. The presented numerical results confirm the high importance of account of correlation in the arrival process. The values of important performance measures for the systems with the correlated arrival process are essentially different from the corresponding values for the systems with the stationary Poisson arrival process. Measurements in many real world systems show poor approximation of real flows by such an arrival process.

Keywords: M/M/1/N queue, working breakdowns, single vacation scheme.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

FM/FM/1/K LOSS AND DELAY INTERDEPENDENT QUEUEING MODEL WITH VACATION AND CONTROLLABLE ARRIVAL RATES

[a] Ramesh. R, [b] Seenivasan. M [*], [c] Kannan. M, [d]Jagatheesan. R, [e] Gunasekar. T [a]

Department of Mathematics, Arignar Anna Government Arts College, Musiri, Tamilnadu, India.
[b] Mathematics Wing - CDOE, Annamalai University, Annamalai Nagar, Tamilnadu, India.
[c] Department of Mathematics, Govt. Arts College, Ariyalur Tamil Nadu, India.
[d] Department of Statistics, Salem Sowdeswari College, Salem, Tamil Nadu, India.
[e] Department of Mathematics, Vel Tech Rangarajan Dr. Sagunthala R&D Institute of Science and Technology, Chennai, Tamil Nadu, India,

Abstract:

In this study, we assume that the vacation is taken while there are no consumers in the queue. There are several servicemen who will take the synchronous multiple vacations in the system. Assumed some loss and delay in consumers (Elective and emergency) and solve the steady-state probability equations using recursive approach and acquired some obvious iterative expressions. Carried out some numerical analysis using Fuzzy ranking method. Expanded the preceding models in this study by including vacations and performing the numerical analysis. Using vacation with controllable arrival rates in an optimal way in order to benefit both the server and the customer will minimize waiting time and provide the most feasible, affordable service to the consumer.

Keywords: Fuzzy Loss and Delay Queueing System, Vacation, Finite Capacity, Interdependent Arrival and Service Rates, Varying Arrival Rates, Fuzzy Ranking.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ACHIEVEMENT ESTIMATIONS OF MARKOVIAN FUZZY BATCH ARRIVAL QUEUING SYSTEM

[a] Ramesh. R, [b] Nathiya. R, [c] Seenivasan. M, [d] Syamala. P, [e] Sakthivel. K

[a] Department of Mathematics, Arignar Anna Government Arts College, Musiri, Tamilnadu, India.
[b] Research Scholar, Department of Mathematics, Arignar Anna Government Arts College (Affiliated to Bharathidasan University, Tiruchirappalli), Musiri, Tamilnadu, India.
[c] Mathematics Wing - CDOE, Annamalai University, Annamalai nagar, Tamilnadu, India.
[d] Department of Mathematics, AVVM Sri Pushpam College, Poondi, Thanjavur, Tamilnadu, India,
[e] Department of Mathematics, Govt. Arts and Science College, Veppanthattai, Perambalur, Tamilnadu, India.

Abstract: This article contributes a method for finding the Achievement Measures Of Batch Arrival Queuing System in Fuzzy Habitat, where the arrival rate, service rate, batch size, service cost and holding costs are all fuzzy numbers. Our idea is to transfigure the fuzzy inter arrival rate, service rate, batch size, service cost and holding costs into crisp values by applying ranking function method. We find the moderate and optimistic utilities by using the normalized and non-normalized fuzzy numbers. Ranking fuzzy numbers plays a huge role in decision making under fuzzy environment. This ranking method is most reliable method, simple to apply and can be used for all types of queuing problems.

Keywords- Fuzzy sets, Membership function, Multiple server, batch arrival queue, Nonlinear programming

1. INTRODUCTION

Queueing models are effective methods for performance analysis of computer and telecommunication systems, manufacturing/production systems and inventory control (Kleinrock [11], Buzacott and Shanthikumar [1], Gross and Harris [7], Trivedi [19]). In general, these analyses consider a queueing system where requests for service arrive in units, one at a time (single-unit arrival). In many practical situations, however, requests for service usually arrive in batches. For example, in manufacturing systems of the job-shop type, each job order often requires the manufacture of more than one unit; in computer communication systems, messages which are to be transmitted could consist of a random number of packets. If the usual crisp batch-arrival queues with multiple servers can be extended to fuzzy batch-arrival queues, such queueing models would have wider applications.

For queueing models with multiple servers under various considerations, the M/M/c vacation systems with a single-unit arrival have attracted much attention from numerous researchers since Levy and Yechiali [12]. The extensions of this model can be referred to Vinod [20], Igaki [8], Tian et al. [17], Tian and Xu [18], and Zhang and Tian [23] studied the M/M/c vacation systems with a single-unit arrival and a “partial server vacation policy”. They proved several conditional stochastic

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

decomposition results for the queue length and waiting time. Chao and Zhao [3] investigated the GI/M/c vacation models with a single-unit arrival and provided iterative algorithms for computing the stationary probability distributions.

In the literature described above, customer inter-arrival times and customer service times are required to follow certain probability distributions with fixed parameters. However, in many real-world applications, the parameter distributions may only be characterized subjectively; that is, the arrival and service are typically described in everyday language summaries of central tendency, such as "the mean arrival rate is around 5 per day", or "the mean service rate is about 10 per hour", rather than with complete probability distributions. In other words, these system parameters are both possibilistic and probabilistic. Thus, fuzzy queues are potentially much more useful and realistic than the commonly used crisp queues (see Li and Lee [13] and Zadeh [22]). By extending the usual crisp batch-arrival queues to fuzzy batch-arrival queues in the context of multiple servers, these queuing models become appropriate for a wider range of applications. Ramesh et.al [24-31] presented dissimilar queueing models. Seenivasan et. al [32-34] provided server breakdown with catastrophe, server breakdown with feed back and so many queueing models.

Li and Lee [13] investigated the analytical results for two typical fuzzy queues (denoted $M/F/1/\infty$ and $FM/FM/1/\infty$, where F represents fuzzy time and FM represents fuzzified exponential distributions) using a general approach based on Zadeh's extension principle (see also Prade [15] and Yager [21]), the possibility concept and fuzzy Markov chains (see Stanford [16]). Seenivasan et. al [31] illustrated about heterogeneous queueing system. A useful modeling and inferential technique would be applied their approach to general fuzzy queuing problems (see Stanford [16]). However, their approach is complicated and not suitable for computational purposes; moreover, it cannot easily be used to derive analytic results for other complicated queuing systems (see Negi and Lee [14]). In particular, it is very difficult to apply this approach to fuzzy queues with more fuzzy variables or multiple servers. Negi and Lee [14] proposed a procedure using α-cuts and two-variable simulation to analyze fuzzy queues (see also Chanas and Nowakowski [2]). Unfortunately, their approach provides only crisp solutions; *i.e.*, it does not fully describe the membership functions of the system characteristics. Using parametric programming, Kao et al. [9] constructed the membership functions of the system characteristics for fuzzy queues and successfully applied them to four simple fuzzy queue models: $M/F/1/\infty$, $F/M/1/\infty$, $F/F/1/\infty$ and $FM/FM/1/\infty$. Recently, Chen [4,5] developed $FM/FM/1/L$ and $FM/FM^{[K]}/1/\infty$ fuzzy systems using the same approach. All previous researches on fuzzy queuing models are focused on ordinary queues with a single server. In this paper, we develop an approach that provides system characteristics for batch-arrival queues with multiple servers and fuzzy parameters: fuzzified exponential batch-arrival and service rates. Through α-cuts and Zadeh's extension principle, we transform the fuzzy queues to a family of crisp queues. As α varies, the family of crisp queues is described and solved using parametric nonlinear programming (NLP). The NLP solutions completely

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

and successfully yield the membership functions of the system characteristics, including the expected number of customers in the system and the expected waiting time in the queue.

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents the system characteristics of standard and fuzzy batch-arrival queuing models with multiple servers. In Section 3, a mathematical programming approach is developed to derive the membership functions of these system characteristics. To demonstrate the validity of the proposed approach, one realistic numerical example is described and solved. Discussion is provided in Section 4, and conclusions are drawn in Section 5. For notational convenience, our model in this paper is hereafter denoted $FM^{[x]}/FM/c$.

2. FUZZY BATCH QUEUE WITH MULTIPLE SERVERS

Think about a batch arrival queuing system with c servers where the customers arrive in batches to occur according to a compound Poisson process with batch-arrival rate λ. Let A_k denote the number of customers belonging to the k^{th} arrival batch, where A_k, $k = 1, 2, 3, \cdots$, are with a common distribution $\Pr[A_k = n] = a_n, n = 1,\ 2,\ 3, \cdots$, and $E[A] = \sum_{n=1}^{\infty} n a_n$. Customers arriving at the service facility (servers) form a single-file queue and are served in order. The service time for each of all c servers is exponentially distributed with rate μ and each server can serve only one customer at a time. Customers who upon entry the service facility find that all servers are busy have to wait in the queue until any one server is available. Let N_s and W_q represents the expected number of customers in the system and the expected waiting time in the queue, respectively. Through a Markov process, we can easily obtain N_s and W_q in terms of system parameters

$$N_s = \frac{\lambda(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2\mu \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(\lambda,\mu)}{2(c\mu - \lambda E[A])}, \qquad (1)$$

$$W_q = \frac{\lambda(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2\mu \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(\lambda,\mu)}{2\lambda E[A](c\mu - \lambda E[A])} - \frac{1}{\mu}, \qquad (2)$$

where $P_n(\lambda,\mu)$ represents the probability that there are n customers in the system. And the probability depends on λ and μ. In steady-state, it is necessary that we have $0 < \frac{\lambda E[A]}{c\mu} < 1$.

To extend the applicability of the batch-arrival queuing model with multiple servers, we allow for fuzzy specification of system parameters. Suppose the batch-arrival rate λ for customers and service rate μ for each server are approximately known and can be represented by the fuzzy sets $\tilde{\lambda}$ and $\tilde{\mu}$.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Let $\phi_{\tilde{\lambda}}(x)$ and $\phi_{\tilde{\mu}}(y)$ denote the membership functions of $\tilde{\lambda}$ and $\tilde{\mu}$. We then have the following fuzzy sets:

$$\tilde{\lambda} = \left\{(x, \phi_{\tilde{\lambda}}(x)) \,\middle|\, x \in X\right\}, \tag{3a}$$

$$\tilde{\mu} = \left\{(y, \phi_{\tilde{\mu}}(y)) \,\middle|\, y \in Y\right\}, \tag{3b}$$

where X and Y are the crisp universal sets of the batch-arrival and service rates.

Let $f(x, y)$ denote the system characteristic of interest. Since $\tilde{\lambda}$ and $\tilde{\mu}$ are fuzzy numbers, $f(\tilde{\lambda}, \tilde{\mu})$ is also a fuzzy number. Following Zadeh's extension principle (see Yager [21] and Zadeh [22]), the membership function of the system characteristic $f(\tilde{\lambda}, \tilde{\mu})$ is defined as:

$$\phi_{f(\tilde{\lambda},\tilde{\mu})}(z) = \sup_{x\in X, y\in Y, 0<xE[A]/cy<1} \min\left\{\phi_{\tilde{\lambda}}(x), \phi_{\tilde{\mu}}(y) \,\middle|\, z = f(x, y)\right\}, \tag{4}$$

Assume that the system characteristic of interest is the expected number of customers in the system. It follows from (1) that the expected number of customers in the system is:

$$f(x, y) = \frac{x(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2y \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(x, y)}{2(cy - xE[A])}. \tag{5}$$

The membership function for the expected number of customers in the system is:

$$\phi_{\tilde{N}_s}(z) = \sup_{x\in X, y\in Y, 0<xE[A]/cy<1} \min\left\{\phi_{\tilde{\lambda}}(x), \phi_{\tilde{\mu}}(y) \,\middle|\, z = \frac{x(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2y \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(x, y)}{2(cy - xE[A])}\right\}. \tag{6}$$

Unfortunately, the membership function is not expressed in the usual form, making it very difficult to imagine its shape. In this paper we approach the representation problem using a mathematical programming technique. Parametric NLPs are developed to find the α-cuts of $f(\tilde{\lambda}, \tilde{\mu})$ based on the extension principle.

3. PARAMETRIC NONLINEAR PROGRAMMING

To re-express the membership function $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ of $\tilde{N}_s$ in an understandable and usable form, we adopt Zadeh's approach, which relies on α-cuts of $\tilde{N}_s$. Definitions for the α-cuts of $\tilde{\lambda}$ and $\tilde{\mu}$ as crisp intervals are as follows:

$$\lambda(\alpha) = \left[x_\alpha^L, x_\alpha^U\right] = \left[\min_{x\in X}\left\{x \,\middle|\, \phi_{\tilde{\lambda}}(x) \geq \alpha\right\}, \max_{x\in X}\left\{x \,\middle|\, \phi_{\tilde{\lambda}}(x) \geq \alpha\right\}\right], \tag{7a}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

$$\mu(\alpha)=\left[y_{\alpha}^{L}, y_{\alpha}^{U}\right]=\left[\min_{y\in Y}\left\{y \mid \phi_{\tilde{\mu}}(y)\geq\alpha\right\}, \max_{y\in Y}\left\{y \mid \phi_{\tilde{\mu}}(y)\geq\alpha\right\}\right], \quad (7b)$$

The constant batch-arrival and service rates are shown as intervals when the membership functions are no less than a given possibility level for α. As a result, the bounds of these intervals can be described as functions of α and can be obtained as: $x_{\alpha}^{L}=\min \phi_{\tilde{\lambda}}^{-1}(\alpha)$, $x_{\alpha}^{U}=\max \phi_{\tilde{\lambda}}^{-1}(\alpha)$, $y_{\alpha}^{L}=\min \phi_{\tilde{\mu}}^{-1}(\alpha)$, and $y_{\alpha}^{U}=\max \phi_{\tilde{\mu}}^{-1}(\alpha)$. Therefore, we can use the α-cuts of $\tilde{N}_s$ to construct its membership function since the membership function defined in (6) is parameterized by α.

Using Zadeh's extension principle, $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ is the minimum of $\phi_{\tilde{\lambda}}(x)$ and $\phi_{\tilde{\mu}}(y)$. To derive the membership function $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$, we need at least one of the following cases to hold such that

$$z=\frac{x(2E[A]+E[A(A-1)])+2y\cdot\sum_{n=0}^{c-1}n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy-xE[A])} \text{ satisfies } \phi_{\tilde{N}_s}(z)=\alpha:$$

Case (i): ($\phi_{\tilde{\lambda}}(x)=\alpha$, $\phi_{\tilde{\mu}}(y)\geq\alpha$),

Case (ii): ($\phi_{\tilde{\lambda}}(x)\geq\alpha$, $\phi_{\tilde{\mu}}(y)=\alpha$),

This can be accomplished using parametric NLP techniques. The NLP to find the lower and upper bounds of the α-cut of $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ for Case (i) are:

$$(N_s)_{\alpha}^{L_1}=\min \frac{x(2E[A]+E[A(A-1)])+2y\cdot\sum_{n=0}^{c-1}n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy-xE[A])}, \quad (8a)$$

$$(N_s)_{\alpha}^{U_1}=\max \frac{x(2E[A]+E[A(A-1)])+2y\cdot\sum_{n=0}^{c-1}n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy-xE[A])}, \quad (8b)$$

and for Case (ii) are:

$$(N_s)_{\alpha}^{L_2}=\min \frac{x(2E[A]+E[A(A-1)])+2y\cdot\sum_{n=0}^{c-1}n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy-xE[A])}, \quad (8c)$$

$$(N_s)_{\alpha}^{U_2}=\max \frac{x(2E[A]+E[A(A-1)])+2y\cdot\sum_{n=0}^{c-1}n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy-xE[A])}. \quad (8d)$$

From the definitions of $\lambda(\alpha)$ and $\mu(\alpha)$ in (7), $x\in\lambda(\alpha)$ and $y\in\mu(\alpha)$ can be replaced by $x\in[x_{\alpha}^{L},x_{\alpha}^{U}]$ and $y\in[y_{\alpha}^{L},y_{\alpha}^{U}]$. The α-cuts form a nested structure with respect to α (see

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Kaufmann [10] and Zimmermann [25]); *i.e.*, given $0 < \alpha_2 < \alpha_1 \le 1$, we have $[x_{\alpha_1}^L, x_{\alpha_1}^U] \subseteq [x_{\alpha_2}^L, x_{\alpha_2}^U]$ and $[y_{\alpha_1}^L, y_{\alpha_1}^U] \subseteq [y_{\alpha_2}^L, y_{\alpha_2}^U]$. Therefore, (8a) and (8c) have the same smallest element and (8b) and (8d) have the same largest element. To find the membership function $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$, it suffices to find the left and right shape functions of $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$, which is equivalent to finding the lower bound $(N_s)_\alpha^L$ and upper bound $(N_s)_\alpha^U$ of the α-cuts of $\tilde{N}_s$, which can be rewritten as:

$$(N_s)_\alpha^L = \min \frac{x(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2y \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy - xE[A])} \tag{9a}$$

s.t. $x_\alpha^L \le x \le x_\alpha^U$ and $y_\alpha^L \le y \le y_\alpha^U$,

$$(N_s)_\alpha^U = \max \frac{x(2E[A] + E[A(A-1)]) + 2y \cdot \sum_{n=0}^{c-1} n(c-n)P_n(x,y)}{2(cy - xE[A])} \tag{9b}$$

s.t. $x_\alpha^L \le x \le x_\alpha^U$ and $y_\alpha^L \le y \le y_\alpha^U$,

At least one of x and y must hit the boundaries of their α-cuts to satisfy $\phi_{\tilde{N}_s}(z) = \alpha$. This model is a set of mathematical programs with boundary constraints and lends itself to the systematic study of how the optimal solutions change with x_α^L, x_α^U, y_α^L, and y_α^U as α varies over $(0,1]$. The model is a special case of parametric NLPs (see Gal [6]).

The crisp interval $[(N_s)_\alpha^L, (N_s)_\alpha^U]$ obtained from (9) represents the α-cuts of $\tilde{N}_s$. Again, by applying the results of Kaufmann [10] and Zimmermann [25] and convexity properties to $\tilde{N}_s$, we have $(N_s)_{\alpha_1}^L \ge (N_s)_{\alpha_2}^L$ and $(N_s)_{\alpha_1}^U \le (N_s)_{\alpha_2}^U$, where $0 < \alpha_2 < \alpha_1 \le 1$. In other words, $(N_s)_\alpha^L$ increases and $(N_s)_\alpha^U$ decreases as α increases. Consequently, the membership function $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ can be found from (9).

If both $(N_s)_\alpha^L$ and $(N_s)_\alpha^U$ in (9) are invertible with respect to α, then a left shape function $L(z) = [(N_s)_\alpha^L]^{-1}$ and a right shape function $R(z) = [(N_s)_\alpha^U]^{-1}$ can be derived, from which the membership function $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ is constructed:

$$\phi_{\tilde{N}_s}(z) = \begin{cases} L(z), & (N_s)_{\alpha=0}^L \le z \le (N_s)_{\alpha=1}^L, \\ 1, & (N_s)_{\alpha=1}^L \le z \le (N_s)_{\alpha=1}^U, \\ R(z), & (N_s)_{\alpha=1}^U \le z \le (N_s)_{\alpha=0}^U. \end{cases} \tag{10}$$

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

In most cases, the values of $(N_s)_\alpha^L$ and $(N_s)_\alpha^U$ cannot be solved analytically. Consequently, a closed-form membership function for $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$ cannot be obtained. However, the numerical solutions for $(N_s)_\alpha^L$ and $(N_s)_\alpha^U$ at different possibility levels can be collected to approximate the shapes of $L(z)$ and $R(z)$. That is, the set of intervals $\{[(N_s)_\alpha^L,(N_s)_\alpha^U]\,|\,\alpha\in[0,1]\}$ shows the shape of $\phi_{\tilde{N}_s}(z)$, although the exact function is not known explicitly.

Note that the membership functions for the expected waiting time in the queue can be expressed in a similar manner.

4. NUMERICAL EXAMPLE

This section we present one example motivated by real-life systems to demonstrate the practical use of the proposed approach, which is based on http://www.macaudata.com/macauweb/book175/html/19301.htm

Example: Considering one sewerage treatment system collects sewage from the urban areas and sends them to the sewerage treatment plant. The sewerage treatment plant has three supply pipes (referred to 3-servers). Each pipe can settle the larger solids and put the settled into the chemical process tank. After the chemical process, the treated water is discharged to the sea. We assume that the number of arriving sewage solids each time follows a geometric distribution with parameter $p=0.5$; *i.e.*, the size of arriving sewage solids A is $\Pr(A=k)=0.5(1-0.5)^{k-1}, k=1,2,\cdots$. Clearly, this problem can be described by FM$^{[x]}$/FM/3 system. For efficiency, the management wants to get the system characteristics such as the expected waiting time in the queue.

Suppose the batch-arrival rate and service rate are trapezoidal fuzzy numbers represented by $\tilde{\lambda}=[1,2,3,4]$ and $\tilde{\mu}=[11,12,13,14]$. First, it is easy to find that $[x_\alpha^L,x_\alpha^U]=[1+\alpha,4-\alpha]$ and $[y_\alpha^L,y_\alpha^U]=[11+\alpha,14-\alpha]$. Next, it is obvious that when $x=x_\alpha^U$ and $y=y_\alpha^L$, the expected number of sewage solids in the system attains its maximum value, and when $x=x_\alpha^L$, and $y=y_\alpha^U$ the expected number of sewage solids in the system attains its minimum value.

According to (2),

The membership function for the fuzzy expected waiting time in the queue ($\tilde{W}_q$) is obtained as shown in Fig. 1. Crisp intervals for the fuzzy expected waiting time in the queue at different possibilistic α levels are given in Table 1. For the fuzzy expected waiting time $\tilde{W}_q$, the range of $\tilde{W}_q$ at $\alpha=1$ is [0.0714, 0.0790], indicating that expected waiting time for any sewage solids definitely falls between

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

0.0714 and 0.0790. Moreover, the range of $\widetilde{W}_q$ at $\alpha = 0$ is [0.0657, 0.0896], indicating that the expected waiting time in the queue will never exceed 0.0896 or fall below 0.0657.

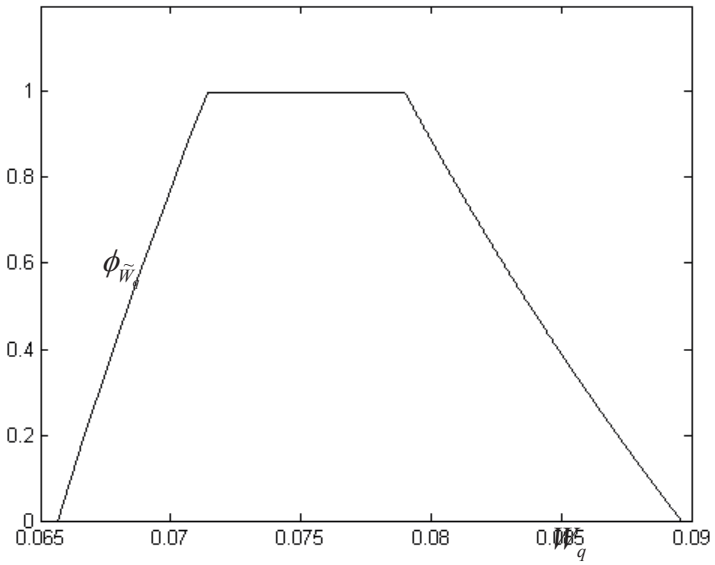


Fig. 1. The membership function for fuzzy expected waiting time in the queue

α	x_α^L	x_α^U	y_α^L	y_α^U	$(W_q)_\alpha^L$	$(W_q)_\alpha^U$
0.00	1.00	4.00	11.00	14.00	0.0657	0.0896
0.10	1.10	3.90	11.10	13.90	0.0662	0.0884
0.20	1.20	3.80	11.20	13.80	0.0667	0.0872
0.30	1.30	3.70	11.30	13.70	0.0672	0.0860
0.40	1.40	3.60	11.40	13.60	0.0678	0.0849
0.50	1.50	3.50	11.50	13.50	0.0684	0.0838
0.60	1.60	3.40	11.60	13.40	0.0689	0.0828
0.70	1.70	3.30	11.70	13.30	0.0695	0.0818
0.80	1.80	3.20	11.80	13.20	0.0701	0.0808
0.90	1.90	3.10	11.90	13.10	0.0708	0.0799
1.00	2.00	3.00	12.00	13.00	0.0714	0.0790

Table 1. α -cuts of batch-arrival and service rates and expected waiting time

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

5. CONCLUSIONS

This paper applies the concepts of α-cuts and Zadeh's extension principle to a batch-arrival queuing system with multiple servers and constructs membership functions of the expected waiting time using paired NLP models. Following the proposed approach, α-cuts of the membership functions are found and their interval limits inverted to attain explicit closed-form expressions for the system characteristics. Even when the membership function intervals cannot be inverted, system designers or managers can specify the system characteristics of interest, perform numerical experiments to examine the corresponding α-cuts and then use this information to develop or improve system processes.

REFERENCES

[1] J. Buzacott and J. Shanthikumar, *Stochastic Models of Manufacturing Systems*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993 .

[2] S. Chanas and M. Nowakowski, Single value simulation of fuzzy variable, *Fuzzy Sets and Systems,* 21, 43–57, 1988.

[3] X. Chao and Y. Zhao, Analysis of multiple-server queue with station and server vacation, *European Journal of Operational Research*, 110, 392-406,1998.

[4] S. P. Chen, Parametric nonlinear programming for analyzing fuzzy queues with finite capacity, *European Journal of Operational Research*, 157, 429-438, 2004.

[5] S. P. Chen, Parametric nonlinear programming approach to fuzzy queues with bulk service. *European Journal of Operational Research*, 163, 434-444, 2005.

[6] T. Gal, *Postoptimal Analysis*, *Parametric Programming*, and *Related Topics*, New York: McGraw-Hill, 1979.

[7] D. Gross, and C. M. Harris, *Fundamentals of Queueing Theory*, 3rd Ed, NewYork: JohnWiley, 1998.

[8] N. Igaki, Exponential two server queue with N-policy and multiple vacations, *Queueing systems*, 10, 279-294,1992.

[9] C. Kao, C. C. Li and S. P. Chen, Parametric programming to the analysis of fuzzy queues, *Fuzzy Sets and Systems*, 107, 93–100, 1999.

[10] A. Kaufmann, *Introduction to the Theory of Fuzzy Subsets*, Volume 1, New York: Academic Press, 1975.

[11] L. Kleinrock, *Queueing Systems*, Vol. I. Theory, New York: Wiley, 1975.

[12] Y. Levy and U. Yechiali, A M/M/c queue with servers vacations, *INFOR*, 14, 153-163, 1976.

[13] R. J. Li and E. S. Lee, Analysis of fuzzy queues, *Computers and Mathematics with Applications*, 17, 1143–1147, 1989.

[14] D. S. Negi and E. S. Lee, Analysis and simulation of fuzzy queue, *Fuzzy Sets and Systems*, 46, 321–330, 1992.

[15] H. M. Prade, *An Outline of Fuzzy or Possibilistic Models for Queueing Systems*, Fuzzy Sets, Ed. P. P. Wang and S. K. Chang, New York: Plenum Press, (1980)

[16] R.E. Stanford, The set of limiting distributions for a Markov chain with fuzzy transition probabilities, *Fuzzy Sets and Systems*, 7, 71–78,1982.

[17] N. Tian, Q. Li and J. Cao, Conditional stochastic decompositions in the M/M/c queue with server vacations, *Stochastic Models*, 14(2), 367-377, 1999.

[18] N. Tian and X. Xu, M/M/c queue with synchronous multiple vacation of partial servers, *OR Transactions*, 5(3), 85-94, 2001.

[19] K. S. Trivedi, Probability and Statistics with Reliability, Queueing and Computer Science Applications. New York: John Wiley & Sons Inc, 2002.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

[20] B. Vinod, Exponential queue with server vacation, *Journal of Operational Research Society*, 37, 1007-1014, 1986.

[21] R. R. Yager, A characterization of the extension principle, *Fuzzy Sets and Systems*, 18, 205–217, 1986.

[22] L. A. Zadeh, Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility, *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 3–28, 1978.

[23] G. Zhang and N. Tian, Analysis of queueing systems with synchronous single vacation for some servers, *Queueing systems*, 45, 161-175, 2003.

[24]. Ramesh . R and Kumaraghuru . S, Analysis of performance measures of fuzzy queuing model with an unreliable server using ranking function method, International Journal of Advances in Computer Science and Technology, (2014), October 2014, vol. 3(10), 441-445.

[25]. Ramesh . R and Kumaraghuru .S , Analysis ofPerformance in Four Non-Preemptive Priority Fuzzy Queues by Centroid of Centroids Ranking Method, International Journal of Computer Techniques, 2017 Jan – Feb, Volume 4 Issue 1, 12-20.

[26]. Ramesh .R, Hari Ganesh .A, M/M/m/m Fuzzy Loss System under Expansion Center Fuzzy Ranking Method, Journal of Applied Science and Computations, Volume VI, Issue III, March/2019, 2188-2195.

[27]. Ramesh .R, Hari Ganesh .A, M/M/1/N Fuzzy Queueing Models with Discouraged Arrivals under Wingspans Fuzzy Ranking Method, International Journal of Applied Engineering Research, Volume 14, Number 4, 2019, 1-12.

[28]. Ramesh. R, Srinivasan. R, Performance measures of two heterogeneous servers queueing models under trisectional fuzzy trapezoidal approach, Malaya Journal of Mathematik, Vol. S, No. 1, 392-396, 2020.

[29]. Ramesh. R, Seenivasan. M, Performance calibrations of a single server Glycolic acid based beauty parlour by fuzzy retrial queuing models, Materials Today: Proceedings, Vol. 51(8) Pp. 2422 – 2426 (2022).

[30]. Ramesh. R, Seenivasan. M, Achievement Expedients of Fuzzy Queuing Models with an Unreliable Electrical Transformer, IEEE EXPLORE, (ICEEICT 2022) vol. 22 pp. 978-1-6654-3647-2, **February 2022**

[31]. Ramesh. R, Seenivasan. M, Markovian Queueing System with Discouraged Arrivals by Fuzzy Ordering Approach, Mathematical Statistician and Engineering Applications, Vol 71, no: 4, 3787 – 3800(2022).

[32]. Seenivasan. M, Ramesh. R , Abinayac. R and Chandiraleka. S, Markovian Queueing Model with Multiple Working Vacation and Catastrophe, Neuroquantology June 2022 Volume 20, issue 6 Page 6302-6310(2022).

[33]. Seenivasan. M, Ramesh. R, And Particia. F, A Markovian Queueing Model With Catastrophe, Unreliable And Backup Server, Intrenational Journal of Health Sciences, Issue V(2022), Pp. 9136-9150, **2022.**

[34]. Seenivasan. M, Ramesh. R, And Particia. F, Single Server Finite Queueing Model with Catastrophe, Restoration and Partial Breakdown, Mathematical Statistician and Engineering Applications, Vol 71, no: 4, 3661 – 3685(2022).

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ANALYSIS OF COMPOSITE SANDWICH STRUCTURES SUBJECTED TO 4-POINT BENDING USING PROGRESSIVE DAMAGE MODELS

Hélder G.E. da Silva[1], Raul D.S.G. Campilho[1,2], Raul D.F. Moreira[1,3]

[*1] ISEP – School of Engineering, Polytechnic Institute of Porto, Porto, Portugal.
[2] INEGI – Pólo FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 400, 4200-465 Porto, Portugal.
[3]Department of Mechanical Engineering, FEUP - Faculty of Engineering of University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.

ABSTRACT

The use of sandwich structures has enabled an improvement in the properties of mechanical structures, such as flexural strength and stiffness, and at the same time, a reduction in weight through the combination of materials. In fact, by using a flexible core of high thickness between thin skins of high rigidity and resistance, it is possible to obtain light and resistant components, with applications in aeronautical, aerospace, and other industries. Since these structures have a high responsibility, it is necessary to have resistance prediction methods that can reproduce their mechanical behavior in service, to make your project more expeditious and reduce the need to carry out experimental tests, with the consequent reduction of costs.

In the present work, a study was carried out on the behavior of sandwich structures in the three- and four-point bending tests. This study consisted of carrying out experimental tests, from which the load-displacement curves were obtained, and then compared with those obtained through numerical models, carried out in the Abaqus® program. For this purpose, two configurations of sandwich structures were manufactured. The materials used for the skins were carbon fiber HS 160 REM and glass fiber EE 330 ET445 pre-pregs. As core, PMI foam was used and, to bond the skins to the core, the SikaForce®-7710 L100 adhesive was used. The difference between these structures is in the direction of the fiberglass layer, since in one of the configurations the fiberglass layer is at ±45˚, in the other it is at 0˚/90˚. The carbon fiber layers are unidirectional and arranged at 0˚ and 90˚. In the numerical models, criteria and models were used to simulate the real behavior of the materials. For the adhesive, cohesive zone models were used, the crushable foam model was used for the core and the Tsai-Wu criterion for the skins.

In the experimental test, the obtained values show that between the two configurations tested there is not a very significant difference when changing the direction of an inner layer of the skin. Numerically, it was possible to accurately reproduce the experimental tests.

Keywords: Sandwich structures; Composite material; PMI foam; Numerical modelling; Cohesive zone models; 3-point flexure; 4-point flexure.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COMPARATIVE ANALYSIS ON PHYTOCHEMICAL AND ANTIOXIDANTS IN BARK AND ROOT OF JATROPHA TANJORENSIS AND PAUSINYSTALIA YOHIMBE EXTRACT

Auwal Ibrahim, Gabi Baba, Urwata Abdulazeez

Department of Applied Chemistry, Collage of Science and Technology, Kaduna Polytechnic

Abstract

A comparative analysis was conducted to evaluate the phytochemical composition and antioxidant potential of the bark and root extracts of Jatropha tanjorensis and Pausinystalia yohimbe. Quantitative phytochemical screening revealed that the bark of both species contained significantly higher concentrations of alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, and phenolics compared to their roots. Specifically, Pausinystalia yohimbe bark exhibited the highest levels of alkaloids (0.172 ± 0.0025 mg/g) and tannins (4.606 ± 0.215 mg/g), whereas Jatropha tanjorensis bark possessed the highest phenolic content (1.350 ± 0.0956 mg/g). Assessment of antioxidant activity through FRAP and H_2O_2 scavenging assays demonstrated that Jatropha tanjorensis bark had the strongest antioxidant capacity, with inhibition values of 92.8% and 83.8%, respectively, which correlated with its high phenolic content. In contrast, despite its rich phytochemical profile, Pausinystalia yohimbe bark showed only moderate antioxidant activity, suggesting its bioactivity may lie in other areas, such as antimicrobial or astringent effects. The root extracts of both plants consistently showed inferior phytochemical and antioxidant profiles. This study concludes that the bark of both plants, particularly that of Jatropha tanjorensis, holds superior therapeutic potential for pharmaceutical and biomedical applications.

Keyword: Phytochemical Antioxidants, Bark , Root, Jatropha Tanjorensis and Pausinystalia Yohimbe

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MULTIMEDIA EMPOWERMENT IN COMPUTER SCIENCE EDUCATION: BRIDGING THE GAP FOR ENHANCED LEARNING

Aminu Aminu Muazu[1,2*], Umar Audi Isma'ila[2], Muhammad Muntasir Yakubu[2,3], Umar Danjuma Maiwada[1,2], Aminu Aliyu Abdulhadi[1], Muhammad Abubakar Ibrahim[4]

[1]Umaru Musa Yar'adua University, Faculty of Natural & Applied Sciences, Department of Computer Science, Katsina, Nigeria.

[2]Universiti Teknologi Petronas, Faculty of Science and Information Technology, Department of Computer and Information Science, Perak, Malaysia.

[3]Federal University Dutsin-ma, Faculty of Engineering and Technology, Department of Information Technology, Dutsinma, Nigeria.

[4]Federal College of Education, School of Primary Education Sciences, Department of Computer Science, Katsina, Nigeria

ABSTRACT

The widespread integration of multimedia in contemporary education has broadened the horizons of teaching, extending beyond traditional classroom settings and textbooks. Computers and the internet now serve as conduits for accessing and creating content. Despite the existing limitations of multimedia technology, it is still considered an evolving field with potential for substantial growth and transformation. The research findings indicated that there was no notable variation in the average ratings given by principals, vice principals, and teachers regarding strategies to enhance funding for computer studies education. The study suggests that implementing certain fundamental strategies could enhance the teaching of computer studies in secondary schools in katsina state of Nigeria. A quantitative method is adopted whereby a total number of 70 copies of the questionnaire were distributed to 70 students from different schools within katsina state metropolitan area. Finally, it was recommended that school administrators should receive sponsorships for retraining programs such as workshops, seminars, and conferences. These opportunities will enable them to acquire and update modern technological skills relevant to their specific areas of expertise.

Keywords: Multimedia, Information and Technology, Computer science education, Teaching, Learning.

INTRODUCTION

The selection and utilization of multimedia for educational purposes is a relatively new and problem-centered area of research within media didactics, therefore this was one of the reasons for opting for the theme of multimedia in teaching, more precisely, the use of multimedia in primary school from first to fourth grade (Abdulrahaman et al., 2020; Haleem et al., 2022; Noetel et al., 2021) . Scientists paid greater attention to exploring the media in the second half of the twentieth century while

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

multimedia was researched in a more systematic manner with the appearance of computers and multimedia educational tools, in an IT context, beginning in the 80s of the 20th centuries (Aminu Muazu & Umar Audi, 2021; Müller & Mildenberger, 2021). A million years had to pass to go from cave graffiti to first written symbols; thousands of years until invention of the printing press; three centuries passed in order to get from the printing press with large print to flat print i.e. recessed print (lithography); one more century until the invention of the rotational printing press and 60 years until the first computer, which was so huge that it occupied a whole room (Haleem et al., 2022). Thirty years later, the first personal computers appeared, and 10 years after that the first laptop (portable computer) arrived. Today, a hand-size computer can be kept in the pocket or linked with a mobile telephone. It can send an e-mail (electronic mail), photograph or fax (Seitenov et al., 2020; Yakubu & Aminu, 2023). Maybe this device will soon make it possible to heat up a plate of pasta for us in the microwave oven before we arrive home. These emerging technologies are deeply embedded in various aspects of human activities and have significant implications for pedagogy and education across all levels, ranging from early childhood education to higher education institutions (Merfeldaitė et al., 2021; Seitenov et al., 2020).

Modern education faces challenges such as over-population, evolving philosophies, and lack of resources (Luka Yelwa Barde et al., 2021). To address these, educators embrace technology to improve productivity and provide equal opportunities for all learners (Jacob & Abashi, 2020). Multimedia technology, with its diverse applications, enhances learning by engaging multiple senses, however, it has some major elements that might impact student like cheating during examination (Hasan abd, 2022). It facilitates dynamic reading, idea clarification, realistic presentations, and understanding. Computers play a crucial role in multimedia education, and ongoing research aims to optimize its implementation for effective learning outcomes. Meanwhile, The Nigerian government introduced ICT programs in schools, including multimedia initiatives, to foster technological development (Luka Yelwa Barde et al., 2021; Madu Christian Onyekachi & Yahaya Danjuma Mohammed, 2021). However, progress has been limited due to a lack of qualified ICT teachers and functional computers in secondary schools. Insufficient funding, a shortage of qualified technicians, and poor maintenance culture also hinder the upkeep of multimedia resources (Ogunode & Chijindu, 2022). As a result, there have been no examinations on multimedia education in the SSCE, and the uptake of ICT in Nigerian society remains slow (Jacob & Ezema, 2022; Ominowa, 2021).

This study aims to assess the importance of multimedia in teaching and learning computer science in selected secondary schools in Katsina metropolis. The objectives include examining information and communication technology, exploring the use of multimedia in computer science education, and identifying strategies to improve the accessibility and quality of instructional facilities necessary for incorporating multimedia into teaching and learning computer studies. The findings of this study will facilitate the effective implementation of multimedia in computer science education by emphasizing

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

practical results and supporting progressive knowledge development. By providing a platform for curriculum-related activities and computer-based cultural technologies, teachers can effectively integrate scientific theory and empirical evidence into their instruction. This approach enhances teaching and learning by utilizing audio-visual aids and diagrammatic representations to improve comprehension. Additionally, it promotes student engagement and addresses challenges associated with large class sizes in computer science classrooms.

The structure of the study is as follows: Section 2 delves into the related works, while Section 3 outlines the methodology employed for this research. Sections 4 present the result analysis and discussion of the findings. Lastly, Section 5 offers conclusions drawn from the study and suggests potential future directions.

RELATED WORKS

According to (Hashim et al., 2023) during the last decade, Research has emphasized the significant impact of teachers on student achievements. To ensure success, teachers need adequate knowledge, instructional skills, and strategies, supported by rigorous school accountability measures and highly qualified teacher requirements (Hashim et al., 2023). Administrators play a crucial role in motivating teachers through professional development and effective human resource management.

The challenges of formulating a scientifically literate citizen lie on the professional advance of the teachers (Bragg et al., 2021). Moreover, Professional development plays a crucial role in assisting educators in enhancing their subject knowledge and teaching methodologies. For optimal effectiveness, professional developers need to actively engage teachers as collaborative and active learners (Bragg et al., 2021). Professional development should equip teachers with the necessary skills to effectively utilize instructional materials in their classrooms. It should also create engaging opportunities for teachers to expand their knowledge and receive training, ultimately leading to improved instruction within the classroom setting.

According to T. Budiharso et.al. (Budiharso & Tarman, 2020) Administrators and policymakers have the responsibility to establish comprehensive strategies and programs for recruiting, training, and retaining teachers. This includes implementing new financial incentives, enhancing working conditions, and providing better support to teachers in secondary schools. These measures aim to improve the overall teacher workforce and create a conducive environment for teaching and learning (Budiharso & Tarman, 2020). Also, they add that sufficient financial resources are not enough. Teachers also need support, preparation, and fair rewards to excel in the teaching and learning process.

Ref. (Jalil et al., 2021), however noted that Information literacy is crucial in the current information age, as it transcends disciplines, learning experiences, and educational levels (Jalil et al., 2021). It helps learners to master content, expand their investigative horizons, and become more focused in their learning. To align with this era, there is a need to refocus on the quality of teaching and learning.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Tohara suggests that e-learning, facilitated through information and communication technology (ICT), offers an effective strategy to enhance both teaching and learning. ICT encompasses various electronic methods of information storage, retrieval, manipulation, transmission, and receipt. To achieve the goals of computer studies in secondary schools, the availability of ICT facilities such as computers, the internet, and modems is essential.

Furthermore, effective teaching strategies play a vital role in ensuring smooth and impactful instruction (Bansal, 2019). Teachers choose specific strategies to engage students and enhance learning. Different subjects may require different strategies, including subject-specific approaches. An experimental study compared the impact of conventional and multimedia teaching methods on the achievement of 9th-grade science students. The findings revealed that the use of multimedia was more effective than direct instruction in science. The multimedia approach resulted in improved student achievement, suggesting its effectiveness in teaching science (Bansal, 2019). Implementing science lessons with multimedia has the potential to create lasting memories and deeper understanding of concepts.

Reference (Perumal, 2022) has recently incorporated newly platform for e-learning course materials to enhance academic outcomes. This endeavor showcases the utilization of virtual learning technologies to elevate higher education activities. Furthermore, the work outlines opportunities for conducting studies and experiments within widely recognized learning management systems.

The current research trend can then be discussed, this research acknowledges that computer studies in secondary schools are crucial for producing computer-literate individuals who can thrive in today's digitally competitive world. Having computer knowledge provides advantages in communication both within and outside of school and opens opportunities for self-employment after secondary school graduation. Additionally, the presence of ICT devices in secondary schools facilitates teaching, learning, management, and contributes to economic and technological development while serving as a dedicated course of study. Additionally, the existing literature review reveals that there is a lack of studies focusing on strategies for enhancing computer studies in secondary schools, specifically in Katsina Local Government Area of Katsina State. Therefore, the research study aims to address the gap in literature by providing valuable insights and information on this topic where no previous studies have been conducted.

MATERIALS AND METHODS

In this section, we will present the methodology used in conducting the current research, covering various perspectives such as research design, study area, study population, sampling techniques, research instruments, and methods of data analysis.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Research Design

This study adopted a survey research design (Algahreeb et al., 2021). A survey research design centers on individuals and their opinion, belief, motivation, and behavior. In the context of this study, ICT focuses on the improvement of students' performance in computer science over the use of computer aided instruction (CAI). Therefore, the knowledge and skills acquisition of both information technology and communication technology can then be said to be application of multimedia and telecommunication technologies to improve learning by the students. It is the combination of multimedia with communication.

Area of the Study

The study will be conducted in Katsina Local Government Areas of Katsina State. These areas were chosen due to the implementation of computer studies in their school program and the researcher's awareness with the location, which enables effective supervision and monitoring of the study.

Population of Study

A total of 70 students were used in this study. This consisted of computer science students in seven selected secondary schools in Katsina local government area of Katsina state as shown in Table 1.

Table 1. List of Selected Secondary School

S/N	Name of school	Total	Male	Female
1.	Government College Katsina Day Wing	5	3	2
2.	Katsina Colege Katsina (KCK)	5	2	3
3.	Dikko College Katsina (Pilot)	5	3	2
4.	Mumed Comprehensive Secondary School	5	3	2
5.	Government Pilot Day Kofar Sauri	5	3	2
6.	Government Girls College Katsina WTC	5	2	3
7.	Hazel International Primary School and Secondary School	4	2	2
8.	Evergreen international School	5	3	2
9	Fatima Shema Community School	5	3	2
10.	Hope International School	4	2	2
11.	Gobarau Academy	4	2	2

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

12.	Alhuda Academy	4	2	2
13.	Rukayya Science Academy	5	2	3
14.	Government Day Secondary School Kofar Yandaka	5	3	2
15.	Government Day Secondary School Gambarawa	5	3	2
	Total	70	35	35

Sampling Techniques

A total number of 70 copies of the questionnaire were distributed to 70 students from different schools. The questionnaires were distributed to each of the schools listed in Section 3.4 (Table 1). The 70 questionnaires were distributed to both male and female students in these schools listed above. The questionnaires were shared to 35 males and 35 females, provided useful responses to each of the items which were used as the population for this study. These were selected randomly from the schools under investigation.

Research Instrument

The instrument used in this study is a questionnaire. Respondents were required to be objective in their responses to these questions by saying only yes or no in boxes provided. The questionnaire items were based on the purpose of the study and the assumption of the research. The researchers had a free discussion with some of the teachers (classroom advisors) in the form of an oral interview before distributing the questionnaire to the respective students.

Method of Data Analysis

The data collection was grouped together, tabulated, visualized, and analyzed in accordance with hypothesis formulated using frequency and percentage. In designing the study, consideration was given to the method that would enhance accurate analysis of result and to some extent enhance the clarity of ideas, concepts and data discussed in each construct under investigation.

RESULTS AND DISCUSSION

In this section, we will showcase the research results and engage in a discussion of the current research's findings.

Results

From data gathered in the process of finding out the uses of multimedia in the teaching and learning of computer science in secondary schools. The data were carefully examined, tabulated, visualized, and analyzed statistically as shown in Table 2. Meanwhile, Figures 1 and 2 illustrate the distribution of two

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

figures, providing a visual representation of their relative proportions No and YES respondents, respectively.

Table 2. Frequency and percentage distribution of respondents according to the constructs in computer science teaching.

S/N	List of items	Frequency (Yes)	Percentage %	Frequency (No)	Percentage %
1.	Will the multimedia (computer) in any way facilitate students learning in developing countries?	100	92	10	8
2.	In view of the need to be mindful of cost, can cooperatively learning techniques with multimedia promote students' achievement?	74	98	26	22
3.	Is there achievement among Nigerian students when learning is undertaken with the use of the multimedia?	50	42	70	58
4.	Do most STM teachers lack ICT expertise and could not use computer as teaching aids?	76	63	44	37
5.	Do you have computer laboratory attendants in your school computer room?	72	60	48	10
6.	Does computer study a compulsory subject in your school?	62	52	58	48
7.	How many computer teachers do you have in your school?	68	57	52	42
8.	Do you have a personal computer in your school or at home?	86	72	34	22
9.	Some multimedia is not properly maintained due to lack of fund, lack of qualified technicians	72	69	48	40
10.	Can the use of multimedia and information technology help students to understand computer concepts?	80	67	40	34
11	Are there adequate provisions of ICT Services for the teaching of computer studies by private organizations or NGOs	60	40	70	30
12	Can Training of teachers by the Government is ordered to be acquainted with the basic computer skills	80	60	50	34

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

	required for effective teaching of computer studies				
13	Recruitment of qualified computer teachers for the teaching of computer studies	80	65	65	35
14	Regular supply of computer text by local and state government for active teaching of computer studies	90	93	80	20
15	Teachers should be trained in different institutional methods, using computer and ICT services	70	70	30	40

According to the findings in Table 2, the majority of students (92%) believe that multimedia (computer) can facilitate learning in developing countries. Cooperative learning techniques with multimedia are seen as promoting student achievements by 98% of the students. However, there is disagreement regarding the achievement of Nigerian students when learning with multimedia, with 42% agreeing and 58% strongly disagreeing. Additionally, 63% of students agreed that most STM teachers lack ICT expertise and cannot effectively use computers as teaching aids. Regarding computer facilities, 60% reported having computer laboratory attendants in their school, and 52% stated that computer study is a compulsory subject. In terms of the number of computer teachers, 57% of students reported having five teachers in their school.

Furthermore, 72% of students said they have personal computers at school compared to 22% who have them at home. Lack of funding and qualified technicians were cited as reasons for the improper maintenance of multimedia systems by 69% of students. However, 67% agreed that multimedia and information technology can help understand complex concepts. Regarding provisions for computer studies, 40% supported the idea of private organizations or NGOs providing ICT facilities, while 60% believed that teacher training by the government in basic computer skills is necessary. Furthermore, 65% agreed on the recruitment of qualified computer teachers, and 93% supported the regular supply of computer textbooks by local and state governments. Lastly, 70% of students agreed that teachers should receive training in different instructional methods using computer and ICT facilities.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

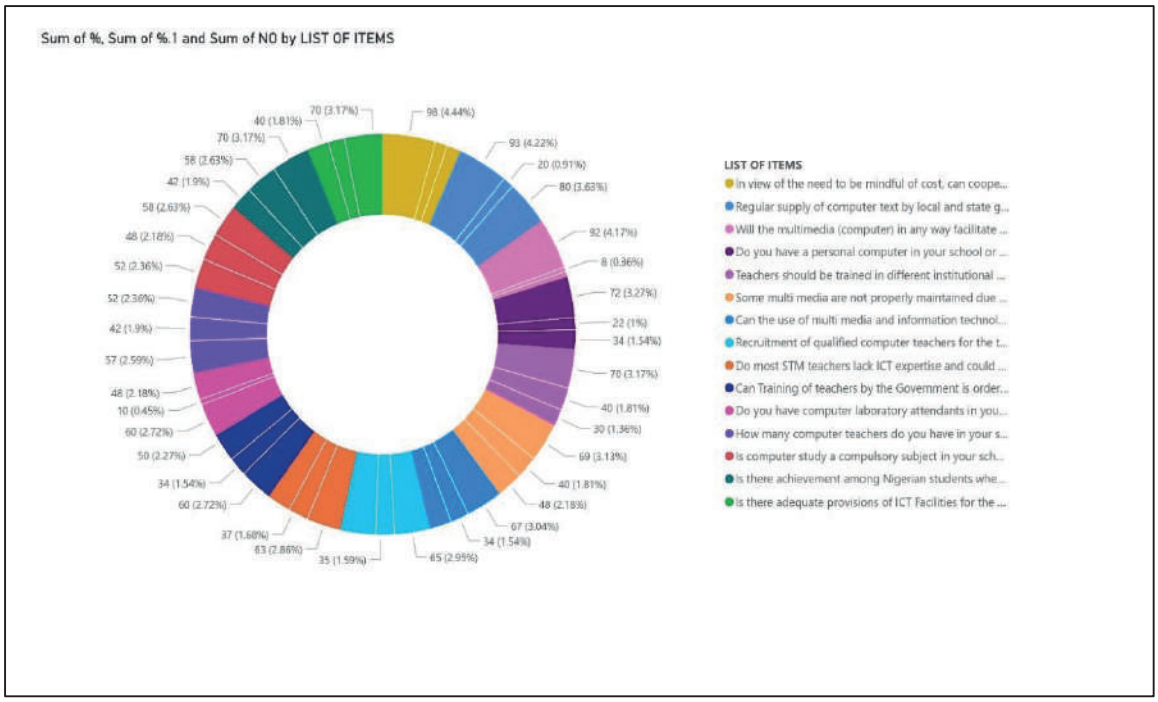


Figure 1. Sum of NO responses

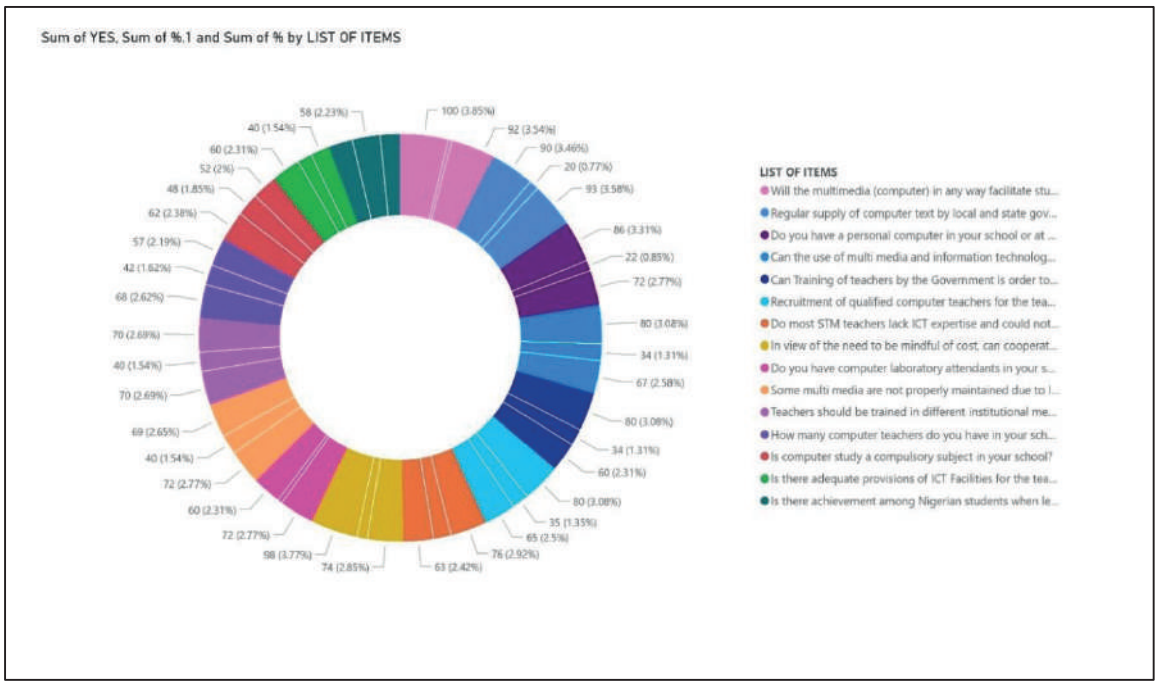


Figure 2. Sum of YES responses

Discussion

From the above information it shows that insufficient funding and lack of qualified technicians hinder proper maintenance of multimedia systems. Research suggests that teachers with experience in science and technology perform better when equipped with information and communication technology (ICT) skills. The government should prioritize technological proficiency training for teachers and encourage

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

their participation in ICT programs. Students show a positive attitude when working cooperatively with limited multimedia resources. However, the use of multimedia in computer science education is limited by cost constraints and the need to consider large or uncontrollable groups. Multimedia has the potential to replace indigenous technology but may not significantly improve achievement compared to traditional teaching methods. The quality of software and learning environment influence outcomes. Multimedia has extensive applications in various sectors, including industry, communication, defense, management information systems (MIS), and education.

Noticeably that multimedia programs assist students in learning problem-solving systematically, in detail. Introducing multimedia in computer science education motivates, challenges, and fosters new skills and approaches. It also helps bridge the gap between fast and slow learners by accommodating different learning styles. Computer aids the mastering and understanding of the concepts in computer science in three ways:

1. Computer programs allow learners to study computer science skills at their own pace, providing individual practice and feedback.

2. Sequential arrangements of levels cater to fast learners, allowing them to study at their own pace with feedback.

3. Record-keeping programs help track learners' performance. Challenges in computer science education include poor government policies, inconsistent curriculum, inadequate infrastructure, and lack of qualified personnel. Despite these challenges, computer applications have benefited students in teaching and learning computer science.

However, the major problem facing the teaching and learning of science in our secondary schools was lack of basic science equipment. Under these conditions, there may be no way students can develop the manipulative skills, the power of observations and drawing of inference which practical computer science is aimed at.

Implications of the Study

The study's implications extend to education authorities, curriculum planners, teachers, administrators, and society. It suggests strategies to enhance computer studies teaching and improve student performance in acquiring relevant skills for employment. School administrators should provide adequate training facilities and support teachers in emerging areas of technology. Teachers should stay updated and utilize effective instructional methods to enhance student understanding and deliver knowledge effectively.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CONCLUSION

The study finds that multimedia use greatly enhances student performance in computer science and reduces computer illiteracy. It empowers teachers to fully utilize their talents, participate in student studies, innovate teaching methods, and create meaningful work. The rapid changes in the world emphasize the importance of educating teachers and students in modern information and communication technology to facilitate effective knowledge transfer and scientific acquisition. An updated educational technology curriculum aligned with current trends will prepare computer science teachers to meet future challenges. The study confirms the significant role of computer studies in secondary schools in Katsina metropolis, Katsina State, emphasizing the need for multimedia and information and communication technology in teaching and learning processes. It highlights the computer as an indispensable tool for 21st-century science teachers. The study can be replicated in other states of the federation to classify the strategies to advance the teaching of computer studies in secondary schools.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their gratitude to Umaru Musa Yar'adua University for granting permission to utilize their resources in research. Special appreciation is also extended to our dedicated research team, editors, and anonymous reviewers for their invaluable contributions, and comments.

REFERENCES

Abdulrahaman, M. D., Faruk, N., Oloyede, A. A., Surajudeen-Bakinde, N. T., Olawoyin, L. A., Mejabi, O. V., Imam-Fulani, Y. O., Fahm, A. O., & Azeez, A. L. (2020). Multimedia tools in the teaching and learning processes: A systematic review. In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05312

Algahreeb, Q., Moldoveanu, F., & Moldoveanu, A. (2021). A Survey of Information Technology Applications to Treat Fear of Public Speaking. *Wasit Journal of Computer and Mathematics Science*, *1*(1). https://doi.org/10.31185/wjcm.vol1.iss1.8

Aminu Muazu, A., & Umar Audi, I. (2021). Network Configuration by Utilizing Cisco Technologies with Proper Segmentation of Broadcast Domain in FNAS-UMYUK Nigeria. *Journal of Network Security and Data Mining*, *4*(1), 1–13. https://doi.org/10.5281/zenodo.4776375

Bansal, P. (2019). SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN AN AGE OF DISRUPTION. *Academy of Management Discoveries*, *5*(1). https://doi.org/10.5465/amd.2019.0001

Bragg, L. A., Walsh, C., & Heyeres, M. (2021). Successful design and delivery of online professional development for teachers: A systematic review of the literature. *Computers and Education*, *166*. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104158

Budiharso, T., & Tarman, B. (2020). Improving quality education through better working conditions of academic institutes. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, *7*(1), 99–115. https://doi.org/10.29333/ejecs/306

Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, *3*, 275–285. https://doi.org/10.1016/J.SUSOC.2022.05.004

Hasan abd, M. (2022). Cheating in E-learning from the perspective of lecturers within Iraqi universities. *Wasit Journal of Computer and Mathematics Science*, *1*(4). https://doi.org/10.31185/wjcm.70

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Hashim, A. S., Aminu Muazu, A., Yusof, M. A. M., & Arshad, N. I. (2023). Development of Robot to Improve Learning of Programming Skills among Students. *Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics*, *4*(3). https://doi.org/10.52866/ijcsm.2023.02.03.001

Jacob, O. N., & Abashi, L. E. (2020). An Investigation into the Administrative Challenges Facing the Administration of Universal Basic schools in Abaji area council of FCT, Abuja, Nigeria. *Journal of Research*, *1*(3).

Jacob, O. N., & Ezema, O. (2022). Analysis of Factors Responsible for Poor Patronage of Public Higher Institutions in Nigeria by Competent Foreign Academics. *Article in International Journal On*, *5*(6), 176–184. https://www.researchgate.net/publication/361190459

Jalil, A., Tohara, T., Shuhidan, S. M., Diana, F., Bahry, S., & Norazmi Bin Nordin, M. (2021). Exploring Digital Literacy Strategies for Students with Special Educational Needs in the Digital Age. In *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* (Vol. 12, Issue 9).

Luka Yelwa Barde, Abubakar Alhaji Ahmed, Salamatu Mohammed, Maryam Gafo Bizi, Nuhu Ibrahim, & Grace Ifemedike Uzoma. (2021). Analysis of large class-size and its effects on teaching and learning process among students' secondary schools in Potiskum local government area. *GSC Advanced Research and Reviews*, *8*(1), 045–052. https://doi.org/10.30574/gscarr.2021.8.1.0113

Madu Christian Onyekachi, & Yahaya Danjuma Mohammed. (2021). Deployment of ICT for School Administration in Public Secondary Schools in North-Central Geo-Political Zone, Nigeria. *International Journal on Integrated Education*, *4*(11), 150–161.

Merfeldaitė, O., Prakapas, R., & Railienė, A. (2021). COVID-19 lessons: experience in organization of distance pre-school education. In *Digital Education Review-Number* (Vol. 40).

Müller, C., & Mildenberger, T. (2021). Facilitating flexible learning by replacing classroom time with an online learning environment: A systematic review of blended learning in higher education. In *Educational Research Review* (Vol. 34). https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100394

Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B., & Lonsdale, C. (2021). Video Improves Learning in Higher Education: A Systematic Review. *Review of Educational Research*, *91*(2), 204–236. https://doi.org/10.3102/0034654321990713

Ogunode, N. J., & Chijindu, O. E. (2022). Implementation of School-Based Management Committee of Public Secondary Schools in Nigeria: Contribution, Challenges and Way Forward. *International Journal on Integrated Education*, *5*(6), 185–193.

Ominowa, O. T. (2021). Science Teachers' Level of Technological Knowledge and the Effect of Demographic Variables in Ondo State, Nigeria. *European Journal of Interactive Multimedia and Education*, *3*(1), e02202. https://doi.org/10.30935/ejimed/11437

Perumal, S. (2022). The Quality of Interactive E-Learning for Students to understand the Course Material. *Wasit Journal of Computer and Mathematics Science*, *1*(3). https://doi.org/10.31185/wjcm.56

Seitenov, A. S., Aubakirova, R. Z., Fominykh, N. I., & Belenko, O. G. (2020). Technological Dimension of Pre-School Teacher Training at Tertiary School: Fine Arts Concept-based Case Study. *Journal of Social Studies Education Research Sosyal Bilgiler Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, *2020*(2), 186–203. www.jsser.org

Yakubu, M. M., & Aminu, A. M. (2023). Challenges and Prospects of Marketing Nigerian-Made Computer Software: A Study on Attitudes and Marketability. *UMYU Scientifica*, *2*(3), 27–33.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DETERMINATION OF WIDESPREAD VIRAL DISEASES IN CHERRY PLANTS

Mustafayeva Semaye

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-6366-7293

ABSTRACT

2,200,000 tons of cherries are produced in the world. According to the production of cherries, the USA, Turkey, Italy, and France rank first. Among the economic regions in Azerbaijan, cherries produced in the Guba-Khachmaz economic zone make up 45% of the total production. Cherry is a heat-demanding plant. However, excessive heat hurts growth and development. One of the main issues affecting the development of the cherry plant and reducing its productivity is the diseases and pests that infect the plant. These diseases include fungal, bacterial, and viral diseases. Unlike fungal and bacterial diseases, viral diseases are difficult, if not impossible, to prevent. Therefore, to prevent viral diseases, the plantation where the cherry plant is planted should be constantly monitored. Identifying the disease in the initial development phase plays a key role in its prevention. Common viral diseases include Prunus necrotic ringspot virus, Prune Draw virus, Cherry leaf roll virus-cherry strain, etc. As difficult as it is to prevent viruses, there are several methods for determining them. Examples of these are ELISA, PCR, and other methods. The molecular biology laboratory carried out the processes of detecting some virus diseases in the cherry plant and preparing a plan for combating them.

Keywords: Prune Draw virus, ELISA, PCR.

Introduction. Viral diseases economically reduce the yield of custard fruits, affect the development of the plant, and cause infectious symptoms. Monitoring of virus infection of leguminous fruit plants is of great help to control global infections both abroad [2, 4, 5, 6] and in Azerbaijan. It plays a key role in the process of monitoring viruses and the appropriate strategy appropriately and systematically.

During the pathogenesis of pathogens, secretion of special means of enzymatic substances and toxins leads to harmful substances in plants, damage to substances, and destruction of their structure. In such cases, wilting of plants, curling of leaves, structure of one part or all parts, deformation, formation of wrinkles, necrosis, etc. symptoms are observed.

In addition to more than 30 cherry varieties, viruses have been found in plums, apricots, and peaches, the most beautiful of which are: cherry leaf roll Cherry leaf roll virus (CLRV), (Plum pox virus -

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

PPV), Prunus necrotic ringspot virus - PNRSV, Prune Draw virus, Cherry leaf roll virus - cherry strain, Little cherry virus 1 (LChV2) and Little cherry virus 2 (LChV1). and so on. Among the plant-infecting viruses, PNRSV and PDV reduce the productivity of cherry plants by 30-50% in continuous varieties, and by 70-100% in fresh varieties [2].

Viruses can only be active in living tissues and cells. It quickly loses its ability to live in ordinary conditions. Plant sap, water droplets, pests and diseases are spread from one plant to another by contact effects through various organisms [9]. That is, there must be a favorable environment and conditions for the virus to infect the cherry plant. Intermediate conductors are ticks, thrips, mites, etc., which feed on plant sap and have a sucking oral apparatus. are harmful organisms. The virus, which enters the insect's proboscis and body with the juice of the diseased plant, lives there for some time. It moves from one plant to another, and the insect that begins to suck sap from a healthy plant transmits the virus to it. Thus, with the help of intermediate vectors, viruses can spread to large areas [9].

Cherry leaf roll – CLRV. Symptoms.

https://link.springer.com/article/10.1007/s13314-012-0072-8

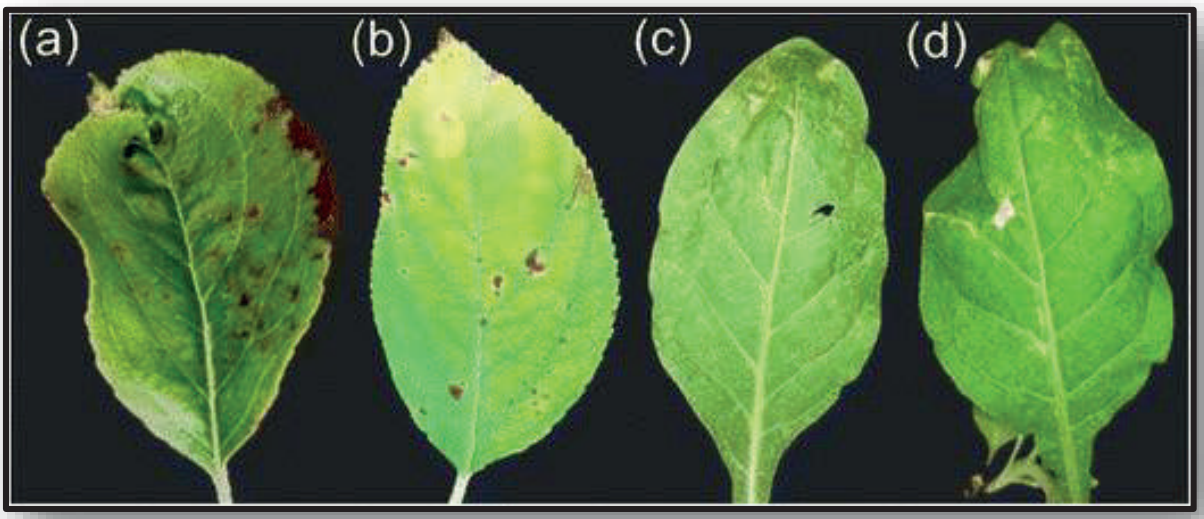


Figure 1. First report of Cherry leaf roll virus (CLRV) in Malus domestica.

The picture shows the development of symptoms in cherry leaves infected with the CLRV virus, and the negative effect of the virus on the leaves.

a) Leaf curling is observed in the first symptoms.

b) In phase II, small brown spots appear on the leaves.

c) Reduction of the area of brown spots, and deformation of the leaf from the outside.

d) The spots disappear completely, and the leaf completely loses its shape.

ELISA and PCR tests are mainly used to diagnose the disease. Along with the positive samples of the disease, negative samples are also placed in 96-well ELISA plates. Samples are taken from the leaves

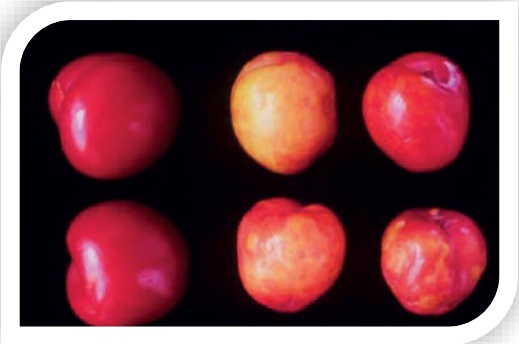
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

of the cherry plant with external symptoms, the leaves are crushed with nitrogen, and Extraction buffer is added. 200 µl of the obtained solution is added to the wells. (washing ELISA plates first and using other buffers)

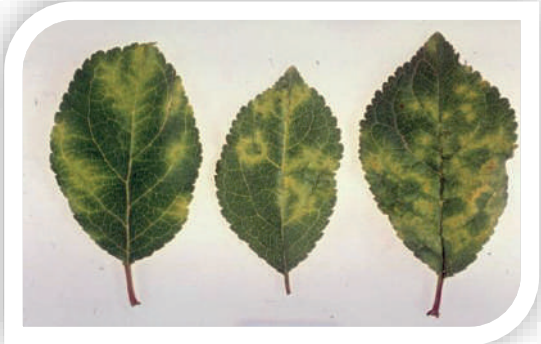
In the studies conducted in most countries of the world, especially in the USA and Russia, the studies confirm each other about the faster infection of pome fruit plants with viruses and the higher percentage of infection with PDV and PNRSV virus.

a) https://gd.eppo.int/taxon/PPV000/photos

b) https://nyis.info/invasive_species/plum-pox-virus/



a)



b)

Plum pox virus – PPV Symptoms.

Symptoms are observed in both the fruit and leaves of cherry plants infected with the PPV virus. Symptoms such as fading of color, deformation of the surface, reduction of fruit juice, and shriveling appear in the fruits (figure a), and in the leaves, along with light yellow spots, changes in the shape of the leaf blade, and slight curling are visible. (figure b)

Plant infection of the PPV virus is also checked by ELISA and PCR tests. If the results are positive, the site is inspected [3]. The spread of the disease is determined depending on whether the area is a nursery or a young garden area.

Isolation of plants from the main harmful viruses is carried out based on diagnostics. Virus-infected plants are sorted. Recovery of plants from viruses is usually carried out in laboratory conditions using various methods. Dry air thermotherapy, in vitro, PCR, etc. In the world, the method of dry air thermotherapy has been widely used in practice for 60 years. The effect of thermotherapy can be related to slow replication of viruses in plant tissues, disruption of their transport functions, viral particles, inactivation of viral enzymes, and increase in nucleic acid synthesis and degradation [5]. Thermotherapy depends on the characteristics of inactivated viruses and the ability of plants to survive at high temperatures.

Isolation of plants from the main harmful viruses is carried out based on diagnostics. In the absence of such plants, the variety is rehabilitated. Recovery of plants from viruses is usually carried out in

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

laboratory conditions using various methods [6]. Dry air thermotherapy, in vitro, PCR, etc. The method of dry air thermotherapy has been used in practice for 60 years. The effect of thermotherapy can be related to slow replication of viruses in plant tissues, disruption of their transport functions, viral particles, inactivation of viral enzymes, and increase in nucleic acid synthesis and degradation [2]. Thermotherapy depends on the characteristics of inactivated viruses and the ability of plants to survive at high temperatures.

Conclusions and Results.

1. ELISA and PCR tests are the most effective and fast methods for determining cherry plant viral diseases.

2. In the researched scientific literature, the total prevalence of viruses in pome fruit plants was 40-59%. Infection with necrotic ringspot virus was more common in cherry plants.

3. The main issue in preventing the virus is to assess its development phase and to carry out proper spraying and agrotechnical care in the garden where the virus is identified.

4. First report of Cherry leaf roll virus (CLRV), Plum pox virus - PPV viruses have been studied more in cherry plants.

Acknowledgment

We express our gratitude to our colleagues from the "Molecular Biology" laboratory at the Research Institute of Fruit and Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

1. Nardan M. Sadıqova, Ələddin N.Sadıqov , İlham S. Qurbanov, “Meyvə və çay bitkilərinin xəstəlik və zərərvericiləri”, Elm və Təhsil. Bakı 2019. 301 s

2. Приходько Ю.Н., Магомедов У.Ш. Вирусы семечковых и косточковых плодовых культур. Воронеж: Научная книга. 2011. 468 с. [Prikhod’ko Yu.N., Magomedov U.Sh. Viruses of pome and stone fruit crops. Voronezh: Scientific book. 2011. 468 p. (In Russ.)]

3. Упадышева Г.Ю., Упадышев М.Т., Походенко П.А. Зараженность клоновых подвоев косточковых культур вирусами и их влияние на эффективность размножения зеленым черенкованием. Плодоводство и ягодоводство России. 2010; XXIV (2): 127-131. [Upadysheva G.Yu., Upadyshev M.T, Pokhodenko P.A. Infection of clonal rootstocks of stone fruit crops with viruses and their influence on the efficiency of propagation by green cuttings. Pomiculture and small fruit culture in Russia. 2010; XXIV (2): 127- 131. (In Russ.)]

4. Rowhani A., Uyemoto J.K., Colino D.A. Pathogen testing and certification of Vitis and Prunus species. Ann. Rev. Phytopathol. 2005; 43: 261-278. DOI: 10.1146 / annurev. phyto.43.040204.135919

5. Matić S., Rwahnih M.Al, Myrta A., urić G. Viruses of stone fruits in Bosnia and Herzegovina. Acta Hort. 2008; 781: 71-74.

6. Zagrai I., Zagrai L., Labonne G., Dallot S., Festila A., Baias I. Preliminary evaluation of the competitiveness of PPV-Rec and PPV-D under field conditions. 22 Int. Conf. on virus and other transmissible diseases of fruit crops. Rome. 2012: 36.

7. Приходько Ю.Н., Чирков С.Н., Метлицкая К.В., Цубера Л.В. Распространенность вирусных болезней косточковых культур в Европейской части России. Сельскохозяйственная биология. 2008; 1: 26-

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

32. [Prikhod'ko Yu.N., Chirkov S.N., Metlitskaya K.V., Zuber L.V. Prevalence of viral diseases of stone fruit crops in the European part of Russia. Agricultural biology. 2008; 1: 26-32. (In Russ.)

8. Li R., Kinard G., Mock R., Forsline P., Poolerd M., Stover E. A survey for viruses and viroids in USA cherry genetic resources. 22 Int. Conf. on virus and other transmissible diseases of fruit crops. Rome. 2012: 137.

9. Gospodaryk A., P pola N., K le A., Moro ko-Bi evska I. The monitoring of occurrence of four common viruses in plum cultivars in Latvia // 22 Int. Conf. on virus and other transmissible diseases of fruit crops. Rome. 2012: 132.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MONITORING OF BACTERIAL DISEASES IN CHERRY PLANT

Huseynli Zehra; Ehmedova Melek

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0004-3790-7447; https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0007-1684-8312

ABSTRACT

In cherry plantations, fruits suffer considerable damage from various pests and diseases, which reduces productivity, weakens the general condition of plants, and sometimes leads to destruction. Cherry production is widespread in Guba-Khachmaz, Ganja-Gazakh, Sheki-Zagatala, Nagorno-Shirvan, and Nakhchivan MRs in Azerbaijan. Despite the production of cherries in these regions, Guba-Khachmaz stands out in terms of quality and productivity indicators. The main distinguishing feature is that the cherry varieties grown here are resistant to diseases and pests.

The most common bacterial diseases in the cherry plant are bacteriosis, hommosis, etc. After entering the tissue of the reproductive plant, its organism begins to spread. It interacts with the plant and causes a pathological process. However, the external signs of this process are not observed for a certain period, the process goes on secretly. Favorable conditions for the spread of these diseases are optimal temperature, the plant itself, time, and, most importantly, the presence of the pathogen that causes the disease. Monitoring of cherry plant bacterial diseases is carried out in two stages. In the first stage, field studies are carried out, and the second stage is carried out in laboratory conditions, especially in laminars used in the monitoring of bacterial diseases. A thermostat is used for the incubation period. The monitoring of bacterial diseases of the cherry plant was carried out in the Molecular Biology laboratory of the Scientific Research Institute of Fruit and Tea Cultivation in early spring, and as a result, the development phases of the diseases in different climatic indicators were studied.

Keywords: Thermostat, hommos, pathogen.

İntroduction. Cherry belongs to the plum (*Prunoideae*) family of *Rosaceae* family, its genus name is *Kerasus-avium*. The homeland of Gilas is the South Caucasus, the coast of the Caspian Sea, and North-Eastern Anatolia. The first information about the cherry plant belongs to the outstanding botanist and phytopathologist Theophrastus, who lived during the ancient Greek civilization 300 years before our era [1]. The height of the cherry plant is 10-15 meters, a slender tree with scattered umbrellas. Skeletal branches are 3-4 in number, located on the trunk, at certain distances, in groups, creating a natural layering. The leaves are large, inverted-ovate, and the edges are serrated. The

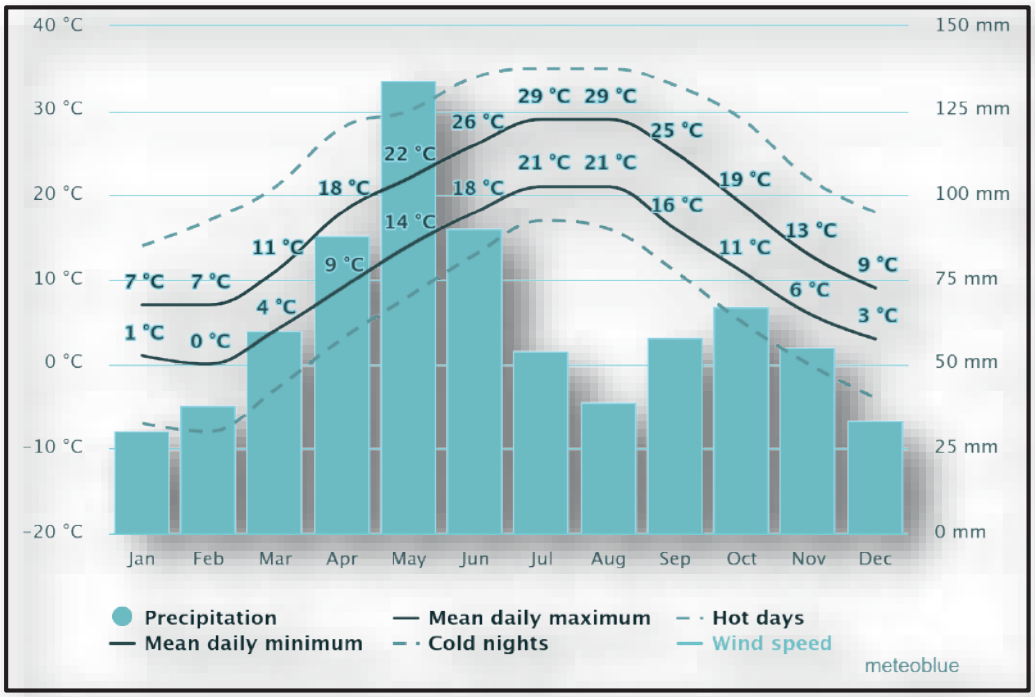
DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

flowers are large, white or pink. Fruits ripen in early July. Depending on the variety, the fruit is white, yellow, pink, or red. Lati is tender, juicy, and sweet [2].

The choice of variety is of great importance in the cultivation of the cherry plant. About 1500 varieties of cherry are known in the world. In our republic, the regionalized Bigarro Grol, Ramon Oliva, Tezyetishen Cassini, Bianco beautiful, Okuzureyi, and Rynochnaya varieties are cultivated. Among economic regions in Azerbaijan, the Guba-Khachmaz economic zone accounts for 45% of cherry production [2].

https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/climatemodelled/quba_azerbaijan_585221

Figure 1.



The cherry fruit contains a vaccine, sugars (18%), organic acids, coloring and pectin (0.46-0.71%), cellulose (0.25%), B2, and C vitamins, as well as carotene. Juice, compote, and jam are made from its fruits [3]. Gilas is also widely used in folk medicine. Cherry juice is a good remedy for good digestion of food. In addition, cherry fruits are used as a good effective medicine for liver, chronic gastrointestinal, and cardiovascular diseases. Due to its composition, cherries have a positive effect on strengthening the body's immune system and improving vision and mental activity [5].

The cherry plant is propagated in different ways. Reproduction is mainly carried out by generative and vegetative means. Because certain problems arise during reproduction by seeds, the cherry plant is propagated more vegetatively.

One of the main issues to consider when planting cherry orchards is the pollination process, where the pollinator varieties must be correctly identified. Of the more than 1,500 cherry varieties available,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

many do not self-pollinate or pollinate poorly [3]. The main reason for the low productivity of cherry varieties is the fungus, bacteria, and viruses in the plant, along with the improper selection of pollinating varieties.

The main goal is to correctly and timely detect bacterial diseases in cherries, to increase the cultivation of healthy plants, and to achieve a high-quality product without the use of chemical preparations.

Bacterial diseases are common in several plants in the world and are detected by certain methods and means [6]. It is usually possible to determine as a result of analyses on various devices under laboratory conditions.

There are several bacterial diseases in the cherry plant, an example of which is bacteriosis. In science, this disease is also called bacterial cancer, bacterial burn, bacterial hommos, or bacterial (sour) juice. Bacterial cancer in grasshoppers is caused by *Pseudomonas gerasi Griff, Pseudomonas syringae von Hall, Pseudomonas (bacteirum) citriputeale Stapp., Bacterium morsprunorum Wormald Pseudomonas gerasi Var*, etc. causing bacteria. The main symptom of the disease is the wilting of the shoot, flower, leaf, branch, etc. of the plant. organs are out of order [5]. Apricots, cherries, and peaches are resistant to this disease, and plums and cherries are relatively resistant to this disease. One of the main typical signs of the disease is the formation of browning in the trunk and branches, under the bark (phloem layer), the swelling of the bark, and the covering of the infected part with a sour juice smell. In trees infected with bacterial canker disease, infected parts of older trees usually die, and in young trees, all parts die.

To take measures to combat the disease, pruning, shaping, cultivation of plant surroundings, disease resistance, use of planting material, etc. such requirements must be followed [4]. The branches of the plant infected with the disease should be cut 10-15 cm above the healthy tissue, and garden ointment or 1% copper sulfate solution should be applied to the cut part. Pruning tools should be disinfected with a 2% formalin solution.

Trees damaged by the disease should be completely uprooted, replaced with chlorinated lime, and covered with soil, and the place should be restored. As a result of the observations, it was decided that chemical control measures against bacterial cancer did not give good results. However, control with 1% Bordeaux liquid during the budding period can relatively prevent the development of bacteria [5].

One of the most common diseases is bacterial spotting. Bacterial spot disease is caused by *Bacterium pruni E.F. Sm.*, *Pseudomonas caucasicum sp.*, *Clasterosporium carpohilum*, *Pseudomonas pruni Dye bacteria*. Bacterial spotting is a dangerous disease of pome fruit plants and it spreads in all countries of the world and damages apricots, peaches, almonds, plums, and other fruit plants from pome fruit plants. The bacteria hibernate in infected wounds and cracks in the tree trunk.

The symptom of the disease is small brownish-yellow oily spots appear on young leaves in hot and humid weather, later the spots grow to a size of 0.5-10 ml and take on a chestnut color. After 2-3

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

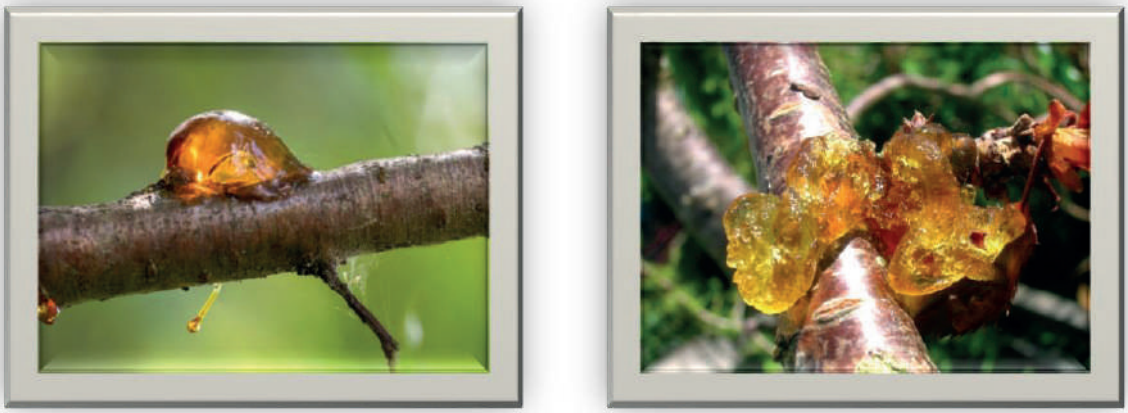
weeks, the spots dry and fall off from the middle part (as in the case of clastsporiosis) [3]. The initial symptoms of the disease are small watery, brown spots on the branch in April-May, from which bacteria develop, infecting the leaves of the plant. Hole spots occur on the leaves of the cherry tree as a result of bacterial spotting. Bright red spots appear on the fruits. Damaged parts of the fruit dry up to the fruit seed. The productivity of trees infected with this bacteria is significantly reduced.

An example of bacterial diseases that occur in leguminous fruit plants is hommosis [2]. This disease is mostly *Clasterosporium carpophilum* in plum and peach *Bacteirum gerasi E.F.Smith.* caused by bacteria, and the disease is caused by dangerous diseases such as clusterosporiosis, bacterial cancer moniliosis, and verticilliosis. A typical symptom of the disease is a yellowish, sticky solid substance on the trunk and branches. The disease occurs due to the thinning of the cell cover of the wood. Since the formation of cythera occurs in the cambium layer, instead of the formation of new bark and wood cells, large undifferentiated cells are formed in the cambium layer, which leads to the formation of a large amount of starch under the bark [4]. As a result, when the non-specific cells are damaged, the intercellular substance swells and becomes slimy, and the starch is hydrolyzed because the cell covers are dissolved. Accumulation of a large amount of material in the damaged part causes the crust to crack, and the cyst oozes out of the cracked part and coagulates.

To prevent hummosis disease in leguminous fruit plants, agrotechnical measures should be followed correctly, excess fertilizer rates should not be allowed. Garden ointment should be applied to the pruning sites [6]. Mechanical damage to plants should not be allowed, diseased areas should be cleaned of cythera, and lime blue stone should be rubbed on that part. In early spring, before and after flowering, repeated spraying with 1-2% Bordeaux liquid or one of its substitutes with 1-2% Bordeaux liquid plays an exceptional role in disease prevention.

Figure 2.

https://backbonevalleynursery.com/gummosis-in-fruit-trees/



DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Conclusions

To prevent bacterial diseases in the plant, medicinal preparations should be given to the plantations by timely spraying, and agrotechnical care should be carried out. By detecting the mentioned bacterial diseases in time in the laboratory with different methods, we can manage to organize productivity at a high level [3].

Acknowledgment

We express our gratitude to our colleagues from the «Molecular Biology» laboratory at the Research Institute of Fruit and Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

Axundova L.M., Sidorovnina E.P. Meyvə bitkilərinin zərərvericiləri ilə mübarizə, Bakı, 1975.-s.3-70

Bağırov B.H. Alma bağlarında yarpaq gübrələrinin və tənzimləyicilərinin tətbiqi, (buklet). Bakı, 2004

Bayramova D.B., Əliyev F.Q., Babayev X.Y. Çay klon əkin materiallarının yetişdirilməsi və becərilməsi. Bakı. "Teknur MMC" nəşr., 2004.-s. 12-15

Bayramova D.B., Qasımov G.R., Heydərli R.R. Nar dəyərli subtropik meyvə bitkisidir. 2004.-8 s.

Cəfərov İ.H. Şaftalıda unli şeh xəstəliyi ilə mübarizəsinin əsas prinsipləri. Azərbaycan Aqrar Elmi jurn., № 1-2, 2000. –s. 83-90

Cəfərov İ.H. Kənd təsərrüfatı fitopotologiyası. Bakı, 2001.-s. 159-180

Dünymalıyev M.Z., Eyvazov Ə.O., Əhmədov S.Ə., Quliyev C.A., Ələsgərova X.N., Ağayev D.N. Yaponiya yalançı qalxanlı mumlu yastıca (buklet). Bakı, 2006

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ADAPTATION OF TANGERINE (CITRUS RETICULATA) WITH BIO-REGIONAL CLIMATE INDICATORS: PLANT RESPONSES TO CLIMATE CHANGE

Rzayeva Chinara; Nagiyeva Samira

AZERBAİJAN REPUBLİC MİNİSTRY OF AGRİCULTURE SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF FRUIT-GROWING AND TEA PLANTING Lankaran Tea Branch,
Azerbaijan, Lankaran, AZ 4200, Khanbulan village
ORCİD ID: https://orcid.org/0009-0009-1403-3595 ; https://orcid.org/0009-0001-3435-3336

Abstract

Climate change affects the growth and productivity of citrus plants. The life of citrus plants is affected by high temperature, heat, drought, frost and various environmental elements. Climate change is one of the global problems for the world, including our country. Tangerine plant can be grown in tropical, subtropical, arid and semi-desert areas. Citrus plants grow best in subtropical climates. As a basis for this, we can give an example of the humidity factor. Due to the normal humidity for the development of citrus plants in the Lankaran-Astara zone, the fruits are larger and the required amount of water is sufficient. Optimum temperature is very important for tangerine plant cultivation. Citrus plants (tangerines) grow properly in the range of 25-37˚C, which is considered the optimum temperature. At a sharp high temperature above 44-45˚C, citrus growth stops completely. At low temperatures, citrus plants are more likely to experience frost from -4 degrees to a maximum of -9 degrees. Low temperature also stops metabolism, and cold and frost can cause serious injuries. A sharp change in negative or positive temperature has a negative effect on growth, can reduce the overall yield and lower the quality of the fruit. Climate change has a negative impact on the production of some tangerine varieties in general.

Introduction

Citrus belongs to the Rutaceae family (Rutaceae Juss.), subfamily of orange or golden fruits. Climate change affects the growth and productivity of citrus plants. The life of citrus plants is affected by high temperature, heat, drought, frost and various environmental elements. Climate change is one of the global problems for the world, including our country. The change in climatic conditions has led to the limitation of the area of citrus in the territory of our republic and their more or less remaining in more suitable climatic conditions (the Black Sea and Caspian Sea coast regions of the Caucasus). The soil and climate conditions of the Lankaran-Astara region have great agroclimatic potential for the cultivation of strategically important and dietary valuable citrus plants. Citrus plants grow best in subtropical climates. As a basis for this, we can give an example of the humidity factor. Due to the

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

normal humidity for the development of citrus plants in the Lankaran-Astara zone, the fruits are larger and the required amount of water is sufficient.

Citrus plants make up a large part of fruit, berry and green plants. Therefore, the development of the cultivation area of citrus plants at a large speed has been set as an important task by our state. Cultivation of citrus fruits in tropical and subtropical countries is of great economic importance. Citrus fruits are not only a valuable food product for the local population, but also one of the main export products. Cultivation of tangerines in open conditions in our country is considered economically efficient. Citrus fruit plants are trees and shrubs of humid subtropical and tropical origin. The most common of them is tangerine-Citrus nobiles. Since the Lankaran-Astara region is suitable for humid subtropical climatic conditions, lemons, tangerines, etc. are used in the economy of this region. the income from the cultivation of plants occupies one of the main places.

Because citrus plants are very sensitive and demanding to soil and climate conditions, they grow and develop only in certain temperature and humidity conditions. Citrus fruit plants have a special demand for soil moisture. This is primarily explained by the fact that citrus plants are native to humid subtropical and tropical countries. Therefore, its biological and vegetative characteristics are completely different from ordinary plants. In the Lankaran-Astara zone, mainly local tangerine varieties (Kovano-Vase, Unshua, Karlik), and from the introduced varieties Ortanique, Radian, Klimentin are normally adapted to soil and climate conditions.

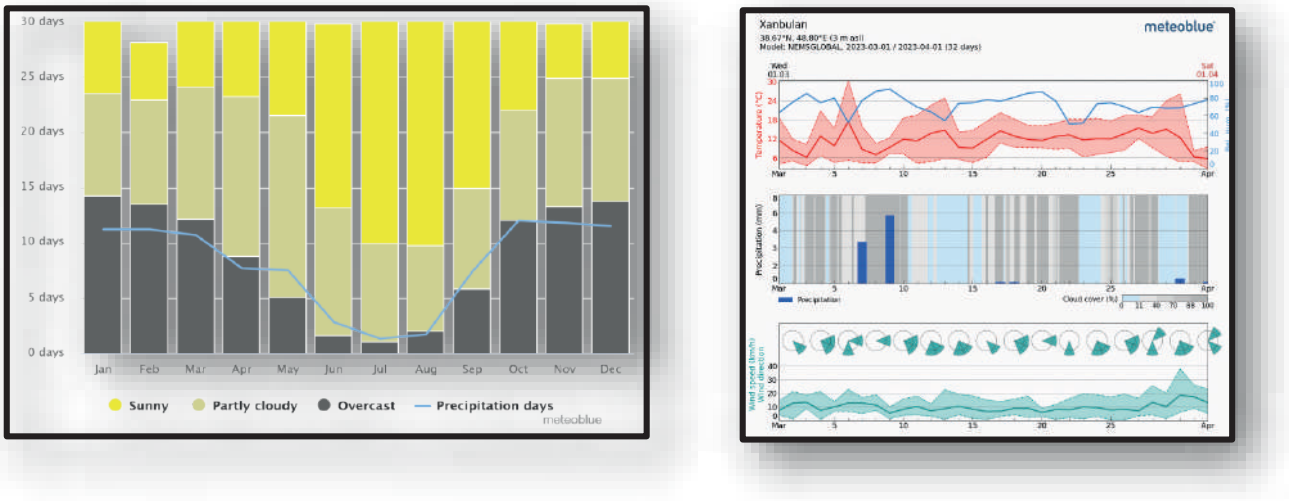
Object and methodology of the research

In the agricultural production process, there are various factors that affect production efficiency. One of the main factors is the climate factor. The climate factor is one of the most important features necessary for plant growth. If the climatic requirements and the climatic conditions in which the plant is grown are not the same, an efficient production process cannot be achieved.

Tangerine plant can be grown in tropical, subtropical, arid and semi-desert areas. Optimum temperature is very important for tangerine plant cultivation. Tangerine plant grows properly in the range of 25-37˚C, which is considered the optimum temperature. At a sharp high temperature above 44-45˚C, citrus growth stops completely. At low temperatures, citrus plants are more likely to experience frost at -4 degrees, maximum -9 degrees. Low temperature also stops metabolism, and cold and frost can cause serious injuries. A sharp change in negative or positive temperature has a negative effect on growth, can reduce the overall yield and lower the quality of the fruit. Climate change has a negative impact on the production of some tangerine varieties in genera.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

https://www.meteoblue.com/ru/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0/historyclimate/climatemodelled/xanbulan_



A) B)

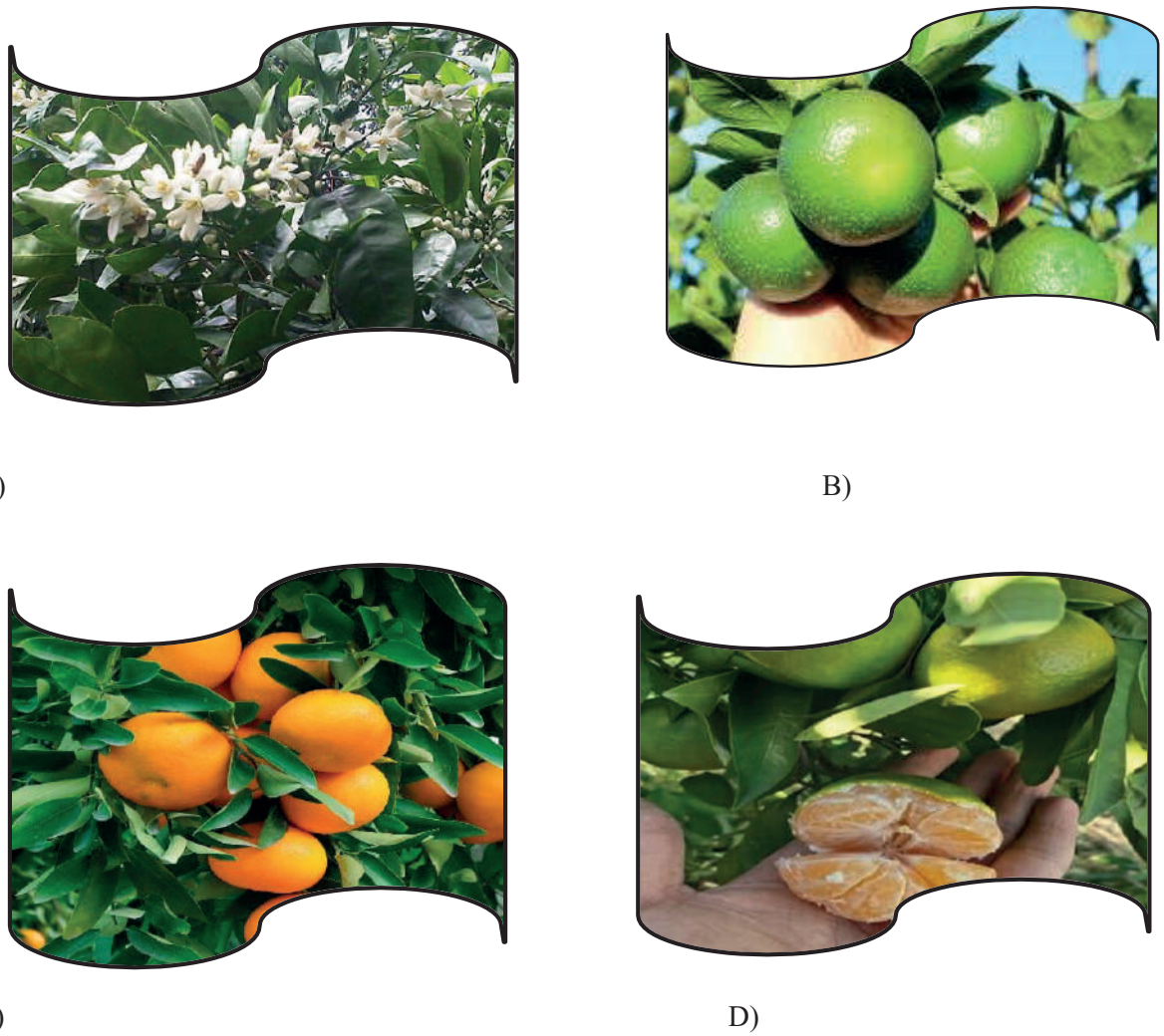
Figure 1. Cloudy, sunny and precipitation days

The positive active temperature for citrus should not be less than 35,000, but it is possible to grow citrus if the active temperature is 30,000. At this time, the average annual temperature should not be less than 13-120C, sharp absolute minimums. As can be seen in the table, there are more sunny days in June, July and August. One of the climatic features of the zone is the change in the amount of rain due to the change in relief conditions and vegetation with increasing altitude and going from north to south. It is observed that there are two maximum and one minimum periods in the distribution of rainfall in the area. Since the second phase of the tangerine plant's vegetation coincides with August, the temperature limit also accelerates the plant's development due to the onset of rains. The amount of annual precipitation in the Lankaran-Astara zone exceeds the norm. The amount of precipitation is observed more in March.

Tangerine - called Citrus reticulata Blanco. It is a 2-4 m tall tree with a sparse and scattered canopy. The bark of the trunk is grayish-black. The leaves are dark green, oblong-oval in shape, and pointed at the tip. The shoots are small. The leaves are more or less pale, ovate or elliptic, shiny, dark green on top, dull, weak green on the bottom, edges weakly protruding, clearly visible veins. The leaf stalk is winged. The flowers are covered, 3-4 cm in diameter, 2-2 sitting in the axils. Since each flower located on a tangerine plant contains both male and female floral organs, the plant is monoecious and its flowers are bisexual. Depending on the varieties, the fruits are small, medium and large. Its diameter is up to 6-8 cm, round, flat, elongated, pear-shaped. The skin of the fruit is bright orange-yellow, sweet, full of tartness. Most fruits are seedless. The peel is easily separated from the pulp, the fruit is 9-13 slices.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

https://www.google.com/search?q=olgunla%C5%9Fmam%C4%B1%C5%9F+mandalina&oq=olgunla%C5%9Fmam%C4%B1%C5%9F+mandalina&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyCQgAEEUYORiABNIBCTExMzcwajBqN6gCALACAA&client=ms-android-huawei-rev1&sourceid=chrome-mobile&ie=UTF-8#sbfbu=1&pi=olgunla%C5%9Fmam%C4%B1%C5%9F%20mandalina



A) B)

C) D)

Figure 2. Phases of development of Kovano-Vase (Local) tangerine variety by stages.

Conclusion and discussion.

In conclusion, we can show that the optimal temperature is important for the ripening of local tangerine varieties. Climatic characteristics are the main factor for the cultivation of tangerine plant, because the climate directly affects tangerine production. It is not recommended to grow tangerines in regions with low temperatures. Local varieties are more resistant to climatic conditions than imported varieties. Local varieties show tolerance to diseases and pests.

In the future, the process of multiplying local tangerine varieties and using the obtained product in fruit drying is planned.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Fully replacing the demand for citrus in the market with local products is one of the priority issues for both the country's economy and the full satisfaction of the demand for fruit.

Confirmation:

We express our gratitude to the employees of the Scientific Research Institute of Fruit and Tea Cultivation for their deep support in writing the scientific article.

Reference:

1. Abdullayev F.M. Land for lemon, tangerine and feijoa cultivation Ownership advice. Baku-2005.
2. Ahmadov A.C.I,Aliyev N.T. Commodity science of fruits and vegetables. Baku, ADYU publishing house, 2009
3. Babayev X.Y. Scientific and practical application of fertilization of citrus plants the basics. Baku "Science" 2021
4. Aliyev R. F. Economic-geographical organization of the territory of subtropical horticulture and environmental issues
5. Hasanov Z.M. Fruit growing (laboratory-practicum), 2011
6. Hasanov Z.M., Aliyev C.M. Fruit production (textbook), Baku, MBM publishing house, 2007
7. Hasanov Z.M. Treatment with fruits, Baku, East-West 2017
8. F.A. Guliyev Citrus plants: Biological properties and irrigation mode. Baku, "Ecoprint", 2018, 288 pages.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

IDENTIFICATION OF FUNGAL AND BACTERIAL DISEASES IN THE HAZELNUT PLANT

Memmedova Zeyneb

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0003-7089-0600

ABSTRACT

One of the main components of the agrarian policy in agriculture is to restore the biological balance in the environment by moving to the system of integrated control measures in the protection of plants from harmful organisms, adding the biotechnological principle to the strategy of control measures. As with all fruit plants, some many diseases and pests are present in custard apple plants. It should be noted that more than 250 types of mites can be found in the hazelnut plant. To obtain a high-quality product from the hazelnut plant, along with agrotechnical measures, the fight against diseases and pests plays a key role. Fungal and bacterial diseases of the hazelnut plant are Root rot disease (*Armillaria mellea Vahl*), Bacterial blight (*Ps. corylina*), cancer disease (*Nectria galligena Bres*), and powdery mildew disease.

Determining the economic damage thresholds of the main diseases and pests of agricultural plants depending on the degree of their development, determining the optimal and effective methods of combating diseases and pests using biological preparations and pheromones, as well as obtaining high and quality products from a single area. is one of the main tasks in front of him. In the article, several examples of the identification of fungal and bacterial diseases in the hazelnut plant were given, and control measures were prepared and presented.

Keywords: integration, strategy, *Armillaria mellea Vahl*.

Introduction

The natural and climatic conditions of our republic are very favorable for successful planting and growing fruit plants. Since ancient times, Azerbaijan has been considered the birthplace of many fruit trees. In our country, there are more than 4500-5000 plant species, of which more than 500 are fruit plants. Currently, in our republic, there are 214,000 hectares of orchards, of which 110,000 hectares are fruit trees. Of these, 80,000 hectares (37.5%) are occupied by hazelnut orchards. Recently, along with others, Hazelnuts are widely grown as fruit crops in our republic. Currently, our republic produces more than 53,000 tons of hazelnuts, and 70-80% of this product is exported to countries far

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

abroad. Hazelnuts are mainly distributed in Sheki-Zagatala, Karabakh, Ganja-Gazakh, Guba-Khachmaz, and other economic regions of our republic. Hazelnut is a fruit plant belonging to the genus (*Corylus*) of the (*Betulaceae*) family of the (*Fegales*) family.

One of the main components of the agrarian policy in agriculture is to restore the biological balance in the environment by moving to the system of integrated control measures in the protection of plants against harmful organisms, adding the biosenological principle to the strategy of control measures. Depending on the degree of spread and development of diseases, their economic damage thresholds, and optimal, effective methods of combating diseases using biological preparations and pheromones are determined.

Fungi and bacteria are common in nuts: Aflatoxin, root rot disease, bacterial blight, canker disease, and powdery mildew disease.

Mold disease in nuts (Aflatoxin). The disease is named after the species *Aspergillus flavus* which causes aflatoxin, a disease caused by a mold fungus. Aflatoxin is a carcinogenic (cancer-causing) substance that disrupts hormonal processes in the liver and intestine. To prevent the disease, hazelnuts should be harvested after they are fully ripe, they should not be spread thicker than 1 cm, and the moisture content of dried hazelnuts should not exceed 6%. Nuts should be packed in air-permeable bags in the storage areas of nuts, temperature + 100 C, and humidity should not exceed 70%.

Root rot disease *(Armillaria mellea).* By causing rot in the roots of the hazelnut tree, it causes the plant to dry up. To prevent the disease, healthy planting material should be used, and humidity should not be allowed in gardens. If the disease has just started, the diseased roots should be cut, the plant area should be opened and those places should be watered with lime + sulfur, blue stone + lime, or chlorinated lime. Juniper resin or alif should be rubbed on the cut places. If the whole tree is infected with the disease, the plant should be removed from the roots, slaked lime should be buried in that nest, and no plants should be planted there for 2-3 years.



Figure1. Root rot disease in hazelnuts.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Bacterial blight *(Ps. Corylina)* is a disease of bacterial origin, which is transmitted from plant to plant by rain, wind, and pruning tools, causing the death of shoots and cancer in the trunk, branches, and trunk. Buds infected with the disease do not open. Brown spots 1-2 mm in size are formed on the leaves and fruits. Branches and pods infected with the disease are reddish, and the spots on the fruit skin are round and brown. The leaves on the branches dry and hang on the tree without falling off. The branches and trunks infected with the disease are cut up to the healthy tissue 10 cm above the infected part and burned. After harvesting, hazelnut trees are sprayed with 1% Bordeaux liquid. If symptoms of the disease are observed during the vegetation period, repeated control is carried out with 1% Bordeaux liquid or one of the preparations containing copper.



Figure2. Bacterial blight on leaf and fruit.

Withering of branches *(Nectria Galligena).* There are 2 types of canker sores on the body: open and closed. Pathogens live under dead bark, in cracks, in the form of red spores. In wet years, spores spread more rapidly and cause new sources of disease. The infected part of the plant is cleaned up to the healthy tissue, and alif, juniper resin, or calcareous godash is applied to that part. Cutting and burning diseased and dry branches, fighting with 1% Bordeaux liquid in early spring and autumn leads to reduction of the disease.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

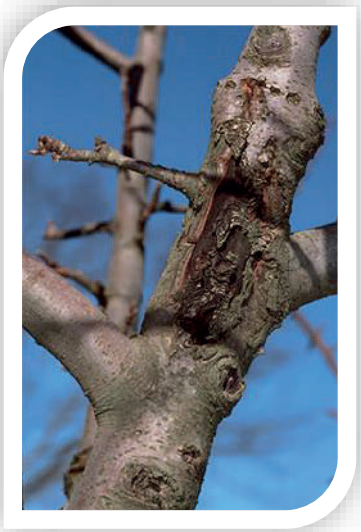


Figure 3. Withering of branches in hazelnuts.

Floury dew (*Erysiphe cichoracearum*). It is a fungal disease that spends the winter under fallen leaves. In early spring, fungal spores appear as white spots on the underside of hazelnut leaves. Infected leaves lose their green color and shine. Infected leaves gradually turn brown, become brittle and fall off. The first fight against powdery mildew in hazelnuts is carried out with one of the preparations containing Penconazole, Hexaconazole, Propineb, Fenbukanazol, when the pods are 25-30 cm and the leaves are of normal size. Since the disease is observed on the plant until the end of the year (in July-August), after harvesting, it is important to carry out repeated chemical control with one of the copper-containing preparations in September to destroy the hibernating spores.

Varieties	Diseases (5 points)	
	Nectria galligena Bres	*Erysiphe cichoracearum*
Shish fındıq	0	1
Ata-baba	0,6	2,3
Zaqatala 9	0,6	1,6

Table1. We assessed the disease resistance of varieties during 2022-2023. By monitoring plants at specified times throughout the growing season on a 5-point scale.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figure 4. Floury dew disease in hazelnuts.

Results and discussion

The most important factors limiting productivity in crop production are diseases and pests. Hazelnuts and walnuts are the most cultivated fruit crops due to their economic importance. Like all fruit plants, hazelnuts are also affected by pests. If you do not fight diseases and pests, this leads to the loss of most of the harvest. A bountiful hazelnut harvest is also impossible without proper care, timely pruning, and feeding trees, as well as ensuring their protection from various diseases and pests, it is necessary to learn and take measures to combat them.

Acknowledgment

We express our gratitude to our colleagues from the "Molecular Biology" laboratory at the Research Institute of Fruit Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

1.Bayramova D.B., Əhmədi P.H. Fındıq. Bakı, 2010. -37 s.

2.Bayramova D.B., Əhmədi P.H. Fındıq bitkisinin intensiv becərilməsi. Bakı, 2006. -32 s.

3.Balık İ., Sezer A., Duyar Ö., Gümüş E. və başq. Fındık el kitabı, 2014.-95s.

4.Duman M. Fındık kitabı. Türk kültüründe fındık. Kitabevi yayınları, İstanbul, 2008

5.https://pub.mdpi-res.com/horticulturae/horticulturae-08-01195/article_deploy/html/images/horticulturae-08-01195-g002.png?1671008001

6. https://media.springernature.com/m685/springer-static/image/art%3A10.1007%2Fs10343-017-0411-y/MediaObjects/10343_2017_411_Fig1_HTML.gif

7. https://www.cpm-magazine.co.uk/wp-content/uploads/sites/9/2022/04/Tech-Clubroot-Galls-v.jpg

8. https://ipm.ucanr.edu/PMG/IMAGES/N/D-AP-NGAL-BT.001a.jpg

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ADAPTION OF LEMON (CITRUS LIMON) TO CLIMATE CHANGE:PLANT RESPONSES TO LOCAL CLIMATE CONDITION

Huseynzade Ramal; Mammadli Muhammedali

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing, Lankaran Tea Branch, Azerbaijan, Lankaran, AZ4200, Xalbulan Village,
ORCIDE ID:https://orcid.org/0009-0004-9608-5172; https://orcid.org/0009-0008-2936-0348

ABSTRACT

Lemon, like other citrus plants, is a plant that grows better in subtropical climates and has high productivity. However, depending on climate changes, optimality may be disturbed during fruiting and other development phases. The research work on the lemon plant is conducted in the auxiliary farm area of the Lankaran Chay branch of MCETI. A study was conducted using the "Yerli Lankaran" lemon variety, which was cultivated with the "Poncirius Trifoliata" cultivar as planting material. The Lankaran natural economic-geographic region has manifested itself in climate changes according to humid and semi-humid subtropical climate subtypes characterized by medium and low highlands, foothills, and coastal plains. According to the conducted studies, when the lemon plant is resistant to low temperatures, its leaves curl, turn black, and look oily, lemons hang down and fall early. If we look at the general limits of cold resistance of the lemon plant, the temperature below -2^{0}C is dangerous, at -3^{0}C the leaves can be suddenly damaged, at -8^{0}C the flowers can be destroyed, at -9^{0}C the crown will be severely damaged, and at -11^{0}C the temperature is cold, destroys the entire body of the lemon tree. During the influence of positive air temperature on the lemon plant, temperature +2...+4^{0}C for the initiation of vegetation in the roots of the tree, a temperature higher than +10...+12^{0}C for the opening of flower buds, a temperature higher than +15^{0}C for the formation and differentiation of flower buds, a temperature of +18...+23^{0}C is required for normal growth of roots in the soil. However, when the positive temperature of the air is higher than the optimal demand of the lemon plant, the development is slow at the temperature of +25...+30^{0}C, and when the soil temperature rises above +30^{0}C, the growth and development of the roots stops.

Keywords: Poncirius Trifoliata, body, semi-humid.

Introduction.

The lemon plant, like other fruit and berry plants, is organically connected to the external environmental conditions. External environmental conditions mean environmental factors. The lemon plant is affected by a complex of environmental factors. In order for the plant to be able to use the

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

nutrients in the soil, it needs a certain amount of heat and moisture in the soil. Absence or excess of any of the environmental factors affects the normal functioning of the plant. Environmental factors include humidity, temperature, light, air and wind factors.

Among the climatic factors, humidity is considered a decisive factor in the growth and development of the lemon plant. More specifically, water keeps cells in a state of turgor and keeps the plant skeleton healthy. Water facilitates the transfer of nutrients from the soil to the roots and stems, and the spread of organic substances formed from inorganic substances in the plant to its organs. It occurs when the moisture in the soil is not optimal, which weakens the vegetative development of the plant, reduces the number of flower buds, and the leaves, flowers or fruits formed from them fall off because they cannot develop normally. In addition, during excessive humidity in the soil, the roots of the plant cannot use air and nutrients, they gradually rot, the root system of the plant weakens, and as a result, the plant is destroyed.

Temperature plays an important role in the growth and development of the lemon plant. Heat and light are essential for normal plant development phases. Roots absorb water from the soil and mineral nutrients dissolved in water, biochemical physiological processes in the plant, all phenological phases are carried out in the thermal field. Different phenobases of each plant type and variety have different requirements for heat. Different parts of the same type of lemon plant have different heat requirements. According to research, $+2^0$C...$+4^0$C for the initiation of vegetation in the roots of the plant, $+10^0$C C...$+12^0$C for the opening of the flower buds of the plant, $+15^0$C for the formation and differentiation of higher flower buds, normal growth of roots in the soil + 18^0C...$+23^0$C is required. When the temperature is higher than the optimal level, plant growth slows down. When the air temperature is $+25^0$C...$+30^0$C , the growth process of the plant slows down, in addition, when the temperature is above $+30^0$C, the growth and development of the roots stops.

Research object and methodology

Since the temperature of the air above the optimum temperature has a negative effect on the growth and development of the lemon plant, the negative temperature has a negative effect on the growth and development of the plant, reduces the yield and eventually destroys the plant. Thus, the negative temperature effects are shown below:

Temperatures below - 2^0C can be dangerous;

At -3^0C, leaves can be damaged suddenly;

At -9^0C, severe crown damage occurs;

Cold temperatures between -10^0C and 11^0C knock the trees to the ground.

Since the lemon plant is a remontant plant, the plant has fruits, flowers and buds in all seasons of the year. The period of full flowering of trees is the period when they are most sensitive to cold. Flowers

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

and shoots begin to suffer at -0.5^{0}C and -1^{0}C, leaves at -3.9^{0}C, branches at -4^{0}C. Lemon trees can die at -8^{0}C

Like other climate factors, the light factor plays a big role in the growth and development of lemon plants. Carbon dioxide absorption and photosynthesis process in the leaves result in the normal completion of physiological processes under conditions where citrus plants are provided with normal light. In the absence of light, the number of fruit shoots is low, the quality is low, the fruits are small, tasteless, deformed, the leaves are pale, the fruit branches are weak, short-lived, and the peels are weak. fully grown, so they cannot survive the winter.

Like other plants, the lemon plant receives light from above, below, in front and behind. Light falling on a horizontal surface is called overhead light. Above light is very important for lemon plants. For a free-standing tree, the upper light plane consists of sun scales and rays reflected from the sky. Light reflected from the surface of soil, water, grass is called low light. The quality of leaves, branches and fruits located under the canopy is highly dependent on low light. The intensity of low light depends on the distance between the lemon plants, the color of the soil, the keeping of the rows under cover crops and the nature of the surface. Front light is the light falling on the vertical surface of the plant. The intensity of the light falling on the front surface depends on the aspect of the light. That is, in sunny weather, the light falls more on the south side than on the north side. Backlight is light reflected from objects behind trees, such as walls, buildings, and plants. The walls should be whitewashed with lime so that the lemon tree planted near the wall can use the light well.

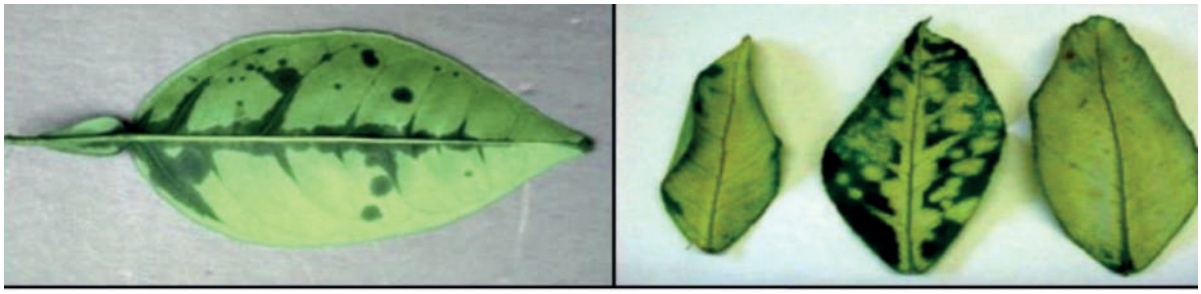


Figure 1 : Consequences of negative temperature in leaf and stem.

Air is an important factor for the lemon plant, which is one of the citrus fruit plants, and it contains valuable substances required for the normal physiological state of the plant. Dry air contains 0.03% carbon dioxide, 5-10% hydrogen, 21% oxygen, 1% argon, 78% ozone. The constant movement of air creates conditions for the normalization of relative humidity and temperature conditions for the plant. Air is of great importance in the growth and development of the above-ground part of the plant. The presence of oxygen enables the respiration process in the plant. The amount of air in the soil is less than air. Carbon dioxide is essential for the synthesis of organic matter. It is a product formed in the process of decomposition and mineralization of organic compounds thanks to the respiration of roots

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

and the activity of microorganisms in the soil. As a result of the lack of carbon dioxide in the air, the photosynthesis process in the plant weakens. It is also possible to partially meet the plant's need for carbon dioxide by giving straw, manure, and using siderate plants. This organic fertilizer is mineralized and enriches the air with carbon dioxide. In the air, various compounds of nitrogen and mainly ammonium enter the lemon plant in the soil in the form of sediment and are used by the plant after combining with water vapors.

Wind plays an important role as an external factor in the life of a lemon plant and has various effects. Wind is important in pollinating flowers, regulating relative humidity, supplying the plant with carbon dioxide and other elements, and circulating the collected cold air mass. Taking into account that the wind plays a major role in the growth and development of the lemon plant, when planting lemon gardens, first of all, protection from prevailing winds and it is necessary to ensure that the area is located in an environment that allows air circulation and at the same time creates better temperature conditions during the winter season.



Figure 2 : Effects of wind.

Cold northerly and dry easterly winds are terrible for the lemon plant. Under the influence of the wind, the plant's moisture in the soil evaporates, so the plant's resistance to frost decreases. Therefore, although lemon fruit plants placed on sloping sites are favorable for air drainage, lemon trees grow vigorously. Therefore, the protective forest strips for lemon fruit plants should not be completely closed, gaps should be left between them. Fruits affected by the wind do not spread to the projection of the crown and are collected in the direction of the wind.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figure 3 : Diseases caused by wind.



Winds During flowering and fruiting, warm winds with low humidity can allow flowers, small fruits and leaves, strong hot dry and winds in summer, small falling of fruits and leaves, strong winds in autumn can cause fruit falling, damage to the contents of fruits, broken branches, fruit branches injury. . Fungal and bacterial diseases cause entry into the lemon plant. The friction of the fruit against the branches or thorns under the influence of the wind creates traces in gray-brown tones on the bark.

Results and Discussion

Adaptation of the lemon plant to climate changes, resistance to various effects of humidity, light, air, wind, climate factors, resistance of the plant to climate change is observed. So, although the climate change affects the lemon plant depending on the different seasons of the year, there is stability depending on the plant. In addition to the damage, the lemon plant had productivity, as a result, it adapted to the changes.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Reference

1. Babayev, X, 2021, Scientific and practical basis of fertilization of citrus plants. monograph. "Science", Baku, 368 p.

2. Guliyev, F, 2018, Main biological characteristics of citrus plants and irrigation regime, Baku, "Ekoprint", 288 p.

3. Khudayev, F, Nabiyev, R, 2017, Plants and their use, "Baku", 136 p.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AUGMENTING THE NUTRITIONAL COMPOSITION OF *MEGATHYRUS MAXIMUMS* TO ADDRESS POVERTY AND INSECURITY

***AKINDE Sarah Temitope[1], BINUOMOTE Racheal Temitope[2], IDOWU Waheed[3] and ADEPOJU Temilola Morufat[1]**

[1] School of Agricultural Technology, Department of Agricultural Technology, Federal Polytechnic Ayede, Oyo State, Nigeria.
[2] Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Oyo State, Nigeria.
[3] Department of Animal Science, Federal University Dutsin-ma, Nigeria

Abstract

Poverty and food insecurity pose persistent challenges in many developing nations, necessitating innovative approaches that extend beyond conventional agricultural practices. This abstract examines potential of improving nutrient content of *Megathyrus maximums*, known as guinea grass, as a solution to poverty and food insecurity in developing nations. *Megathyrus maximums* are widely cultivated for livestock forage and to a lesser extent for human consumption. However, its limited nutrient profile limits its effectiveness as a reliable source of sustenance, especially in resource-constrained regions. Recent research has focused on enhancing nutritional value of *Megathyrus maximums* through bio fortification, which involves traditional breeding methods or genetic engineering to increase levels of essential micronutrients such as iron, zinc, and vitamin A without compromising its agronomic characteristics. Studies have shown success of bio fortified crops in improving human health and nutrition, and applying similar strategies to *Megathyrus maximums* holds promise for addressing malnutrition in regions where grass is a dietary staple. Enhancing nutritional composition of *Megathyrus maximum*s can also have positive socio-economic outcomes. Improved crop productivity and quality can benefit small-scale farmers by increasing yields, diversifying income sources, and raising market value. This, in turn, contributes to poverty reduction, economic resilience, and improved livelihoods within farming communities. However, implementation of nutrient-enhanced varieties of *Megathyrus maximum*s must consider biosafety concerns, regulatory frameworks, and social acceptance. Robust scientific research, stakeholder engagement, and supportive policies are crucial for successfully integrating and adopting these crops into agricultural practices, ultimately improving lives and food security of communities that rely on *Megathyrus maximum*s as a vital nutritional resource.

Keywords: *Megathyrus maximums*, bio fortification, Poverty, Food security, Nutrient enhancement

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DETERMINATION OF FUNGAL DISEASES IN CHERRIES

Musayeva Aygun

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0008-3368-1822

ABSTRACT

Extensive research work is currently being conducted worldwide on the efficient production and intensive development of the cherry plant with various biological characteristics and ecological diversity. In many regions of Azerbaijan, the wide possibilities of cultivation of the cherry plant, the preparation of various products from the plant, the possibility of using it both fresh and processed throughout the year, and the increasing demand of the population show the importance of studying the characteristics of this plant. The supply of cherry plants in Azerbaijan is 87.1%. The cherry plant is more susceptible to diseases and pests than other pitted plants. Fungal diseases that infect the cherry plant include Moniliosis (*Moniliosis*), Rust (*Rubigo peri petasmata*), Stamp (*stam*), Brown spotting (*Klyasterosporiosis*), Floury dew (*Flos ros*), Kokomykos (*Blumeriella jaapi*), etc. belongs to. Using experimental methods, it is possible to more accurately study fungal diseases common in cherry plants. Most fungi secrete special enzymes called mycotoxins. For this reason, methods to prevent diseases should be developed. Diagnosis of diseases is carried out mainly in laboratory conditions, with special devices and equipment (rooms equipped with thermostats, ultraviolet rays and special cameras, microscopes, petri dishes, etc.). In conclusion, we can say that in the article, observations and experiments of phytopathogenic fungal diseases were carried out in the cherry plant, resistance of the plant to diseases and various methods to prevent the spread of the disease were given.

Key words : *Rubigo peri petasmat,* experimental, fitopotogen

The cherry plant is very popular in Azerbaijan. Its fruits have both nutritional and medicinal properties. Cherry fruit contains sugars, organic acids, biologically active substances, vitamins C, P, B2, B9, curamines, anthocyanins, iron, and other substances that prevent many dangerous diseases for humans. Therefore, serious measures are currently being taken in our country to increase the productivity and quality of this plant [1].

Introduction. There are some diseases and pests that cause a decrease in the productivity of the cherry plant. One of them is diseases caused by fungi in cherries. The world of fungi (Fungi) is characterized by a variety of lifestyles. They parasitize plant organs and reduce their productivity and quality indicators. It is fed with ready-made ingredients. Major types of fungi are microscopic. They have a

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

vegetative body consisting of mycelia, and through it, they are fed, reproduce, and develop. Disease-causing fungi are divided into exogenous and endogenous types according to their distribution in cherry organs. In the first case, the main organs of reproduction and development spread to the upper layers of the leaf. Examples of such fungi are the causative agents of powdery mildew. [4] They form coatings and molds on plants. Mycelium and hyphae of endogenous fungi spread between cells, within cells, in water pipes, in the absorption and transmission systems of the root system, and in the internal tissues of fruits and seeds. Leaves, branches, fruits, and trunks show signs of spots, rots, and darkening. Some fungi can spread both in the inner and outer layers. The causative agents of white rot (Sclerotinia), and gray rot (Botrytis) diseases can spread both within the tissue and on the plant organs.

[3] Rust disease (*Rubigo peri petasmata*) begins with the formation of rust-like spots on the upper side of the leaf. Spots grow, leaves begin to fall prematurely, the tree weakens and their winter resistance decreases. Such trees usually do not bear fruit the following year. Due to the effect of rust disease, the area of the photosynthesis apparatus in plants also decreases, which depends more on the genotype and the degree of infection. [2] At the same time, due to the effect of rust disease, the cost of photosynthesis decreases more depending on the degree of infection. This causes the leaves to senesce rapidly, resulting in faster maturing of the plants, resulting in less biomass and yield formation. [5]

https://images.app.goo.gl/Jmn4iUCFwfhAGDkBA https://images.app.goo.gl/Z9qQWfM2ZMr2ovWr5



Figure 1. Cherry leaf rust.

The causative agents of stamp disease (*Venturia cerasi Aderh.*) are fungi belonging to the family *Venturiaceae*, order *Dothideales* of the bag fungi class. The scab infects the leaves of the cherry, and oak-colored spots appear on them. After some time, the leaves curl and dry. The green fruits of the tree can also dry up. Trees infected with both rust and scab should be treated with copper chloride (Kutzate) after flowering and after fruit picking. The appearance of scab disease is mainly observed after cold and long spring months. [6] The chances of trees getting sick also increase in hot, rainy spring and summer weather. Young leaves are infected first. The most dangerous time is the first

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

month of their life. During this period, spots appear on the green leaves and they appear mainly on the tips of the leaves. After a while, the spots spread and take on a gray color. The leaves turn black and dry. In places where there are spots, the fruit pulp becomes fungal, and the fruits develop unilaterally and become deformed, that is, the normal growth of the fruits is disturbed. Leaf blight infection causes the leaves to drop. Immature progeny (infected with stem blight) usually do not survive on the tree. The older and more mature generation is durable, but quickly loses its quality. Moisture helps them grow. It develops especially intensively at a temperature of 18-25ºC. When the flowers and seeds are heavily infected with the stigma, the crop is destroyed, and the rest of the fruit does not meet the standards. [8] Thus, the stamp hurts both the quantity and quality indicators of the product.

1. https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/cherry/treating-cherry-leaf-spot.htm

2. https://images.app.goo.gl/sVTY1Pz2XnKCCJoh8



Figure 2. Stamp disease in cherry



Figure 3. Brown spotting on cherries

Brown spotting (*Septoriasis*) causes small brown, yellowish, or dark red spots on the leaves. As the disease progresses, small spots appear on both sides of the leaves. The tissue of the leaf dries up and may fall prematurely. As a result of the drying of tissues, holes are formed in the place where there are spots. During severe infection, the leaves dry up and fall off in large quantities, which weakens the cherry tree as a whole.

Clyasterosporiosis (*Clasterosporium carpohilum*) causes hole spots on the leaves. This disease can infect the whole tree. The edge of the pale-oak-colored spots formed on the leaves is surrounded by a red line. Two weeks later, holes appear in place of the spots. Leaves dry and fall off. Slightly sunken reddish spots appear on the fruits. The damaged part of the fruit dries up to the fruit seed. The productivity of infected trees is significantly reduced. [7]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

https://images.app.goo.gl/rs5DNHi1i91w47fu5

https://images.app.goo.gl/Ttn7K9HJvVFZuERm6

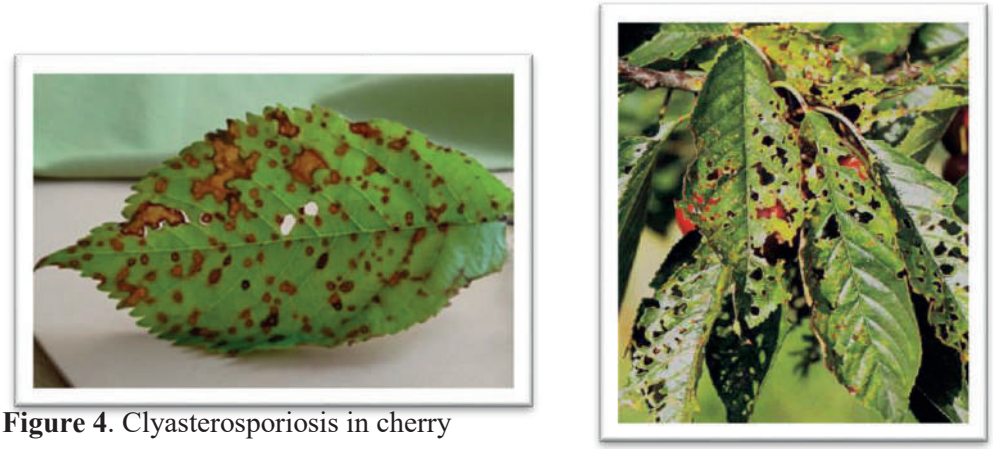


Figure 4. Clyasterosporiosis in cherry

Monoliosis-Grey rot (*Monilinia*) infects all pome fruits, including cherries. The flowers of the infected tree dry up, most of the leaves quickly fall off, curl, and rot, and the fruits dry up. A small gray mass is formed on the fruits. Initially, the fruits that have received mechanical damage are infected. Small brown spots can also be observed on the fruits. Most of the fruits fall off, and those that remain on the tree turn black and harden. Trunks and branches turn brown and wither. To prevent further infection of the tree next year, it is necessary to carry out autumn spraying. [2]

https://images.app.goo.gl/yZGaE9VwA8LX8Kgo7

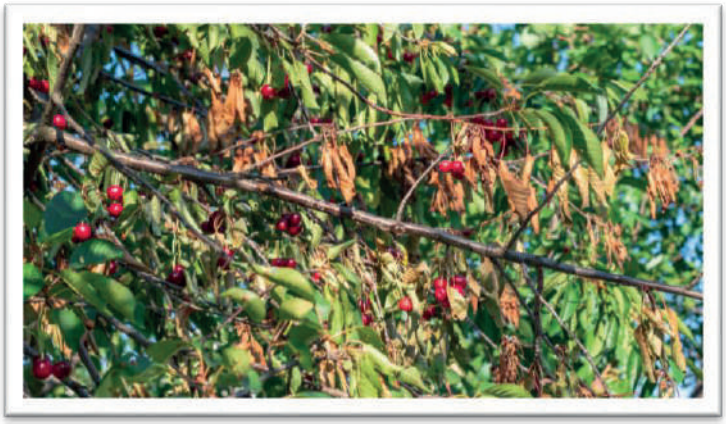


Figure 5. Moniliosis disease in cherry plant

Material and methods. Fungal diseases in plants are numerous and varied. Systematic microscopy, the use of a wet chamber, removal of the pathogen to a clean environment, and sometimes inoculation of the host plant are among the commonly accepted methods of correct diagnosis of the disease (to

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

correctly identify the pathogen). Correct selection of appropriate prophylactic or reconstructive measures depends on accurate diagnosis. Accurate and correct diagnosis of the disease is the first step towards the preparation and implementation of measures to combat it. Only by using experimental methods can you study the fungal organism more accurately. The collected facts about the mushroom organism show the ways of their formation of form and species. The study of patterns in mushroom variation allows the researcher to obtain the mushroom forms he needs. [8] Cultivation of fungi in artificial nutrient media, often for their reproduction, study of their properties, infectious mass injected into the soil in artificial infection, as a spore suspension for inoculation of plants, and other uses. Pure media can be carried out in test tubes or Petri dishes, but they do well in flasks and other glass containers. In most cases, the diagnosis of fungal diseases in plants is not difficult, especially if the pathogen in the plant produces characteristic symptoms in its mature state, and if it produces good spores, it is possible to determine the causative agent to its type by ordinary microscopy. [9]

The result. Sometimes, despite the presence of signs of disease (withering, rotting, spotting, etc.) in the plant, for some reason, spores are not formed. Often this is due to the young age of the fungus, its ability to exist vegetatively (without spore formation) within the infected organs of the plant, or due to the resistance of the plant and the dryness of the surrounding air. In such cases, it is difficult to identify the pathogen by conventional methods. For this, it is necessary to use additional diagnostic methods. For this purpose, humid chambers, removal of the pathogen to a clean environment in an artificial nutrient environment, sometimes inoculation for re-infection of plants, wintering of infected material in natural conditions, and other methods are used. As a result of these methods, after 15-20 hours, it is possible to get spore-forming fungi that are removed into a clean environment. During the experiments, the objects placed at the end of the working day under normal laboratory conditions produce spores the next day. Some parasitic fungi (Drechslera, Macrosporium, Piricularia, Fusarium, and other species) that do not form spores well in artificial food media, develop normally and form spores in humid chambers, infected parts of the host plant, and on natural substrate. [10]

Acknowledgment. We express our gratitude to our colleagues from the "Molecular Biology" laboratory at the Research Institute of Fruit Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

1. Cəfərov İ.H. Çəyirdəkli meyvə bitkilərinin mikobiotasında kisəli göbələklərin rolu və yeri // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2004, №1-3, s. 102-105.
2. Cəfərov İ.H. Fitopatologiya (fənnin öyrənilməsinə dair metodik vəsait). Bakı: «Elm», 2008, 184 s.
3. Cəfərov İ.H. Kənd təsərrüfatı fitopatologiyası. Bakı: «Elm», 2001, 280s.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия (учебное пособие для биологов спец. вузов.) М: Высшая школа, 1980, 293 с.
5. Левитин М.М. Фитопатогенные грибы и болезни человека // Защита и карантин растений. 2009, № 9, с. 34-36.
6. Лилли В., Барнетт Г. Физиология грибов. М, «Иностранная Литература» 1953, 531 с.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

7. Методы фитопатологии / пер. с англ. З.Кирай, З.Климент, Ф.Шоймоши, И.Вереш, С.В.Васильевой / под. ред. Горленко М.: Колос, 1974, 343 с.

8. Миринчик Т.Г. Использование некоторых питательных сред для выделения почвенных грибов // Биологические науки, 1970, №1, с. 123.

9. Огарков Б.Н., Балбашевская Н.А. Грибы рода триходерма в борьбе с фитопатогенными грибами // Защита и карантин растений. 2006, №7, с. 29.

10. Хохряков М.К. Методические указания по эксперимен тальному изучению фитопатогенных грибов. ВИЗР, Ленинград, 1976, 64 с.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INVESTIGATION OF VIRUS DISEASES IN HAZELNUT PLANT

Askerova Aytac

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0007-8232-0989

Abstract

Hazelnuts and walnuts are the most cultivated among fruit crops due to their economic importance. The productivity of these plants is affected by the hazelnut long-nosed beetle, walnut fruit borer, walnut and hazelnut borer, hazelnut moth, alder leaf eater, etc. along with pests such as powdery mildew, bacterial blight, etc. Such diseases cause more damage. It is possible to achieve high productivity as a result of comprehensive measures to combat these diseases. Plant infection or infestation depends on 4 interacting components: pathogen, host plant, environmental conditions, and also time. When these components are present, initial symptoms appear in the plant and delays in plant development occur. Symptoms of the disease are formed at the end of the incubation period. Hazelnuts are the first in the world in terms of their production and their place in the food chain. But this fact is not considered the main reason to protect it from diseases and pests. The plant is very sensitive to fungal and bacterial diseases and other viral diseases. Examples of hazelnut virus diseases include *Apple mosaic virus*, *Prunus necrotic ringspot virus, Tulare apple mosaic virus*, and other viruses.

The development phases of some viral diseases in the hazelnut plant were studied by the employees of the molecular biology laboratory and the results were obtained.

Keywords: Prunus necrotic ringspot virus, component, bacteria.

İntroduction. The main task in the field of horticulture in the republic is to plant new-type orchards from high-yielding varieties that are more resistant to diseases and pests, to restore old orchards, to regularly improve the variety composition in orchards, to obtain a high yield from a single area by applying the achievements of science and advanced experience to production. consists of.

Hazelnuts are cultivated large-fruited forms of common hazel, large hazel, Pontian hazel, and their hybrids, characterized by high-quality fruits, productive, large-fruited, with a thin shell [1]. The main hazelnut-producing countries are Türkiye, Italy, Spain, USA and Greece. Hazelnuts are also produced in the countries of the former Soviet Union, Iran, Romania, and France, but their volumes do not make a significant contribution to world trade. Turkey ranks first in the world as a producer and exporter of hazelnuts. She provides approximately 70% and 82% of world production and exports, respectively. Italy follows with almost 20% of production and 15% of exports [2].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

It is known that viruses that infect agricultural plants cause significant economic damage: they reduce crop yields, deteriorate their quality, and reduce resistance to fungal and bacterial diseases, as well as to abiotic and biotic stresses. Viral diseases do not allow plants to realize their yield potential, reducing it by 15–50% depending on the type of virus, and diseases such as Sharka and reversion, destroy the crop and lead to the death of plantings [3]. The study of hazelnut pathogens, timely culling of affected trees, and the use of healthy planting material are important aspects of hazelnut production.

The European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) classified the viruses asmApMV and PNRSV are included in the list of pathogens that must be absent from certified material [4]. In addition, it is known from the literature that hazelnuts are also affected by viruses such as *tomato ringspot virus* (ToRSV) and *Tulare apple mosaic virus* (TAMV).1. *Apple mosaic virus* (*Apple mosaic ilarvirus*).

Belongs to the genus Ilarvirus of the Bromoviridae family [5]. Each ApMV virion consists of three quasi-spherical or slightly pleomorphic particles with a diameter from 25 to 29 nm. Each particle contains one component of the tripartite RNA genome [5]. ApMV contains three genomic single-stranded RNAs - RNA 1, RNA 2, RNA 3, and subgenomic RNA 4 [5-7]. It is the most important pathogen of hazelnuts [4]. Affected crops (species). ApMV has been described experimentally as or natural infection of 65 plant species from 19 families [8–10]. The list of agriculturally important plants infected by this virus includes apple (*Malus domestica*), pear (*Pyrus communis*), apricot (*Prunus armeniaca*), peach (*P. persica*), cherries (*P. cerasus and P. avium*), plums (*P. domestica*), almonds (*P. amygdalus*), strawberries (*Fragaria sp.*), raspberries (*Rubus idaeus*), blackberries (*R. occidentalis*), red currants (*Ribes rubrum*) and hazelnut (*Corylus avellana*) [6, 3]. Other susceptible species include hops (*Humulus lupulus*), roses (*Rosa sp.*), blackberry (*Rubus canescens*), R. ursinus, and other Prunus species such as *P. cerasifera*, *P. institita*, *P. mahaleb, P. salicina, P. serulata, P. triloba, P. cerasus*, and blackthorn (*P. spinosa*) [6, 3]. ApMV was also detected in white birch (*Betula pendula*), *B. papyrifiera*, *B. alleghaniensis*, mountain ash *(Sorbus aucuparia*), horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), *A. parviflora*, *A. flava* and hawthorn (*Crataegus sp*.) [6]. In some crops, ApMV is often found in combination with *Apple chlorotic leaf spot virus* (ACLSV), *Apple stems pitting virus* (ASPV), *Apple stem grooving virus* (ASGV) and other viruses infecting apple trees [6]. It can be assumed that mixed infections also occur in hazelnuts. Spread of the virus. ApMV is distributed throughout the world, wherever it is found hosts [6]. Regarding the distribution of ApMV in the *Corylaceae* family, the following can be said. Symptoms of hazelnut mosaic were first described in Bulgaria [11]. ApMV infection of hazelnuts has been detected in many countries: Italy, France, Spain, Great Britain, USA, Turkey [10], Poland [12], Ukraine [13], Portugal [14]. Italy, Spain and Turkey are the world leaders in hazelnut production and ApMV was found in a large number of varieties from Spain, southern Italy and Turkey [15, 16].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Only 3% of 320 samples collected from Negret hazelnut plants in Spain were free from ApMV (virus incidence 97%) [6]. In Turkey, 73% of 150 tested using an ELISA test, hazelnut trees grown in 80 orchards in the provinces of Bartın, Zon Guldak, and Düzce were infected with ApMV [6]. Postman and Mehlenbacher (1994) studied a germplasm repository in Oregon (USA) and found that ApMV was present in 44% of 48 clones imported from Spain, 15% of 34 clones from Turkey, and 8% of 65 clones from Italy. It is also noted that the ApMV virus affected one of the 24 German varieties and one of the three varieties of Georgia [6, 15].

However, Kobylko et al. (2005) showed the presence of ApMV infection in only 2 varieties (Negret and a single tree of clone 104 E) from 27 varieties and clones in Poland [12]. It can be assumed that if the varieties of Germany and Poland are little infected with the ApMV virus, in contrast to the Turkish and Spanish varieties, then the varieties grown in Belarus will be more parts are free from this virus. Exceptions may include varieties obtained from Italy, Spain, and Turkey, or varieties whose parent forms were obtained from the above-mentioned countries.

Symptoms. Symptoms caused by ApMV vary depending on the host plant and the different viral strains [6]. ApMV causes hazelnut mosaic disease, described in several European countries and the USA [18]. The virus causes spots and ring spots. There are chlorotic lines and patterns resembling oak leaves. Sometimes a color change develops between and/or along the veins (Fig. 1, 2). Symptoms become obvious early in the growth period, but they may be partially masked over time and with increasing temperature [13]. ApMV is a heat-labile virus, the concentration of which can be negatively affected by high temperatures [12]. Hazelnut mosaic, caused by ApMV, is a disease that often develops undetected because symptoms develop only on some leaves in the spring when temperatures are still moderate [11]. Often infected trees are asymptomatic or only show symptoms on one of their branches [16].

The virus causes a significant reduction in hazelnut plant growth and yield by up to 42%. Aramburu and M. Rovira noted that the yield obtained from healthy hazelnut trees was 77% higher than from trees infected with ApMV. This difference was mainly due to the production of more nuts and not due to differences in nut weight. Kobylko et al. (2005) noted the absence of significant differences in the quality of nuts between healthy and ApMV-infected hazelnut plants [12]. On the other hand, B.Akbaş, and K.Değirmenci (2009) noted that in hazelnuts infected with ApMV, the weight of the nut cluster was reduced on average by 28%, the size of the nuts themselves was reduced, and many clusters contained empty nuts.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

https://images.app.goo.gl/C1wafxgMY2KMRRR78

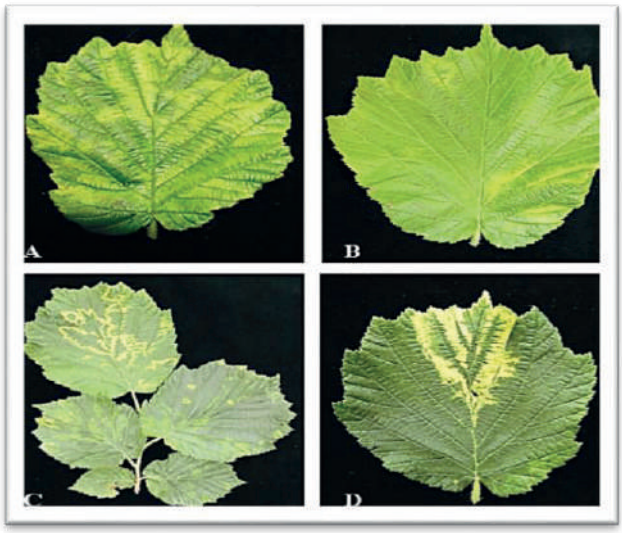


Figure. 1. Symptoms of ApMV on the leaves of Corylus avellana variety Negret: a – diffuse chlorosis; b – diffuse rings and chlorosis along the veins; c – line patterns, spotting and ringspots; d – yellowing along the veins

Diagnosed using PCR, ELISA test, and herbaceous indicator plants [3]. It should be noted that although ELISA is now the standard technology for detecting ApMV, these tests are only reliable for a short period of the year since ApMV is a heat-labile virus, whose titers in its hosts can be negatively affected by high temperatures during the growing season [6]. Torrance and Dolby (1984) reported that ApMV could be detected in apple trees by ELISA test from April to June. Another option for ApMV detection is the use of more sensitive molecular methods, such as RT-PCR to amplify parts of the viral genome. Standard two-step RT-PCR and multiplex RT-PCR have been reported and one-step RT-PCR or their use in combination with serological detection amplified products (RT-PCR-ELISA) [6].

Measures to protect against the virus. Protection methods are the reproduction of material tested for the absence of viruses and mycoplasmas [8]. Preventive measures to prevent the planting of contaminated material have huge impact implications in the context of integrated approaches to control diseases caused by ApMV. Among such measures, testing planting material for the absence of pathogens is important, although and not an exclusive method of combating viral plant diseases. Since many viruses remain latent in planting material or occur in small quantities, detection methods with high sensitivity, specificity, and reliability are required (López et al., 2003) [6].

2. *Prunus necrotic ringspot ilarvirus.*

Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV) was first described in the USA (Cochran and Hutchins, 1941). It belongs to the genus Ilarvirus of the Bromoviridae family. PNRSV is an RNA virus [9]. PNRSV genomic RNAs are embedded in icosahedral particles with approximately 22–30 nm in diameter [8].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The variability of PNRSV was assessed in its host plants of the genus Prunus with the description of numerous isolates or strains that vary widely in their pathogenic, biophysical, and serological properties [3]. Symptoms PNRSV is characterized by symptoms such as rings and streaks. Symptoms occur on leaves of all stages; as plants develop, the size of necrosis increases, which leads to the formation of cracks [13].

https://images.app.goo.gl/SNX9ubXjcpKTnwTD6



Figure. 3. Symptoms of PNRSV virus on hazelnuts

PNRSV by itself produces few symptoms, but it is known that when infected simultaneously In hazelnuts, PNRSV and ApMV viruses may exhibit a synergistic effect [10, 4].

3. *Apple Tulare mosaic virus.*

Virus particles are isometric in shape, with a diameter of 28, 30, and 31 nm, there are three types of particles with a sedimentation coefficient of 93, 108, and 114 S, inactivation temperature in a stabilized juice 60 – 62 °C. The virus is very unstable; in raw juice, it loses half its infectivity within 5 min, moderate antigen [8].

Symptoms. Symptoms on the apple tree caused by the Tulare mosaic virus do not outwardly differ from the usual picture of damage by severe strains of the apple mosaic virus. From herbaceous plants it is successfully transferred to tobacco, where it causes inoculated and growing plants leaves lines and rings similar to symptoms of tobacco streak virus (Tobacco streak virus) [8].

Diagnostic methods. Serological – ELISA test method, mechanical transfer by juice for tobacco, grafting - for Lord Lambourn [8].

Conclusions

1. Hazelnuts are affected by several sap-borne viruses: *apple mosaic virus* (ApMV), *plum ringspot virus tomato* (TomRSV, ToRSV), and *Tulare apple mosaic virus* (TAMV). The spread, symptoms, and harmfulness of other viruses on hazelnuts are currently not studied.

2. Apparently, the list of viruses that can infect hazelnuts and cause economic losses during their cultivation will expand as we study and will be supplemented in the coming years.

Acknowledgment

We express our gratitude to our colleagues from the «Molecular Biology» laboratory at the Research Institute of Fruit and Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

1. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.

2. Hazelnutproduction [Electronicresource] Modeofaccess: http://www.fao.org/3/x4484e/x4484e03 htm Date of access: 19.03.2020.

3. Кухарчик, Н. В. Вирусные и фитоплазменные болезни плодовых и ягодных культур в Беларуси / Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 209 с

4. Минск : Беларус. навука, 2012. – 209 с. 4. Certification scheme for hazelnut [Electronic resource]. – Mode of access: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2338.2004.00712.x. – Date of access: 12.03.2020.

5. RT-PCR Detection of Apple Mosaic Virus Infection in Some Weed Hosts Found in Hazelnut Orchards in Turkey / M. Arli Sokmen [et al.] // Acta Horticulturae. – 2008. – Vol. 781. – P. 155–159.

6. Apple mosaic virus / L. Grimová [et al.] // Phytopathologia Mediterranea. – 2016. – V. 55, 1. – P. 1−19.

7. Cieślińska, M. Characterization of Apple mosaic virus isolates detected in hazelnut in Poland / M. Cieślińska, N. Valasevich // J Plant Dis Prot. – 2016. – V. 123. – P. 187–192.

8. Вердеревская, Т. Д. Вирусные и микоплазменные заболевания плодовых культур и винограда / Т. Д. Вердеревская, В. Г. Маринеску; отв. ред. Г. А. Патерило. – Кишинев : Штиинца, 1985. – 311 с.

9. Самусь, В. А. Вирусные заболевания яблони в условиях Беларуси / В. А. Самусь, Н. В. Кухарчик // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 4. – С. 38–39.

10. Natural weed hosts of apple mosaic virus in hazelnut orchards in Turkey / M. Arli Sokmen [et al.] // Journal of Plant Pathology. – 2005. – V. 87 (3). – P. 239–242.

11. Aramburu, J. The effects of apple mosaic ilarvirus (ApMV) on hazelnut (Corylus avellana L.) / J. Aramburu, M. Rovira // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. – 1998. – V. 73 (1). – P. 97–101.

12. Kobyłko, T. Incidence of Apple mosaic virus (ApMV) on hazelnut in south-east Poland / T. Kobyłko, B. Nowak, A. Urban // Folia horticulturae. – 2005. – Ann. 17/2. – P. 153–161.

13. The viral diseases of the Corilus spp. Biotechnology of production of improvement plant material / G. A. Tarasenko [et al.] // Temperate Crop Science and Breeding: Ecological and Genetic Studies / ed. S. A. Bekuzarova [et al.]. – Boca Raton, 2016. – Chap. 10. – P. 183–199.

14. A Preliminary Survey of Hazelnut (Corylus avellana L.) Virus-like Disease in Portugal: a Case Study / A. P. Silva [et al.] // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 845. – P. 585–589.

15. Postman, J. D. Apple mosaic virus in hazelnut germplasm / J. D. Postman, Sh. A. Mehlenbacher // Acta Horticulturae. – 1994. – V. 351. – P. 601–609.

16. Mehlenbacher, S. A. Hazelnuts (Corylus) / S. A. Mehlenbacher // ISHS Acta Horticulturae. – 1991. – Vol. 290: Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. – P. 791–836.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TEA CULTURE AND ECONOMIC OPPORTUNITIES: A SCIENTIFIC STUDY ON AZERBAIJANS TEA INDUSTRY

Agil Hasanov, Agil Ismailov, Elmaddin Nazarli

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing, Lankaran Tea Branch, Azerbaijan, Lankaran, AZ4200, Xalbulan Village,
ORCIDE ID: https://orcid.org/0009-0004-8433-9921, https://orcid.org/0009-0000-2894-0123

ABSTRACT

Research works in the field of tea growing in Azerbaijan were carried out by a number of scientists of the Lankaran tea growing branch of the Fruit Growing and Tea Growing Scientific Research Institute. Although the first tea plantation was tested in 1896, the establishment of a tea plantation began in 1932. Starting from this period, river fertilization, irrigation, agrotechnical maintenance rules, productivity, etc. scientific. research works have been carried out in these directions. As a result of these studies, artificial shading of young tea seedlings, cultivation of the soil and cultivation with the help of siderate plants were determined. In the subsequent research works, the water-physical properties of the yellow-podzol soils under the river were adjusted, varieties suitable for soil-climate conditions were introduced, research and selection of new varieties and forms were carried out. In recent years, various planting and pruning methods have been studied in order to obtain high and quality products from tea bushes.

Keywords: soil, plant, climate

Cultivation and industrial development of the tea plant in the Lankaran-Astara region began in the 30s of the last century. The natural soil-climate conditions of this region allow for obtaining high-quality tea products. Tea Plant Research works for the establishment of tea plantations in the Lankaran-Astara region was carried out by employees of the Lankaran Tea Branch of the Fruit Science and Research Institute of Tea Cultivation.

The first practical results of research work were written in the form of agrotechnical rules of tea cultivation in Azerbaijan and released in 1938. G. Talybli, G. Osipov, and A. Janashiya showed the importance of deep plowing, siderta, and sowing in their research. manure during river bed soil preparation. During the research, the preparation of the yellow-podzol soils used under tea plants after 3-4 years, cultivation of the soil before sowing to a depth of 25 cm, and methods of improving the water-physical properties of the soil were determined.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Employees of the Lankaran river branch and regional experts (G. Talibli, A. Akhundov, F. Fatalizadeh) in their next research applied the method of shading new seedlings and transferring them to a permanent planting place to prevent burning.

A lot of research has been done on tea plant fertilization. It is known from the conducted studies that the tea plant is very demanding of nitrogenous mineral fertilizers. Providing nitrogenous fertilizers plays an important role in the development of green tea bushes, in supplying the soil with nitrogen, and in obtaining a quality product.

In the following years, the employees of the institute pruned and shaped tea bushes, rules for collecting green tea leaves, selected new tea varieties suitable for the region, eliminated sparseness between rows, irrigation methods of tea plantations, pruning and shaping tea bushes, rules for collecting green tea leaves, selection of new types of tea, selection works, irrigation methods of tea plantations, pruning and shaping of tea bushes, rules for collecting green tea leaves, selection works were carried out. and so on. Research works have been carried out. M. Mammadov had great services in purchasing and regionalizing new varieties suitable for the conditions of the Lankaran-Astara region. During the years of his research, he obtained 9 new types of tea, 2 of which were zoned Azerbaijan 2 (since 1977) and Azerbaijan 4 (Talish-1979). These new varieties are preferred due to their low yield, quality indicators, and resistance to the climatic conditions of the region. Thus, compared to the control varieties, it increased by 24-28 percent and amounted to 67-69 centners per hectare.

The research works related to tea leaf collection methods started in 1938. Thus, the employees of the Institute - A. Akhundov, G. Talibli, M. A. Mammadov, F. A. Guliyev, S. Ramazanov, etc. they collect only new stems, not on the bush. to collect rough and "fishy" leaves, they proved in their experience that starting from the second decade of May and continuing until October, sometimes until the beginning of November. In newly established tea plantations, mainly two leaves per bush are collected in the first month of harvest, and later this collection is collected up to the previous tea leaves that have been roughened. Researchers have also worked on timely and proper pruning of the tea bush. When shaping the tea bushes, the first shaping pruning is done at a height of 12-15 cm from the root length in 4-year-old bushes, and the second at a height of 25-30 cm. During the third pruning, the bush is pruned in May, keeping 2-3 shoots from last year's growth.

Irrigation plays a major role in obtaining quality and productive tea leaves from tea plantations. Properly conducted irrigation creates the basis for the collection of high-quality, productive tea. In 1936-1937, research works were carried out on irrigation methods of the river in the Lankaran river branch. Q.A Talibli stands out in this direction. In those years, the employees of the Institute of Soil Science, together with the employees of the Lankaran river branch, while studying the soil under the river in the Lankaran-Astara region, showed that artificial irrigation is necessary for cultivation.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Because the Lankaran-Astara region is characterized by a dry climate in spring and summer, it is for this reason that artificial irrigation is necessary for the establishment of large tea plantations in the region. G. Talybli noted that artificial irrigation had a positive effect on the growth and productivity of the tea plant in the last dry months. A. Alizadeh, F. Guliyev, M. Salmanov, etc. on irrigation of tea plantations. scientists have long conducted S.Ramazanov succeeded in obtaining more green tea leaves in a small area by applying a new intensive planting method. This has led to an increase in productivity per hectare.



Picture 1. Compacted planting



Picture 2. New forms of tea

Reference

1. Guliyev F., Babayev X., Mirzayev N. Nutrition and productivity of tea plant. Baku-2021.
2. Guliyev F., Guliyev R. Tea making Baku -2014
3. Guliyev F., Mammadov C, Abdullayev F. Scientific and practical basis of tea cultivation in Azerbaijan Baku-2012
4. Kachinski H Agromelorativnaya characterization of soil types of the Lankaran zone. Moscow-1957
5. Ramazanov S., Mammadov C., Abdullayev F. Intensive technology and processing of cayenne cultivation

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DIFFERENT IRRIGATION IN THE FIELDS OF COTTON CULTIVATION IN THE SHIRVAN PLAIN OF AZERBAIJAN THE INFLUENCE OF METHODS ON THE DEVELOPMENT OF IRRIGATION EROSION

Kocherli S.A., Valieva Z.M., Akhmadzade E.M., Alieva F.N.

Ministry of Science and Education of the AR
Institute of Soil Science and Agrochemistry

Annotation

Currently, as one of the main tasks of our state, the development of the oil sector has set itself the task of choosing a priority sector. Therefore, the country's attention is focused on increasing the level of material well-being of the population, transitioning to an export-oriented economy, and increasing the competitiveness of the economy. Also, ensuring the stability of economic growth makes the development of this area important.

As you know, our country is taking important steps towards the development of the non-oil sector. To this end, one of the current tasks is to increase the production of cotton, which is a strategically important industrial plant. Therefore, special attention is paid to the development of cotton growing. Therefore, when studying the reclamation state of irrigated lands, in order to obtain a high and stable yield from irrigated agricultural crops, it is necessary to use water resources more efficiently and determine the correct methods of irrigation. The choice of irrigation method depends on the type of plant, soil characteristics, topography, hydrogeological and climatic conditions. Therefore, the main goal in growing cotton today is to increase yields through the use of intensive irrigation technologies.

As is known, if the rules and norms of irrigation in cotton fields are not followed, 25-30% of the water flows ineffectively and washes away the top productive layer of soil, causing irrigation erosion and, as a consequence, its water-physical properties deteriorate and its fertility decreases. Therefore, crop productivity decreases. Science and experience show that all erosion control measures must be carried out comprehensively. When developing these activities and transferring them to the yard, it is necessary to take into account soil and climatic conditions, factors leading to the development of erosion, the degree of soil erosion and the direction of the farm. All measures to combat erosion should be aimed at increasing the fertility of the soil cover by protecting it from being washed away and blown away.

Therefore, eliminating all this and developing measures to combat irrigation erosion of cotton fields is one of the main issues of our time.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DANGEROUS PESTS OF APPLE ORCHARDS İN THE GUBA-KHACHMAZ REGİON

Nardan Sadıqova

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/0009-0008-9642-4567

ABSTRACT

The article provides information about pests with a high density settled on an apple plant and control measures that must be carried out in a period corresponding to the stages of development of these pests. Years of research have shown that the apple tree is exposed to many pests. However, pests that pose a potential threat to fruit crops are codling moth, leaf worms, aphids, scale insects, whiteflies, fruit mites and moths. Pests feed on roots, stems, branches, shoots, flowers, leaves, fruits and seeds of plants. It is concluded that the stages of development of an insect during its life (eggs, caterpillars, pupae, butterflies, and in some insects - larvae, nymphs, adults) play a key role in the choice and application of means to combat them. In pest control, it is proposed to use beneficial insects in the egg stage, insecticides in the caterpillar stage, trapping belts in the pupa stage, pheromone traps in the butterfly stage. To destroy wintering pests on the trunk and umbrella of a tree, it is recommended to carry out a complex treatment in the garden using winter or spring oils (Preparation 30, Hekvidor OIL, Comprador OIL-004, Metatol OIL, Volk-92, etc.).

Key words: Apple plant, pests, control measures

Fruit growing is one of the main leading areas of agriculture and about 20% of the agricultural products produced in the republic fall in this area. At the same time, the share of fruit products in the population's diet is high. In this regard, obtaining a quality product is one of the current problems of the day. Although the reasons for the decline in the quality of the fruit crop are the improper organization of cultivation measures, one of the main reasons is the failure to detect diseases and pests that are a potential source of danger to the plant in time, and the failure to apply proper protection measures by their development dynamics.

To literary sources (Gurbanov: et al. 2018, pp. 209-237, Sadygova: et al. 2019, pp. 10-53, Gurbanov: et al. 2018, pp. 17-51, Gurbanov: et al. 2018, p. 15) and according to the results of our long-term observations, the potential density of pests living on the apple plant and the frequency of disease spread have exceeded the IZH (economic damage limit) indicator. To prevent these pests and diseases, a lot of resources are required. To reduce this cost, timely detection of pests and diseases, minimal use

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

of pesticides, and preference for alternative control methods are required. If we take into account that there are favorable temperature (+10° C) and humidity (over 50-60%) conditions for the development of common diseases and pests in the region, then it is possible to understand how much damage these pests and diseases cause to productivity.

The object of the study. Apple plants, codling moth, leafrollers, apple blossom weevil, scale insects, apids, woolly aphid, citrus whitefly, fruit mites and fruit moths.

Purpose of work. To determine the species composition of pests that are a potential source of danger to the apple plant and the timing of optimal control measures.

The scientific novelty of the work. In recent years, the transition from the intensive garden planting system (500 plants in the 4x5 planting scheme) to the superintensive planting system (1666 plants in the 4x1.5 planting scheme) in the Guba-Khachmaz region has led to a more than 3-fold increase in the number of plants to be planted per area unit, and also to the increase of harmful organisms in this system. caused more settlement on the cultivated plants, and increased population density. Since such a cropping system requires the timely detection of harmful organisms, it was necessary to create a system of appropriate measures for the first time to detect harmful organisms that are a source of danger and to carry out complex control measures against them to reduce the use of pesticides.

Result and discussion. The research work was carried out according to the general methodology adopted in fruit growing (Michurinsk, 1980), and the population density and species composition of harmful organisms were determined using the visual observation method, atlas and microscope. In order to detect pests, observations were made in apple orchards located in about 10 (Khachmaz district Yerguc, Arzu, Hajalibeyli, Guba district Zardabi, Bagbanli, Barli, Gajarzeyid, Gusar district Bala Gusar, Imangulukand, etc.) administrative territorial units that will cover the region.

From multi-year observations (2010-2021), it was concluded that the main pests that are a source of danger for the productivity of the apple plant are the apple fruit borer, apple flower borer, fruit mites, leafhoppers, leafhoppers, moths, blood moths, whitefly and fruit moths.

Codling moth (*Cydia pomonella L., Laspeyresia pomonella L.*). In addition to apple fruits, the damage is observed on many fruit plants (pear, quince, etc.). In the years of mass reproduction, it causes 70-85% of the crop to be infected. It develops with 2 generations during the vegetation period. Mass butterfly flight is observed in early spring, starting from the first half of May, and this period coincides with the flowering of apple varieties. Each butterfly lays 70-120 eggs. The embryo (caterpillar), which completes its development inside the egg in 10-12 days, leaves the egg and damages the stem part of the fruit or the place where it connects to each other and feeds on its soft tissue. The feeding cycle of caterpillars lasts 20-25 days, and each caterpillar damages 2-4 fruits during its feeding period. Observations show that in the conditions of the Guba-Khachmaz region, the peak phase of the damage of the 1st generation apple fruit borer in the caterpillar stage (causes damage

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

only in the caterpillar stage) starts from May 10-15, depending on the geographical area (mountainous and foothills) where it is spread, and ends on June 5. The flight of the butterfly of the second generation starts from the beginning of July, the peak phase of damage in the caterpillar stage coincides with July 10-20.

It should be noted that the developmental stages of an insect during its life (egg, caterpillar or larva, pupa, butterfly or egg, nymph, adult) play a key role in the selection and application of pest control tools.

Leafrollers. The most common types are: green budworm moth (*Hedya nubiferana* Hw.), rose totrix moth (*Archips rosana* Linn.), lye-spotted moth (*Spilonota ocellana* Den et Shiff.), grappe berry moth (*Polychrosis botrana* Schiff.). Apple, quince, pear, cherry, apricot, etc. are considered dangerous pests of plants are beingi. Caterpillars have rodent mouth apparatus. By biting the surface of the place where they feed, they form their own typical mark (they eat the core of the shoot and dry it on the plant, create map-like lesions on the fruit, twist the leaves like a tube, connect the infected parts with a silk net, etc.). In the conditions of Guba-Khachmaz region, the period of active development is considered to be April, May, June, July, August, September.

Apple blossom weevil. *Anthonomus pomorum* Linn. considered to be the most widespread species that damages the flower of the apple plant. It develops with 1 generation per year. The adults of this pest, which is the most common in the mountainous region of the district, pierce the flower bud and lay their eggs inside the flower bud, and the hatched larvae eat the inside of the flower bud completely. It pupates inside the corolla leaves of the flower, after completing its development, it emerges as an adult insect. Adult insects damage flowers and leaves. Flowers infected with the pest do not open, turn brown and dry.

Scale insects (*Diaspidida*). This family has more than 11 species that damage fruit plants. The apple plant was found to be more damaged by *Diaspidiotus perniciosus* and *Lepidosaphes ulmi*.They are insects with incomplete metamorphosis, causing damage in all stages of development (larva, nymph, adult). They feed by sucking the cell juice of the stem, leaves, pods, and fruits of the plant. Since their body is covered with a shell (pelvis) secreted by the sap glands, they can be easily protected from the adverse effects of the external environment and the effects of pesticides. That is why it is suggested to carry out the fight against the larvae of the pest before the formation of a scab. In the conditions of the Guba-Khachmaz region Lepidosaphes ulmi 1, Diaspidiotus perniciosus Comst. develop in 3-4 generations.

Apids. They are representatives of the Aphididae or plant lice family of the order Homoptera. The most damaging species to the apple plant are the green apple aphid (*Aphis pomi),* the red gall aphid (*Dysaphis devecta* Vall.) or the brown aphid. These species are common in all regions of our republic. More damage is observed on fruit plants (mostly apple plants) grown in Guba-Khachmaz region. An

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

optimal temperature of +5...+12° C is required for the development of mushrooms. The damage starts from the beginning of the vegetation and continues until the end. They have the ability to reproduce quickly because they reproduce partogenetically or virginally. Each female has the ability to give birth to up to 40 live young, larvae. It develops with 15-17 generations per year. Having a sucking mouth apparatus, it feeds by sucking cell juice. Due to the influence of the green apple moth, the infected parts (leaves and pods) stop growing, are deformed, and the fruits take on an indented-protruding shape and stop developing. Since the surface of the infected organs of the plant is covered with the juicy secretion of the pest, there are favorable conditions for the development of saprophytic fungi.

Woolly aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.). This species is most common in the Guba-Khachmaz region. An optimum temperature above +5° C is required for development to begin. The period of active damage is observed in May-June and August-September. Larvae and adults are brown or red. Because it is covered with a white waxy coating and lives in colonies, the infected parts of the plant appear covered with a white coating (similar to cotton fibers). When larvae and adults are mechanically crushed, a reddish-brown liquid is released, which is why they are called blood aphids. Severe infestation observed by the formation of nodules of various sizes and shapes in infected organs. This pest, which develops with 12-15 generations per year, spends the wintering phase in cracks in the tree trunk, in the soil around the root.

Fruit mites. Long-term studies show that brown fruit mite (*Bryobia redikorzeri* Reck.), red fruit mite (*Metatetranychus ulmi* Koch.) and hawthorn (*Tetranychus viennensis* Zacher.) pose a potential threat to apple trees. These pests have a sucking mouthpart and feed on the cell sap of leaves and flower buds. They are very demanding of heat. These mites, which develop from 2-5 generations, begin to appear in gardens from the end of May (sometimes earlier); in the summer season they quickly multiply and cause damage. Due to disruption of the photosynthesis process in leaves affected by mites, the leaves do not develop and fall off prematurely.

Fruit moths. *Lithocolletis pyrifoliella* Grsm., *Lithocolletis corylifoliella* Hw., *Hyponomeuta malinelcus* Zell. types are more common. Moths are named based on the typical pattern of damage they cause on the leaf surface or the location of the damage on the lower or upper surface of the leaf. Regardless of the name, the moth first forms a silky mesh cover on the infested surface, feeds on the leaf tissues under the cover, where it forms round, elongated, serpentine mines (larval tracks) of various shapes and sizes. Because the coating on the larvae protects them from the harmful effects of pesticides and the environment, this pest is difficult to control. If fruit rot is not dealt with, one leaf becomes infected with 10-12 pest larvae, which leads to small fruit sizes and loss of marketability.

Citrus whitefly (*Dialeurodes citri*). It is one of the most dangerous pests of agricultural crops. In recent years, in addition to fruit plants, many species of mosquito butterflies have spread in outdoor and indoor field cultivation, feeding on tomatoes, beans, citrus fruits and ornamental plants. Larvae,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

nymphs and adults feed by sucking the cell sap of plant stems and leaves. Leaves and fruits take on a cloudy appearance. If the pest is not dealt with in a timely manner, the seedlings will not develop, the quality of the harvest will decrease, and the fruits in productive orchards will be covered with the pest's excrement and lose their marketable value.

The optimal times of pest control measures are given in Table 1.

Table 1 Control measures against apple plant pests

Research object	Stage of development			
	Egg	Caterpillar	Pup	Butterfly
Codling moth	May 5-10 and July 5-10 in their dates 50-60 per hectare thousand pieces of the trichogramma parasite release	May 10-15, July 10-20 in dates B.C. 5 and or 10% Emamectin benzoate, Iskra BIO, 50 g/l Lufenuron, 480 g/l Lambda cyhalothrin, Acarin, Bitoxybacillin of one of the preparations application	Collection and disposal of infected fruits. Attaching insect hunting belts to tree trunks. Turning the soil to destroy overwintering pupae	Application of pheromone traps against butterflies on May 5 and July 10
Leafrollers	Properly applied control against codling moth helps keep leafrollers under control. However, separately when a strong infection is detected chemical control is proposed.			
	Trichogram of the parasite application	3-5% per 100 leaves when a mine is detected t.e. m. 25 g/l Deltamethrin, 480 g/l Chlorpyrifos, 25% Diflubenzuron one of the preparations application of	Collection and burning of infected leaves	Pheromone traps being used
Apple blossom weevil	Infected flowers are collected and neutralized	Before flowering and then (in May) t.e. m. 190 g/l Malathion, 25 g/l Deltamethrin,	Collection and burning of infected flowers	Early in the morning, the insects on the tree are thrown onto the tent, collected and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

		25% Diflubenzuron of the preparations application of one		neutralized.
Apids	It is suggested to fight larvae, nymphs and adults at 10-15% infection of trunk (100 pcs.) and leaves (100 pcs.). Beauveria bassiana (Boverin), 20% Acetamiprid, 350 g/l Imidacloprid, 400 g/l Buprofezin with one of the preparations.			
Citrus whitefly	The fight against this pest should be started when there are 3 eggs, larvae, nymphs and adult butterflies on each leaf surface. The fight against gnats is the same as with aphids.			
Scale insects	During the growing season, it is proposed to use one of the preparations containing 480 g/l Chlorpyrifos-methyl, 50% Phosmet, 525 g/l Fenthion, 25% Azinphos-methyl, 426 g/l Methidathion.			
Fruit mites	Observe 5-7 mite larvae, nymphs and adults on each leaf surface if possible, from acaricides (e.g. Aversectin C, Fitoverm, 200 g/kg Prydaben, 200 g/l Amitraz, 110 g/l Etoxazole, 240 g/l Spirodiclofen, etc.) with one it is proposed to fight.			

It should be noted that since pests spend their development stages on different organs of the plant and in the soil, it is important to carry out all agrotechnical measures in sequence. So, since some of the pests migrate to other plants (weeds) during the vegetation period (apids) or feed on other plants (mites, leafrollers), and also spend the wintering phase under plant residues, infected fruits and plant residues that have fallen on the ground, the rows and between plants cleaning of the trunk from weeds, cleaning the stem from dead bark, turning the soi, collecting and neutralizing plant and pruning surpluses are considered important agrotechnical measures. Use of winter or spring oils (Preparat 30, Hekvidor OIL, Comprador OIL-004, Metatolle OIL, Volk-92, Hektaş summer, etc.) to destroy pests wintering on the trunk and canopy of the tree (March 25-30). complex treatment against pests should be carried out.

Reference

1. Qurbanov İ.S., Əliyev.V.M., Sadıqova N.M., Xankişiyeva. E.M. *"Alma bitkisinin xəstəlik və zərərvericiləri"*. Kitabça. Müəllim nəşriyyatı. 2018, s. 17-51.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2. Qurbanov İ.S., Əliyev.V.M., Sadıqova N.M., Xankişiyeva. E.M. "*İntensiv tipli meyvə bağlarında xəstəlik və zərərvericilərə qarşı mübarizə tədbirləri proqramı".* Kitabça. Müəllim nəşriyyatı. 2018, s. 15.

3. Qurbanov İ.S., Əliyev.V.M., Bəyəhmədov İ.A., Sadıqov Ə.N., Sadıqova N.M., Xankişiyeva. E.M., Süleymanova S.C., Piriyeva M.Ə. *Alma təbiətin möcüzəsi.* Kitab. Heydər Əliyev fondu. Regional İnkişaf İctimai birliyi. 2018, s. 209-237.

4. Sadıqova N.M., Sadıqov Ə.N., Qurbanov İ.S. *Meyvə və çay bitkilərinin xəstəlik və zərərvericiləri*. Kitab. "Elm və təhsil"nəşriyyatı. 2019, s.10-53.

5. Вредители яблони: способы борьбы, препараты - АВГУСТ

https://dacha.avgust.com/ Советы по защите

6. ELMADA GÖRÜLEN ZARARLILAR. https://www.tarimturk.com.tr/

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITIES AND NUTRITIONAL WORTH OF *LEEA MACROPHYLLA* ROXB. EX HORNEM. OF RANCHI DISTRICT

Riya and Dr. Arun Kumar

Ph.D. Research Scholar,
Lab of Biotechnology and Plant Physiology, Lab of Taxonomy and Ethnobotany.
University Department of Botany,
Ranchi University, Ranchi, India.
Orcid Number: - 0000-0002-4837-9561

Abstract:

On a daily basis intake of nutrition is dreadfully for the growth and optimal functioning of the body. Food is consumed to compensate daily requirements of the body of macro and micro nutrients and as a source of energy. Antioxidants are natural substances that help in preventing or delaying some types of cell damage. Fruits and vegetables are rich sources of antioxidants that's why their consumption found to be healthy. These substances play a crucial role in a situation of oxidative stress in the body. Antioxidants prevent free radicle- induced tissue damage by preventing the formation of radicals, scavenging them or by promoting their decomposition.

Leea macrophylla Roxb. ex Hornem. is a wild edible ethnomedicinal plant which is also full of nutritional value. It consists of vitamins, minerals, primary and secondary metabolites. This plant is generally acknowledged as Hastikarnapalasa, Hathikana, Dinda, Dholsamudra, etc. Though the plant has a lot of ethnopharmacological uses it is consumed and applied as ayurvedic medicine. When test was done for antioxidant activity, it was chosen for DPPH free radical scavenging assay and revealed that methanolic extract of *Leea macrophylla* exhibited highest radical scavenging activity.

Keywords: Dreadfully, Dpph, Nutrition, Ethnopharmacological.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AI-POWERED LEARNING REVOLUTION: UNLEASHING EDUCATIONAL TRANSFORMATION

Zohaib Hassan Sain[1*]

[*1]Superior University, Faculty of Business & Management Sciences, Lahore, Pakistan.

Abstract

Artificial intelligence (AI) presents novel tools for the educational landscape, holding the promise of revolutionizing traditional teaching and learning methodologies. This examination delivers a thorough overview of AI technologies, their potential applications in education, and the associated challenges. The discussion encompasses chatbots and related algorithms capable of emulating human interactions and generating human-like text based on natural language input. Addressing the advantages of advanced chatbots, such as ChatGPT, the study also highlights the ethical and practical dilemmas arising from their integration into education. The author aims to furnish valuable insights on the effective incorporation of AI in education, benefiting both educators and learners, all while advocating for responsible and ethical utilization.

Keywords: AI Integration, Artificial Intelligence, Chatbots, Ethical Challenges.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NAVIGATING EDUCATIONAL CHALLENGES IN PAKISTAN: UNRAVELING ISSUES AND PROPOSING REMEDIES

Zohaib Hassan Sain

Superior University
Orcid: 0000-0001-6567-5963

ABSTRACT

This research delves into the challenges confronting Pakistan's education system and suggests remedies, examining changes post-independence and their repercussions. Recognizing education's gradual yet profound impact on the social, political, and cultural sphere, the study underscores its pivotal role in organizational troubleshooting, design, and the establishment of globalized, quality-oriented systems. Employing a combination of qualitative and quantitative methodologies, with a reliance on secondary data, the article critically assesses the present state of education in Pakistan. The discourse centers on configuration, accessibility, excellence, future outlook, and persistent challenges within the educational framework. Striking a balance between quality and quantity is deemed essential to ensure that education nurtures individuals capable of ethically contributing to societal development goals. The study advocates leveraging education as a catalyst to actively involve the brightest youth in the country's progress. Recommendations encompass initiatives to raise awareness about the advantages of the educational system, enhance standards, promote participation in organizations creating educational opportunities, and adapt education to contemporary circumstances. Proposing enhanced stakeholder interaction, the study aims to identify problems and explore potential solutions.

Key words: Challenges, Pakistan education, Solutions, Quality-based systems, Stakeholder interaction.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTEGRATING HYBRID LEARNING APPROACHES FOR ENHANCED PEDAGOGY IN PAKISTANI HIGHER EDUCATION SETTINGS

Zohaib Hassan Sain

Superior University
Orcid: 0000-0001-6567-5963

ABSTRACT

Globally recognized as a crucial response to the diverse needs of higher education, blended learning integrates traditional classroom methods with online components, combining the advantages of face-to-face instruction and e-learning. This study aims to assess the extent of blended learning integration in the instructional practices of higher education institutions in Pakistan. Employing a mixed-methods approach with an explanatory sequential model, the research specifically targets educators from public universities through a thorough sampling process. Using questionnaires and interviews for primary data collection, the study reveals a positive inclination among teachers toward incorporating technology in teaching. Notably, a majority of educators exhibit proficiency in various software applications and possess adept internet skills. However, the research emphasizes that despite this positive trend, universities are still in the early stages of awareness regarding blended learning implementation. The conclusion stresses the necessity for collaborative efforts to facilitate a more effective adoption of blended learning, highlighting the crucial role of universities in providing additional computing infrastructure for seamless course execution. The research advocates for the explicit inclusion of blended learning in universities' strategic plans to ensure comprehensive and well-defined integration.

Keywords: Blended Learning, Educational Infrastructure, Higher Education, Pedagogical Innovation, Technology Integration.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

TYPOLOGY OF PAINTINGS OF ACADEMIC TRAINED ARTISTS IN NIGERIA

Olugbenga Oladeji ABOKEDE[1*], Razaq Olatunde Rom KALILU[1]

[1]Department of Fine and Applied Arts, Faculty of Environmental Sciences, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Oyo State, Nigeria.

Abstract:

Typology of the physical forms of painting has not attracted scholars' interest in Nigeria in the twenty first century. Available extant literature indicates that scholars' attention is on themes and styles rather than on typology of the paintings. This account for scanty or dearth of scholarship on the subject. Typology of paintings of artists from formal art institutions (polytechnics and universities) across three geographic zones in Nigeria were identified and examined. This research, which is exploratory and descriptive, adopted direct field research in generating data. It used probability random sampling and quantitative technique. Typological analyses of the paintings are on shape, size, medium and genre. Three hundred and eighty-six (386) paintings by a total number of eighty-four (84) artists on the basis of one institution per region, from northern, middle-belt and southern geographical zone in Nigeria were selected. Research analyses attests to proliferation of oil colour paintings in Nigeria. It further asserts painters preference for paintings on rectangular shaped frame and medium canvas. In addition, figural composition dominates paintings of the selected academic trained artists. Result of the analysis attests to the gap the study hopes to fill.

Key words: Typology, painting, shape, size, medium and genre.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

VISUAL APPRAISAL OF CERAMIC STRUCTURAL CLADDING IN THE UNIVERSITY OF LAGOS

Toyin Emmanuel AKINDE[1, 2*], Akinkunmi Olatunbosun ODENIYI[1], Temitope Toluwalase BALOGUN[2], Oluwafunmilayo Dorcas LUWOYE[1] and Tirenioluwa Pita ELEBUTE[2]

[1] Department of Fine and Applied Arts, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria
[2] Department of Creative Arts (Visual Arts), University of Lagos, Akoka, Nigeria

Abstract:

University of Lagos is one of the foremost generations of citadel of higher learning in Nigeria, established in 1962 by the government of the First Republic. Much, however, has been said of the academic excellence of the institution, which today is reflected in her appellation as the University of First Choice and the nation's Pride. Her location is no doubt, strategically and serenely situated at Akoka in Lagos State, Nigeria's commercial nerve center. The citadel apart from being residential is structurally endowed with edifices befitting her stature; instanced in her state-of- the- art main gate, senate building, ultra-modern library, students' hostels, staff quarters, cafeterias, banks, filling station, stadium, faculty buildings, lecture halls, security posts, church and mosque. Interestingly, some of these edificial structures are adorned in wood, metal, stone, marble, glass or plastic cladding. The aforementioned, except wood are unequivocally ceramic; having undergone firing naturally or artificially. Apparent however, is the dearth of literature on cladding of the institution's structures, which supposedly is an academic oversight or oversimplification of its aesthetics role. In view of the latter gap, this study attempted visual appraisal of selected campus structures, materially, thematically and stylistically. Ten edifices were randomly shortlisted from the pool, each representing a sect in the institution. The study apart from documenting edificial structures in the University of Lagos, it opens a new vista on ceramic cladding generally. Its findings nonetheless, is hoped to provoke scholarly research on cladding and allied studies.

Keywords: Akoka, University of Lagos, Visualisation, Cladding, Ceramics, Appraisal.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

INTEGRATION IN MATHEMATICS LESSONS

Assoc. Prof. Dr. Malahat ABDULLAYEVA

Azerbaijan State Pedagogical University, Faculty of Mathematics
Department of Mathematics and its teaching technology

ABSTRACT

Mathematics is the oldest field of science and is a part of human culture. The emergence of mathematics led to the emergence of other fields of science.

As a result of the penetration of mathematical ideas and methods into other sciences, the relationship between mathematics and natural, technical, economic, and other sciences has emerged. It is for this reason that there is a need to study subjects based on mathematics and other scientific fields mutually, and today interdisciplinary integration takes an important place in the organization of training as a requirement.

Integrated mathematics lessons are of great interest to students, encourage them to be creative, and help them discover directions and areas of application of mathematics. Creating integration in the process of learning mathematics is very important to achieve the goals set for schools and teachers. Integration plays an important role in improving the efficiency of mathematical education. In our changing world, it is necessary to organize integrated mathematics classes in the training of competitive personnel and in training useful people for our society.

The article is devoted to the study of integration in mathematics classes. In addition to contributing to the relevant literature, the study will be useful for mathematics teachers and researchers. In the article, interdisciplinary integrated lesson models are also clarified.

Keywords: Mathematics, science, integration, teaching, interdisciplinary integration

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MATEMATİK DERSLERİNDE ENTEGRASYON

Doç. Dr. Melahet ABDULLAYEVA

Azerbaycan Devlet Pedaqoji Üniversitesi, Matematik Fakültesi
Matematik ve öğretim teknolojisi bölümü

ÖZET

Matematik bilimin en eski alanıdır ve insan kültürünün bir parçasıdır. Matematiğin ortaya çıkışı diğer bilim dallarının da ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Matematiksel fikir ve yöntemlerin diğer bilimlere nüfuz etmesi sonucunda matematik ile doğa, teknik, ekonomik ve diğer bilimler arasındaki ilişki ortaya çıkmıştır. Bu nedenle matematik ve diğer bilim alanlarına dayalı konuların ortaklaşa çalışılmasına ihtiyaç duyulmakta ve günümüzde disiplinler arası entegrasyon bir gereklilik olarak eğitim organizasyonlarında önemli bir yer tutmaktadır.

Bütünleşik matematik dersleri öğrencilerin büyük ilgisini çeker, onları yaratıcı olmaya teşvik eder ve matematiğin yönlerini ve uygulama alanlarını keşfetmelerine yardımcı olur. Okullar ve öğretmenler için belirlenen hedeflere ulaşmak için matematik öğrenme sürecinde entegrasyonun sağlanması oldukça önemlidir. Entegrasyon matematik eğitiminin verimliliğini arttırmada önemli bir rol oynamaktadır. Değişen dünyamızda rekabetçi personel yetiştirilmesinde ve toplumumuza faydalı insanların yetiştirilmesinde bütünleşik matematik derslerinin düzenlenmesi gerekmektedir.

Makale matematik derslerinde entegrasyonun incelenmesine ayrılmıştır. Çalışma, ilgili literatüre katkı sağlamanın yanı sıra matematik öğretmenleri ve araştırmacılara da faydalı olacaktır. Makalede disiplinlerarası bütünleşik ders modellerine de açıklık getirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematik, bilim, entegrasyon, öğretim, disiplinler arası entegrasyon

GİRİŞ

Matematik bilimin en eski alanıdır ve insan kültürünün bir parçasıdır. Çağımızdan çok önce insanlar, yaşamsal ve toplumsal ihtiyaçlarını karşılamak için kullandıkları çeşitli yöntem ve kurallar yardımıyla matematik biliminin temellerini atmışlardır. İnsan düşüncesi geliştikçe matematik kuralları da arttı ve gelişti. Matematiğin ortaya çıkışı, doğa bilimleri de dahil olmak üzere diğer bilim alanlarının da ortaya çıkmasına yol açtı. İnsanların edindiği bilgilerin gelecek nesillere aktarılması, diğer yandan toplumsal yaşamın karmaşıklığı, pratik faaliyetin yaygınlaşması matematik bilimini herkes için erişilebilir hale getirmiştir. Bilimin gelişmesi okul matematiğinin ortaya çıkmasına yol açtı.

Dünyada ilk matematiksel hesaplamaların ne zaman bilindiğini tam olarak söylemek zordur. Eski Mısırlılar ülkelerini tüm bilimlerin evi olarak görürken, Yunanlılar bilimin insanların rahat yaşamına

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

düşman olan ilahi bir güç tarafından icat edildiğine inanıyorlardı. Antik Hindistan'da, Babil'de, Mısır'da ve Çin'de kullanılan matematiksel bilgilerin bir kısmı, papirüs veya çömlek parçaları üzerine yazılan ve aşağıdaki içeriğe sahip yazılar halinde günümüze kadar gelmiştir: "Eğer alanı ölçmek istiyorsanız karaya çıkmanız gerekir...", "Eğer bir gemiyseniz, kapasiteyi ölçmek istiyorsanız..." vb. (Magsudov, Abdullazadeh, 1981).

Her ne kadar bu talimatlar farklı ülkelerde bulunsa ve farklı şeyleri kapsasa da, onları birleştiren tek şey, hepsinin sadece özel hesaplama kuralları olmasıdır. Kanıt kavramı henüz ortaya çıkmamıştı; insanlara basitçe neyi ölçecekleri ve gerekli hacmi, alanı, kapasiteyi bulmak için alınan rakamlar üzerinde hangi işlemleri yapacakları söylendi. Matematiğin gelişmesi ve iyileştirilmesi toplumun ilerlemesi ve insanı düşündürmesi açısından çok önemliydi. MÖ 5. yüzyılda Pisagor ekolü tarafından rasyonel sayıların parçaların uzunluğunu doğru bir şekilde ölçmek için yeterli olmadığı tespit edildi. İrrasyonel sayılar, bu sorunun çözümüyle ilgili araştırmaların başlamasından çok sonra ortaya çıktı. 16. yüzyılda ondalık kesirlerin kullanılmaya başlanmasıyla gerçek sayılar kavramı doğdu. 20. yüzyılda küresel hesaplamalar yapmak, çeşitli jet silahları geliştirmek, büyük bilimsel ve teknik projeleri hayata geçirmek için elektronik hesap makineleri ve bilgisayar teknolojisinin kullanılması zorunlu hale geldi ve bu problem kısa sürede matematik bilgisine dayalı olarak çözüldü. Elektronik bilgisayarların icadı, matematiksel bilgiye dayanan bilgisayar biliminin ortaya çıkmasına, bilimin ortaya çıkışı ise bilgisayar teknolojilerinin gelişmesine yol açmıştır. Günümüzde elektronik hesap makineleri öğrencilere matematik bilgisinin aktarılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla matematik diğer bilim dallarının ortaya çıkışına, oluşumuna ve gelişmesine temel oluşturmuştur.

Temel bir bilim olan matematik, insanların günlük sosyal yaşamlarında, evlerinde, eğitim almalarında, çalışma alanlarında karşılaştıkları problemleri çözmede yakın yardımcısı haline gelmiştir (Abdullayeva, 2020). Mısır'dan yazan antik tarihçi Herodot, Nil Nehri'nin taşması sonucu farklı arazi alanlarını ölçme ihtiyacının Mısırlıların geometride başarıya yol açtığını kaydetti.

Rus yazar Gertsen, eserlerinde astronominin matematikle birleştirildikten sonra bir bilim olarak var olduğunu belirtmektedir.

"... İnsan doğanın efendisi, hükümdarı, kralı olarak yaratıldı, ancak yönetmek için gereken bilgelik ona doğuştan verilmedi, eğitim yoluyla edinildi" dedi N.I. Lobaçevski, eğitimin her insan için, özellikle de matematik eğitiminin önemli olduğunu vurguladı.

K.Weyerstrass, güzelliğin sırrını müzikte matematikte aradı: "Müzik güzelliğin matematiğidir, matematik ise aklın ve muhakemenin müziğidir" (Magsudov, Abdullazadeh, 1981).

"Matematiğin uygulanmasıyla, doğa bilimlerinin tüm alanlarındaki endüstriyel nesnelerin niteliksel tanımından niceliksel tanımına geçiyorlar. Hemen hemen tüm doğa bilimlerinin matematiğin, matematiksel sembollerin sağladığı evrensel bir dili kullandığı söylenebilir" (Hasanova, Rüstemli, 2021). Doğa bilimleri, matematik biliminin başarıları temelinde ortaya çıktı ve gelişti. Matematik

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

diğer bilimlerin varlığına bağlı olan tek bilim dalıdır. Ne kadar soyut olursa olsun, belirli bir zamanda gerçek dünya olaylarına uygulanamayacak hiçbir matematik alanı yoktur (Magsudov, Abdullazade, 1981). Matematiksel fikir ve yöntemlerin diğer bilimlere nüfuz etmesi sonucunda matematik ile doğa, teknik, ekonomik ve diğer bilimlerin entegrasyonu yaratılmıştır.

Günümüzde dünyada meydana gelen değişimler, bilimsel ve teknik ilerlemeler, yeni teknolojiler eğitim sistemini büyük değişimlere maruz bırakmaktadır. Çağımız, bilimlerin entegrasyonu, dünyanın genel resmi hakkında en doğru fikirleri elde etme arzusu ile karakterizedir. Eğitimin hedefleri de değişti ve gelişti. Eğitimin içeriğinin ayrı izole derslerle değil, bütünleştirici eğitim alanları aracılığıyla öğretilmesi öğretmenler için bir gerekliliktir. Bu talebi karşılamak için yeterlik temelli yaklaşıma dayalı yeni eğitim konseptleri geliştirilmiştir. Bütün bunlar, matematik öğretim metodolojisi de dahil olmak üzere öğretim yöntemlerinde bir değişikliğe neden oldu ve araştırma yönleri genişledi.

Modern zamanlarda matematik öğretim sürecini düzenlerken, edinilen bilgi ve becerilerin diğer konular bağlamında da elde edilebilmesi için bu tür yöntem ve araçların kullanılması gerekmektedir. Başka bir deyişle matematik öğretiminde disiplinler arası entegrasyonun oluşturulmasına ihtiyaç vardır. Disiplinlerarası entegrasyon öğrencilerin entelektüel gelişimine, soyut ve mantıksal düşünme düzeylerinin gelişmesine, algoritmik kültürün oluşmasına yardımcı olacak şekilde oluşturulmalıdır. Artık öğrencilerin sadece konuyla ilgili belirli miktarda bilgi edinmeleri değil, aynı zamanda edindikleri bilgi ve becerileri farklı türdeki problemlerin çözümünde uygulayabilmeleri de gerekiyor.

Ortaokullarda uygulanan yeni eğitim programı (müfredat) (Azerbaycan Milli Eğitim Bakanlığı, 2013), öğretmenlere öğrencilerin bilgilerini genişletmek ve bunu günlük yaşam durumlarında ve iş faaliyetlerinde uygulamak için disiplinler arası ilişkilerden kapsamlı bir şekilde yararlanma fırsatı vermektedir. Günümüzde öğrencilerde bütünleşik bir dünya resminin oluşmasını sağlayacak bütünleşik dersler düzenlenmeden matematik öğretmek etkisizdir.

ARAŞTIRMA

Her öğretmen dersin etkili olması için dersten önce bir plan hazırlar. Halihazırda kullanmakta olduğumuz eğitim programı için hazırlanan planlamada entegrasyon fırsatlarının belirlenmesi şart olarak konulmuştur. Matematik öğretme metodolojisi matematik bilimi ve matematik tarihi, pedagoji, felsefe, psikoloji, mantık, sibernetik (enformatik), insan fizyolojisi ile yakın bağlantılı olarak geliştirildiğinden matematik öğretmenlerinin bütünleşik dersler hazırlaması zor değildir. Temel pedagojik ilkelerden biri olan entegrasyonun matematik öğretiminde önemli bir rol oynadığını rahatlıkla söyleyebiliriz.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'nün her üç yılda bir düzenlediği öğrenci başarısının uluslararası değerlendirilmesi (PISA) (https://edu.gov.az/az/news-and-updates/17605-1) programı, matematik ve okuma konularını göstermektedir. 15 yaşındaki öğrencilerin becerilerini ve doğa bilimlerindeki bilgi ve becerilerini test eder. Öğrencilerimizin böyle bir değerlendirme çalışmasına

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

katılması matematik derslerinde hem disiplinler arası hem de disiplinler arası entegrasyon olanaklarının kullanılması gerekliliğini yaratmaktadır. Hemen hemen tüm eğitim kademelerinde yapılan matematik derslerinde konu içi entegrasyonun yanı sıra disiplinler arası entegrasyonun da kullanıldığı söylenebilir.

Disiplinlerarası entegre derslerin iki şekilde hazırlanması tavsiye edilir: Kısmi entegre dersler, tam entegre dersler.

Kısmen bütünleştirilmiş dersler her matematik dersi için geliştirdiğimiz ders modelidir. Burada interaktif dersin tüm aşamaları olduğu gibi tutularak ders planlaması hazırlanır ve öğrenme sürecinde uygulanır. Entegrasyon olanakları planlamaya yansıtılmalıdır. Planlamanın uygulanması için ihtiyaç duyulan kaynaklar, entegrasyonu oluşturacak araçlar ders başlamadan önce matematik ofisinde veya dersin yapıldığı sınıfta hazır olmalıdır.

Tam entegre dersler standart olmayan ders modelleridir. Tamamen entegre derslerin planlanması, öğretmenin büyük pedagojik becerisini gerektirir. Bu tür dersleri hazırlama ve yürütme sürecinin kendine has özellikleri ve aşamaları vardır:

İlk aşama hazırlık aşamasıdır. Yıllık planlamayı hazırlarken öğretmenin temel görevi, tam entegre derslerin optimal sayısını, zamanlarını, konularını, ders türünü, hedeflerini, hangi yeni teknolojinin kullanılacağını belirlemektir. Aynı zamanda öğrencilerde ilgi uyandıracak ve yaratıcılığı teşvik edecek uygun çalışma yöntemlerini, formlarını ve kaynaklarını seçmelidir.

İkinci aşama uygulama aşamasıdır. Ders modelini uygularken standart dışı bir durum yaratabilmeli ve önceden hazırlanmış planlamayı uygulayabilmelidir. Dersin başlangıcı öğrencide motivasyon yaratmalı, sonu ise duyguyla bitmelidir.

Üçüncü aşama, öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri analiz etmeleri ve gelecekteki çalışmalarında kullanmak üzere avantaj ve dezavantajlarını belirleyebilmeleri gereken yansıtma aşamasıdır.

Matematikte bütünleşik dersler öğrencilerin büyük ilgisini çekmekte, onları yaratıcı olmaya teşvik etmekte, matematiğin uygulama yönlerini, kullanım alanlarını ortaya koymaktadır. Derslerde gerçeğe uygun olacak şekilde özellikle metinsel konularda bu tür çalışmalardan yararlanılmalıdır. Öğrencilere gerçek durumlarda, çeşitli somut durumlarda uygulanabilecek bilgi, beceri ve alışkanlıklar aşılanmalıdır.

Örneğin “Ortak Kesirler” ile ilgili konuların öğretiminde matematik ve müzik arasında bir bütünleşme oluşturabiliriz. Burada A. Einstein'ın şu görüşüne değinmek yerinde olacaktır: "Matematik ve müzik tek bir düşünce sürecini gerektirir." Ortak kesirler sadece toplama ve çıkarma işlemlerini

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

yapabileceğimiz sayılar değil, aynı zamanda müzik notalarında da görülebilen kesirlerdir. Rakamlar ve sembollerle müziğin süresini yazıyoruz: $\frac{1}{8}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2}$; 1. Bütün dönemler bir bütünün parçalarıdır.

"Farklı paydalara sahip kesirlerde toplama ve çıkarma" konusunun öğretilmesi, teknoloji de dahil olmak üzere doğa bilimleri ile ilişkilendirilebilir. Örneğin, "Baba ve oğul çiti birlikte 12 saatte boyadılar." Eğer baba tek başına çalışsaydı bu görevi 21 saatte tamamlayacaktı. Oğlu o çiti tek başına kaç saat boyayabilir?" veya "İki tren aynı anda iki şehirden karşılıklı olarak ayrıldı. İlk tren 6 saat, ikinci tren 8 saat sürüyor. Trenler hareket etmeye başladıktan 1 saat sonra aralarındaki mesafe tüm yolun ne kadarı olacaktır? (Ismayilova, Huseynova, 2018) - Bu tür konuların çözümü yaşam bilimleri, teknoloji, fizik ile bağlantılıdır. Öğrencilerin öğrenmeye olan ilgilerini güçlendirecek, mantıksal ve yaratıcı düşüncelerini geliştirecek, yeni bilgileri aramaya ve edinmeye motive edecek, gerekli bilgilerin oluşmasına temel oluşturacak şekilde ilişkiler kurmak gerekir. yaşam becerileri. Bu tür metinsel sorunların çözümü öğrencilere iş sevgisi, vatan sevgisi, büyüklere saygı, çalışkanlık, hoşgörü, irade, sabır, cesaret, özgüven gibi duyguları aşılamaktadır.

Sorunların çevreden alınan verilerle çözülmesi, öğrenmenin hayata bağlanmasını sağlar. Matematik öğretiminde çevre, üretim, teknoloji, fen bilimleri ve doğa bilimleri ile ilgili uygulamalı içerikli görevler kullanılarak öğrencilere diğer konularla bağlantılı matematiksel bilgi ve becerilerin aktarılması mümkündür ve bu durum matematik öğretimi açısından önemlidir. Ünlü Rus bilim adamı, şair ve eğitimci M.V. Lomonosov şunları söyledi: "Matematik çalışılmalıdır çünkü zihni düzenler... Kimya fiziğin sağ elidir, matematik ise gözleridir. Kimya okumayı arzulayan herkesin aynı zamanda matematiği de bilmesi gerekir" (Magsudov, Abdullazade, 1981).

Matematik derslerinde öğrencilere matematik tarihi ve matematikçiler hakkında bilgi verildiğinde onların konuya karşı ilgileri, öğrenmeye ve araştırmaya ilgileri gelişir. Mesela öğrencilerin yaş seviyelerine ve dersin hedeflerine göre dahi Azerbaycan düşünürü, matematikçisi, astronomu, filozofu Nasireddin Tusi hakkında bilgi verebilirsiniz. "Nasiruddin Tusi, insanlık bilim tarihine büyük katkılar sağlayan eserler yazmıştır. Asıl adı Muhammed'di, zeki, bilgili ve devrinin önde gelen bilim adamlarından biri olduğundan halk ona Nasıruddin adını vermekteydi. Tus şehrinde doğduğu için Tusi lakabını benimsemiştir. Bilimin çeşitli alanlarıyla derinden ilgilendi. Bu nedenle yaratıcılığı ansiklopediktir. Yazılı kaynaklarda Tusi'den "Trigonometrinin Babası" olarak bahsedilmektedir. Sinüs teoremini ilk kez "Çemberin Boyutları" adlı eserinde kanıtladı ve bunu astronomik hesaplamalara uyguladı (Kahramanova, Kerimov, Hüseynov, 2019).

Matematik derslerinin edebiyat ve tarihi olaylar dahil olmak üzere insani konularla ilişkilendirilmesi de öğrencilerin genel dünya görüşünün oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin "Oran, Orantı" konusuyla ilgili standartların uygulanması sırasında kullanılan konu: "Size bir mektup var" flashmobunda gençler, Mübariz İbrahimov'un anne ve babasına yazdığı son mektubu vatandaşlara dağıttı. Azerbaycan'ın toprak bütünlüğü için yapılan savaşlarda gösterdiği eşsiz cesaret nedeniyle Milli

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Kahraman unvanına layık görüldü. Flash mob katılımcıları kahraman askerin veda mektubunu okuyarak Şehitler Sokağı'ndaki mezarını ziyarete gitti. Flash mob katılımcılarının üçte ikisi 16-25 yaş aralığındaydı. Bu gruba 55 genç daha katıldığında genç sayısının tüm katılımcı sayısına oranı 5:7 oldu. Flaş mob katılımcılarının kaçı gençti? (Kahramanova, Kerimov, Hüseynov, 2019).

Matematik derslerinde matematiksel folklorun kullanılması öğrencilerin yaratıcı düşünmesini, konuşmasını ve genel bakış açısını geliştirir.

Sorun: Khalida Teyze'nin dört tavuğu var. Birinci tavuk iki günde bir, ikinci tavuk üç günde bir, üçüncü tavuk dört günde bir, dördüncü tavuk ise yedi günde bir yumurtlar. Pazar günü Halide Teyze Hin'den 4 yumurta aldı ve çok mutlu oldu. Bakalım bir dahaki sefere dört yumurta aldığında kaç gün sonra çok mutlu olacak?

Sorunu çözmek için 2, 3, 4 ve 7 sayılarının en küçük ortak bölenini bulmanız gerekir:

EKOB (2, 3, 4, 7) = 84. Yani 2 ay, 3 hafta, 3 gün sonra Halide Teyze tavuktan 4 yumurta alarak mutlu olacak.

SONUÇ

Matematik derslerinde entegrasyon oluşturmak bir dizi avantajla sonuçlanır:

- matematik çalışması diğer konularla ilişkili olduğunda öğrenciler yüksek düzeyde sistematik bilgi kazanırlar;

- öğrencilerin bağımsız araştırma faaliyetleri teşvik edilir;

- farklı konu alanlarında aynı problemi çözmeye yönelik bütünleştirici bir yaklaşıma dayalı olarak genel öğrenme becerileri geliştirilir, öğrenciler dünyanın birliğine ve bütünlüğüne inanmaya teşvik edilir;

- öğrencilerde düşünme, karşılaştırma, yargılama, analiz etme, somutlaştırma ve genelleme, analiz ve sentez yapma gibi düşünme işlemlerinin aktif hale gelir;

- bütünleştirici öğrenme süreci öğretmenler ve öğrenciler arasında işbirliği yaratır ve bu tür bir işbirliği hem öğrenme sürecinde hem de ders dışı zamanlarda geliştirilir.

Sonuç olarak, modern eğitim standartlarını karşılayan bir öğretim metodolojisi sistemi oluşturulacaktır. Bu sistemin temeli, entegre derslerle ilgili bilimsel-metotlu araçlar ve programlar, öğrencilerin yaratıcı çalışmaları, matematiksel projeler, farklı öğrenme teknolojileri, entegre sınıflarda öğrencilerin bilgi ve becerilerini değerlendirme yöntemleri ve araçları vb. organize etmelidir.

Bu nedenle matematik derslerinde entegrasyonun sağlanması, okullar ve öğretmenler için belirlenen hedeflere ulaşmak açısından büyük önem taşımaktadır.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

KAYNAKLAR

Azərbaycan Respublikası ümumi təhsilin Konsepsiyası (Milli Kurikulum). Bakı. 2006.

Azerbaycan Milli Eğitim Bakanlığı (2013). Cumhuriyeti okulları için matematik dersinden eğitim programı (ders müfredatı) (I-XI. Sınıflar).

Adıgözalov A.Ş. Okulda matematik eğitiminin teorik temelleri. Bakü, "ADPU", 2018, 310 s.

Abdullayeva M. Matematik öğretim metodolojisi-1. Bakü, "Bilim ve eğitim", 2020, 208 s.

Hasanova A.M., Rüstemli R.A. Modern doğa biliminin sosyal-sinerjik kavramı. Bakü, 2021, 342 s.

Magsudov, F.G., Abdullazade F.H. Matematik ve matematikçiler. Bakü, gençlik, 1981,156 s.

Ismayilova S. Huseynova A. Genel eğitim kurumlarının 6. sınıfları için matematik ders kitabı. Bakü, "Doğu-Batı", 2018.

Kahramanova N. ve diğerleri. "Matematik - 8", genel eğitim okullarının 8. sınıflarına yönelik matematik konulu ders kitabı. Bakü, Radius, 2019.

Kahramanova N. ve diğerleri. "Matematik - 9", genel eğitim okullarının 9. sınıfları için matematik konulu ders kitabı. Bakü, Radius, 2020.

https://edu.gov.az/az/news-and-updates/17605-1

https://cyberleninka.ru/article/n/integratsiya-obrazovaniya-i-nauki-ee-smysl-i-sposoby-voploscheniya/viewer

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THE INFLUENCE OF SOCIAL NETWORKING USAGE ON THE 21ST CENTURY SKILLS OF STUDENTS IN LORENZO S. SARMIENTO SR. NATIONAL HIGH SCHOOL

Loui Jee B. Magtulis[1], Angel Grace L. Delos Santos[2], John Rey P. Camillo[3], Claudet L. Gallonega[4], Elmer S. Abarca[5], Noli P. Julosan[6]

Lorenzo S. Sarmiento Sr. National High School, Poblacion, Mawab, Davao De Oro, Philippines 8802

ABSTRACT

This study dealt with the influence social networking usage on the 21st century skills of students in Lorenzo S. Sarmiento Sr. National High School. The primary goal of the study was to determine the level of social networking usage and 21st century skills in terms of their respective indicators, the significant difference between social networking usage and 21st century skills, and what domains of social networking usage substantially influence the 21st century skills. Likewise, results showed a high level of 21st century skills in Senior High School Students regarding collaboration, critical thinking, creativity and communication. In addition, there is a high correlation, and a significant relationship between social networking usage and 21st century skills. Hence, this leads to the rejection of the null hypothesis. Also, all domains of social networking usage showed a high rating as perceived by students.

Keywords: Social Networking usage, 21st Century Skills, Philippines

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COMPARATIVE ANALYSIS OF AGROPHYSICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN

Samandar Kocherli* , Fatma Aliyeva.

SEM, Institute of Soil Science and Agrochemistry
Department of Soil Physics
Address: Azerbaijan, Baku, AZ1073, Mamed Rahim 5

ABSTRACT

The presented work examines the dependence of the internal properties of soils on the Mugan Plain on spectral reflectance indicators. Currently, using the achievements of science and technology, remote study of soils opens up great opportunities for the effective use of soil resources. As you know, soil is a very complex system, and therefore certain difficulties arise when studying it. Quantitative and qualitative analysis of spectral reflection in laboratory conditions allows us to obtain the necessary information through the use of electronic computing methods to solve the difficulties that arise.

Since the internal properties of soil are complex, the number of factors influencing the formation of its spectral reflectance coefficients is also large. The main ones are soil types, physical and chemical composition, absorption capacity, mineral content, amount of components, heat and water capacity, as well as the pattern of their distribution in the soil. The spectral reflectance curves of each soil type are subject to more intense changes in a certain part of the electromagnetic waves, depending on its properties. This makes it relevant to study the optical properties of soils.

As a result of the studies, it was established that the reflection coefficients and integral reflection coefficients of electromagnetic waves at the depth of the soil profile at wavelengths of 400-750 nm have the form of an increasing function, changing with different patterns depending on its physical and chemical composition.

Depending on the physicochemical composition of the studied soils, differences in the shape of the light reflectance and integral reflectance curves are most clearly observed at electromagnetic wavelengths after 700 nm.

We determined that the part after the 700 nm wavelength provides more information about the compositional properties of soil with different spectral characteristics. The result also shows that, depending on the properties of the soil, the spectral reflectance is directly proportional to dry matter, carbonation and physical clay and inversely proportional to the amount of humus.

Key words: soil sections, integral reflectivity, spectral reflectivity, humus, carbonation.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Methods and Materials

Object and methodology of research

The widespread use of the latest achievements of science and technology in the study of soils is one of the most important tasks of our time. Existing methods for more efficient use of land do not meet the modern requirements of the day. Thus, additional funds have to be spent on performing a large number of labor-intensive field and laboratory work. It is impossible to conduct research in hard-to-reach areas.

Therefore, spectrometric methods are widely used in remote sensing of soils both in our country and abroad. Its advantages are that in a short time it is possible to obtain accurate information about the reflectance of large areas and even study dynamic processes. The lands of the Mugan Plain of Azerbaijan were taken as the object of study. In the research work, the spectral reflectance of soils at a wavelength of 450-750 nm was studied using methods adopted in our republic and abroad, and the spectral properties were studied using an SF-18 spectrophotometer.

Analysis and discussion

The Mugan Plain, which we studied, is part of the Kura-Araz Plain, and sediments of the Caspian Sea, overlain by sediments of the Kur-Araz rivers, play a large role in its formation. The sediments of the Kura-Araz rivers differ sharply in their color. Thus, the sediments of the Araz River are red, and the sediments of the Kura River are gray-brown. The zone has a dry subtropical climate, characterized by mild winters and hot and dry summers. The average annual air temperature is 140°C, the annual precipitation is 293 mm. The amount of evaporation per year is 900-1000 mm.

Such soil and climatic conditions of the zone also affect vegetation. The vegetation consists of semi-desert wormwood, ephemeral grass, and saltwort. However, such soil and climatic conditions of the area make it possible to obtain a bountiful harvest here due to irrigation

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Chemical and physico-chemical indicators of soils.

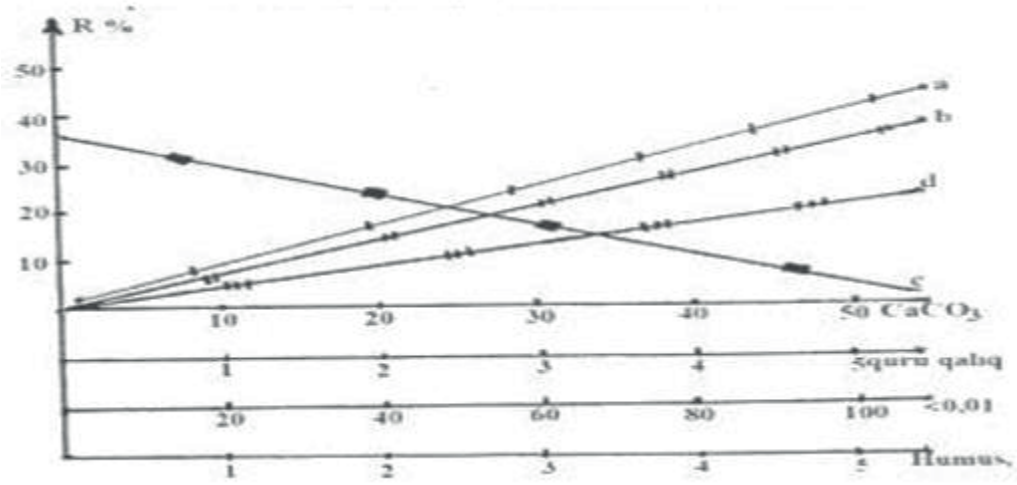
Depth, sm	Hummus %	$CaCO_3$ %	Amount of absorbed bases, mg/eq	Absorbed cations, mg/eq			Dry residue, %	Grading	
				Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na		<0.001	<0.01
Gray-brown soils									
0-30	2.65	1.09	27.25	21.85	4.00	1.40	0.135	20.84	68.48
30-50	1.07	3.75	25.75	20.40	4.25	1.10	0.162	32.80	67.56
50-90	1.09	20.05	25.20	13.65	9.75	1.80	0.137	30.24	66.12
90-105	0.97	17.61	17.60	13.15	3.25	1.20	0.122	27.08	45.52
Gray meadow lands									
0-20	1.62	3.63	25.00	16.05	5.75	3.20	0.210	29.89	65.76
20-40	1.52	3.63	27.55	18.00	6.25	3.30	0.290	27.80	65.00
40-55	0.63	9.02	25.25	16.40	6.25	2.60	0.960	36.60	68.92
55-90	0.53	16.96	23.00	10.25	9.25	3.50	1.110	31.80	68.00
Grass-gray lands									
0-25	2.40	9.16	22.00	16.40	3.50	2.10	0.790	20.00	63.20
25-57	1.83	11.18	15.10	17.60	5.50	2.00	0.682	23.40	68.20
57-80	1.07	2.23	2.20	28.20	11.50	2.50	0.522	22.80	61.80
80-110	0.76	12.52	34.30	22.60	9.00	2.70	0.512	26.80	68.20
Wetlands									
0-25	2.05	9.25	29.50	16.50	10.50	2.50	0.730	38.80	77.60
25-45	1.60	13.90	0.30	15.70	12.30	2.30	0.540	29.20	77.10
45-60	1.30	15.31	29.70	16.30	10.70	2.70	0.635	27.30	65.50
60-75	1.01	14.27	29.20	16.20	10.10	2.90	0.590	30.41	60.40
75-100	0.90	15.01	29.70	15.40	11.20	3.10	0.720	26.50	60.20

The soil-forming rocks of the region are alluvial in nature, the soils are predominantly gray-brown, gray-grass, grass-gray, meadow-swamp, and their varieties are widespread. The physicochemical results of the soils in the region show that the soils in the region have different spectral reflectance

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

properties depending on its type, color, composition, etc., and it has been found that its spectral reflectivity increases with increasing wavelengths.

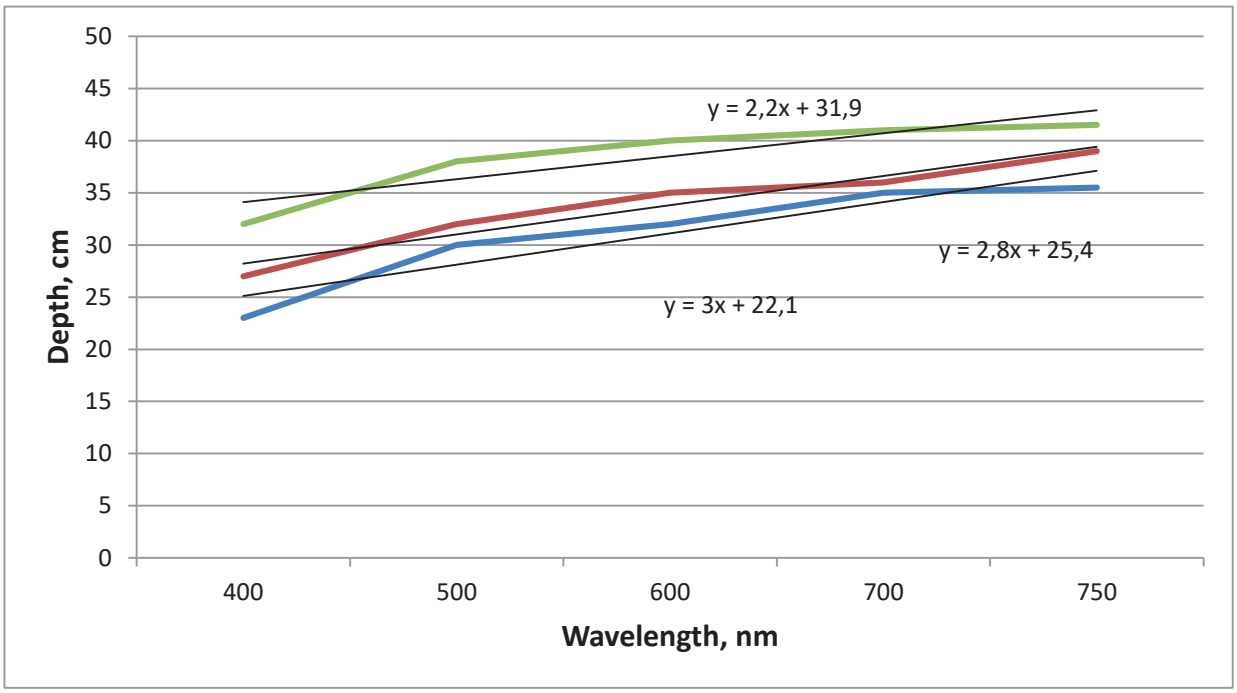
Below are some physicochemical properties of soil types in the Mugan Plain. One of them was gray-brown soils, distributed mainly in the foothills of the Mugan Plain. As a result of laboratory analysis, it was found that the amount of humus in the upper layer (0-30 cm) of these soils is 2.65%, decreases towards the lower layers and reaches 0.97% in the layer 90-105 cm. The amount of carbonates fluctuates in a wide range (1-20%). The distribution of carbonates shows their leaching from the upper layer and accumulation in the lower layers. The absorption capacity of these soils is 17.80-27.25 mg/eq per 100 g of soil. The total amount of calcium is 13.15-27.85 mg/eq., magnesium - 3.25-2.75 mg/eq., sodium - 1.10-1.80 mg/eq. The amount of dry residue in the soil profile is 0.122-0.162%, and as you can see, these soils are slightly saline.



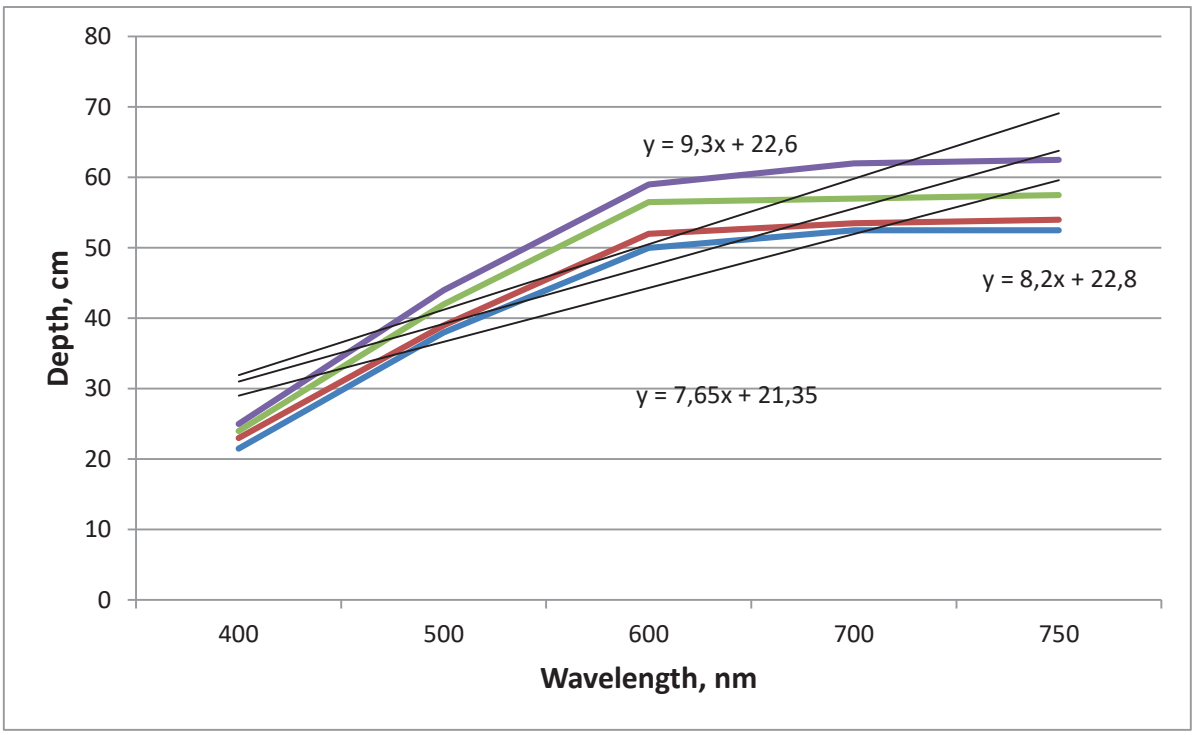
Relationships between some soil properties and the integral reflection coefficient

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Change in soil attenuation coefficient depending on wavelength.

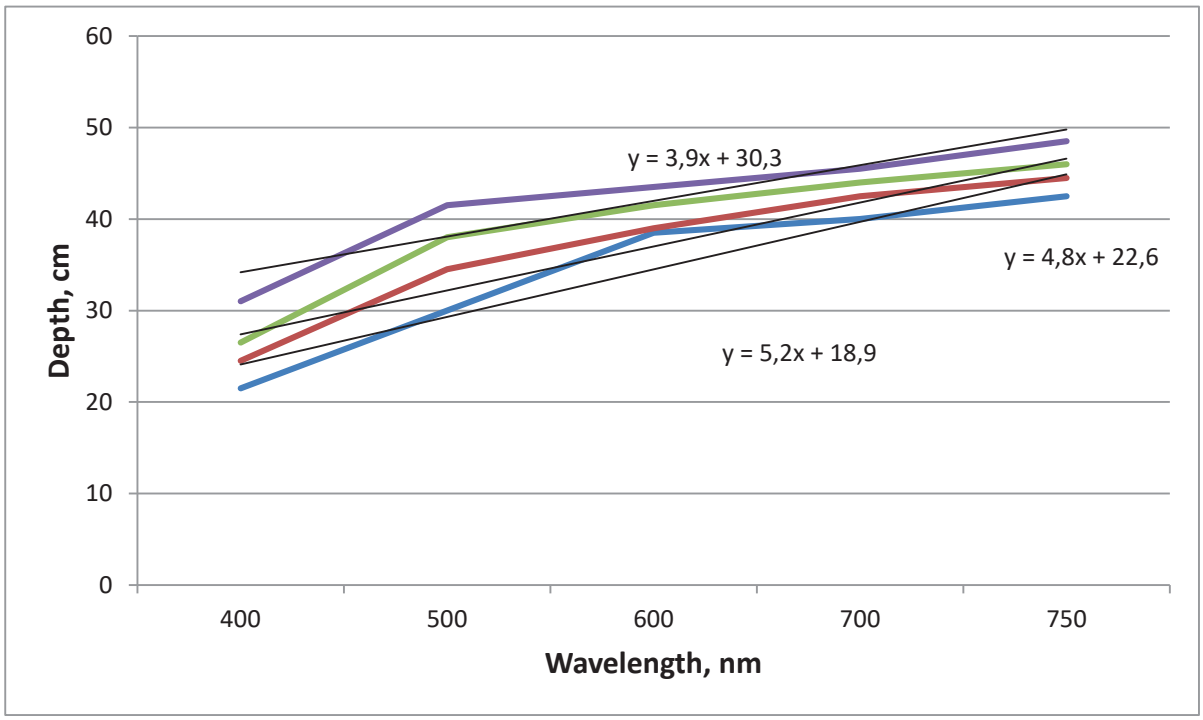


Variation of reflectance with wavelength in gray-brown soils

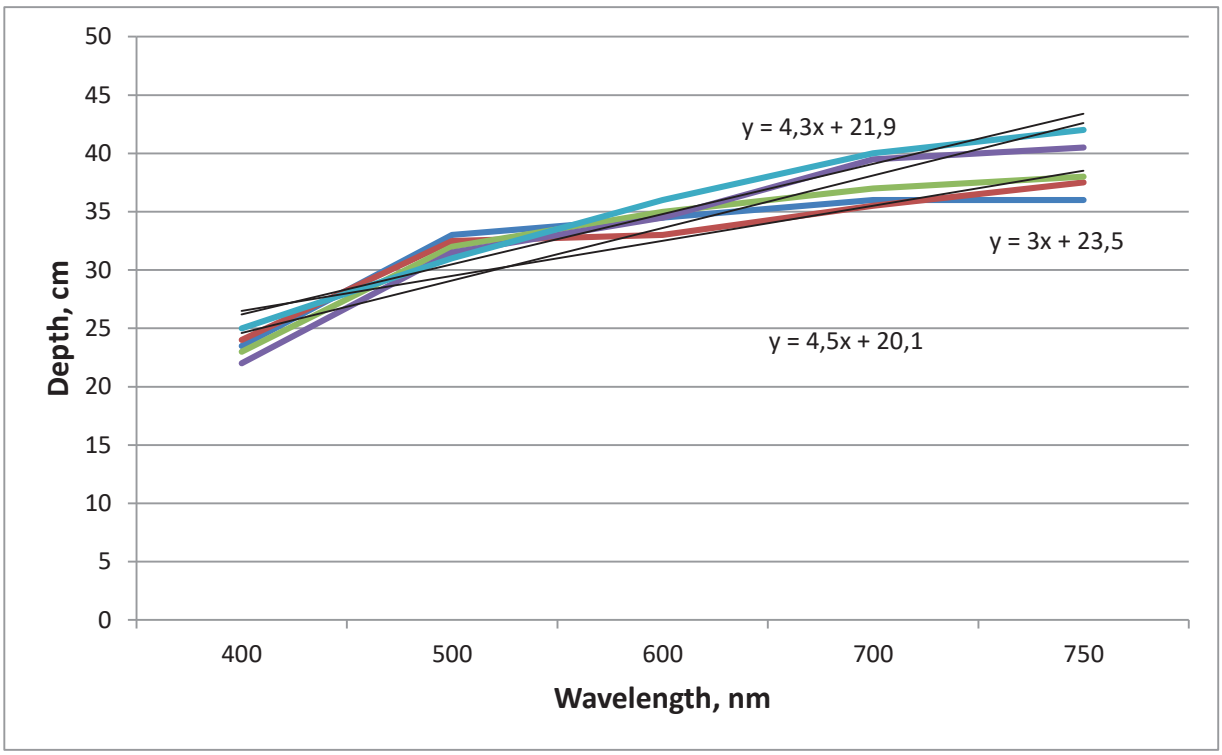


Change in reflectance depending on wavelength in gray grass soils

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Variation of reflectance with wavelength in herbaceous gray soils



Changes in reflection coefficient depending on wavelength in meadow-marsh soils

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

According to the granulometric composition, these soils are light and medium clayey, the amount of physical clay in the upper layer is up to 68.48%, in the lower layers - 45.52%. In this section, the change in the spectral reflectance of soils depending on different wavelengths is approximately linear. It was found that although the amount of 400 nm wavelength in the top soil layer was 23.0%, it gradually increased to 30.0% at 500 nm, 32.0% at 600 nm, 35.0% at 700 nm and 35 .5% at 750 nm. The integral spectrum reflectance coefficient was 31.0%. In the lower layers, its number increased slightly and reached 40.3%.

One of the common soils in the region is gray meadow soil. In the upper layer (0-20 cm) of gray meadow soils, the humus content is 1.62%, decreasing with depth and falling to 0.53% at a depth of 55.90 cm. The amount of carbonates varies along the profile from 3.63 to 19, 96%, most of them are located in a layer of 55-90 cm. The amount of absorbed bases is 23.00-27.55 mg/eq per 100 g of soil along the profile. Of the amount of absorbed bases there are 10.25-18.00 mg/eq of calcium, 5.75-9.25 mg/eq of magnesium and 2.60-3.50 mg/eq of sodium. The amount of dry residue in the upper layer (0-20) is 0.210%, and in the lower layers its amount increases to 1.110%. According to their granulometric composition, these soils are classified as medium clayey. The amount of physical clay here ranges from 65.00-68.92%.

Of course, all the above analysis results are reflected in the spectral reflectance. So, if at a wavelength of 400 nm the spectral reflectance of these soils was 21.5-25.0% depending on the profile, then at the next wavelength it was 38-44%, and at 750 nm - 52.5-62. 5%. The integral reflection coefficient was 42.9-50.5%, respectively.

One of these soils is grass-gray soils. These soils have gone through an ancient agricultural stage and are more typical of the Muoan Plain. The amount of humus in the upper layers is up to 2.40%, in the layer of 80-110 cm it decreases to 0.76%. As for the distribution of carbonates, a slight increase in their amount is observed as the lower layers pass through. So, if in the top layer of soil 0–25 cm its amount is 9.16%, then in the layer 80–116 cm its amount reaches approximately 12.52%. The amount of absorbed bases in 100 g of soil is 22.0-42.2 mg/eq., most of which is calcium (16.40-28.20 mg/eq.). Absorbed magnesium ranges from 3.50 to 11.50 mg/eq, and absorbed sodium ranges from 2.0 to 2.7 mg/eq. The amount of dry residue in the upper layer of these soils is 0.79%; in the lower layers it decreases slightly to 0.512%. According to their granulometric composition, these soils are classified as medium clayey. The amount of physical clay ranges from 65.0-68.0%.

As can be seen from the table, it is clear that the spectral reflectance increases. Thus, its amount in the upper layer of 0-25 cm was 22.5% at a wavelength of 400 nm and 36.0% at a wavelength of 750 nm. Moving to the lower layers, its amount gradually increased in all wavelengths and ranged from 23.0 to 42.0% in the 75-100 cm layer, respectively. The integral reflection coefficient of these soils varied along the profile in the range of 31.1-38.5%.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Grass-marsh lands, distributed throughout the territory in the form of tala, are distributed in limited areas of the Mugan Plain, mainly in depressions, in places where groundwater is exposed, in the area of the Kura River. Meadow-marsh soils are characterized by a high content of humus and moisture, on which predominantly water-sensitive plants grow. The amount of humus in the upper layer (0-25 cm) reaches 4.05%, which is associated with the annual rotting of a large amount of plant mass. The amount of humus decreases with depth and reaches 0.90% at a depth of 1 meter. This distribution of humus is due to the fact that the bulk of roots and rhizomes are collected in this part of the soil profile. The reason for the lack of roots in the lower layers is the unfavorable air-water regime in the silt layer due to high humidity and a large amount of iron oxide, which negatively affects plants. The amount of carbonates ranges from 92.5-15.31%. Absorbed bases fluctuate within a narrow range (29.50-30.30 mg/eq per 100 g of soil). calcium 15.40-16.50 mg/eq., magnesium 10.10-12.30 mg/eq. and sodium 2.30-3.10 mg/eq. The soils are moderately saline, the amount of dry residue is 0.540-0.730%. In terms of granulometric composition, these soils are heavy clays of the upper layer (the amount of physical clay is 77.60%), when moving to the lower layers they become lighter and the amount of physical clay in the 75-100 cm layer is 60.20. %. The integral reflection coefficient of meadow-bog soils ranged from 39.2-42.0% depending on the depth of the profile.

The results of the studies show that the integral reflectivity of the soil is directly proportional to dry residue, physical clay, carbonization, salinity and inversely proportional to humus. Thus, with a change in carbonization by 1%, the integral reflection coefficient is 0.93%, depending on the physical clay - 0.352%, depending on the dry residue - 4-6%, which is a direct dependence, and is 4% depending on the amount humus, which is the inverse proportion. The study of integral reflection makes it possible in the future to determine, monitor, etc., its diagnostic features by remotely studying the soil. can be used when studying signs. At the same time, it can be used as an auxiliary tool for opening (deciphering) aerospace photographs.

As a result of research, it has been established that the spectral curves of each type of soil are subject to more intense changes in a certain part of electromagnetic waves, depending on its properties. It has been established that, depending on the properties of the soil, the integral reflectivity is directly proportional to the dry residue, carbonation and physical clay and inversely proportional to the amount of humus. So, with a change in carbonization by 1%, the integral reflection coefficient was approximately 0.93%, depending on the physical clay - 0.352%, depending on the dry residue - 4-6%, a direct relationship, and it was 4%, depending on amount of humus, it was an inverse proportion.

Conclusion

Thus, the above studies make it possible to further study the soil using modern methods, determine its internal characteristics, diagnostic signs, carry out certain corrective work on the soil map, etc., which may be important. At the same time, it can be used as an auxiliary tool in determining surface moisture

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

and soil salinity by various characteristics of plant reflection in different ranges of the electromagnetic spectrum, as a software addition to the Normalized Relative Index "NDVIGGIS" in horticulture.

Acknowledgment

This article is written based on practical experience in 2020. We express our deep gratitude to Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor Ulviya Mamedova for her special contribution and assistance.

REFERENCE

Azizov G.Z. Scientific analysis of the water-salt balance of reclaimed soils of the Kur-Araz lowland and its results. Baku, 2006, 260 p.

A. P. Gerayzade, A. M. Jafarov “On the problem of rational use of soil cover” Soils in the biosphere. Part 2. Institute of Soil Science and Agrochemistry. September 10-14, Novosibirsk, 2018. pp. 195-198.

Belyaev B. I., Kazyak E. O., Khrushcheva E. O. Study of the seasonal dynamics of the spectral reflective properties of agricultural crops in Belarus based on field spectrometry and Earth remote sensing materials \\ Belarusian Land. 2016. No. 2. P. 42-46.

4. Gerayzade A.P., Jafarov A.M., Kocherli S.A., Sariev A.L., Guliev V.A., Samadova O.A. “On the reflection of light from the soil and its practical use” - Collection of scientific works of the Research Institute of Agriculture, volume XXVIII. "Teacher Publishing House" Baku-2017

5. Kocherli S.A., Jafarov A.M., Gerayzade A.P., Guliev V.A., Samadova O.A. - Relationship between physicochemical properties and spectrophotometric indicators of the main types of soils of the Shirvan Plain. Department of Biological and Medical Sciences of ANAS Collection of works of the Azerbaijan Soil Science Society, Volume XV, Baku 2019, p. 397-401.

6. Kocharli S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M. “Optical properties of the lands of the Karabakh plain and drawing up a schematic map” Institute of Geography of ANAS named after academician H.A. Aliyev Azerbaijan Geographical Society “Karabakh and Eastern Zangezur Economic materials - practical conference on the organization and management of natural-economic systems in the regions, Baku 2022, page 334-344.

7. Kocherli S.A., Ch.G. Gulaliyev, A.M. Jafarov “The possibility of using spectral reflection in soil research” Agro-international conference on agriculture. Abstracts of reports, Azerbaijan State Agrarian University, June 04-06, 2022 p. .446.

8. Kocherli S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M., Valieva Z.M., Tagieva S.I., Gadzhieva G.A. “Reflective ability of soils of the Salyan Plain” News collection “Natural and Technical Sciences” series N 3 (86), Ganja-2022, pp. 101 -107.

9. Kocharly S.A., Ch.G. Gyulaliev, A.M. Jafarov, E.M. Mamedova, Z.M. Valieva, S.I. Tagieva “Use of optical properties in the study of soil diversity” Modern problems of geography International scientific-practical conference. Matt. I, November 20-30, 2022 Baku, Baku. 122-128.

10. Kocherli S.A., Jafarov A.M. The relationship between agrophysical and optical properties of the main types of soils of the Mugan Plain. ANAS “Soil Science and Agrochemistry” volume 24, Baku 2019. P.52-57.

11. Gasanov Yu.Ch. “Monitoring of agrophysical properties of irrigated lands in Azerbaijan.” Baku-2013, 230 p.

12. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soil. Agropromizdat, 1986. 416 p.

13. Orlov D.S. Spectral reflectivity of soils and their components \ D.S. Orlov, N.I. Sukhanova, M.S. Rozanova.- M.: Moscow State University Publishing House, 2001. 176 p.

14. Samofalova I.A. Laboratory - practical classes on chemical analysis of soil. - Perm, 2013. 133 p.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE MUGAN PLAIN

Ali Jafarov*, Fatma Aliyeva, Musazade Casur.

SEM, Institute of Soil Science and Agrochemistry
Department of Soil Physics
Lankaran State University
Address: Azerbaijan, Baku, AZ1073, Mamed Rahim 5

ABSTRACT

The purpose of the research is to effectively use the soils of the Mugan Plain, determine the current state of the soils, eliminate the degradation occurring in the soils as a result of natural and anthropogenic impacts, restore and improve soil fertility. soils and regulate their agrophysical properties.

The article provides information about some physical and water-physical properties of the soils of the Mugan Plain. Each type of soil has its own physical and water-physical characteristics. The Mugan Plain is part of the Kura-Araz Lowland. In the northwest it is separated from the Mil Plain by the Araz River, and from the Shirvan Plain by the Kura River. In the south and southeast it connects with the Lankaran lowland and the Salyan plain. The southwestern continuation of the Mugan Plain is located on the territory of Southern Azerbaijan. The area is flat and is located on average 16 m below sea level.

The soils of the Mugan Plain consist of various types of gray, gray-brown and saline soils. In addition to these types of soils, grey-meadow, meadow-marsh and sandy soils are also found in different parts of the territory. Gray soils and their individual types are distributed mainly on the Kura-Araz Plain. It is important to study the agrophysical properties of soils to create optimal conditions for water, air, thermal and nutritional regimes important for plant life. Agrophysical indicators of soil fertility include particle size distribution, mineralogical composition, structure, density, porosity, water-physical properties, as well as soil properties that characterize agrotechnological indicators.

The main essence of the work is to develop a system of measures that allows increasing soil fertility through their effective use, optimizing the agrophysical properties of soils. For this purpose, changes in the water-physical properties of soils under different types are being studied. the condition of the soil and agricultural plants was studied in accordance with natural and ecological conditions at various stationary experimental sites. The water absorption capacity of soil is different and varies depending on the use on the farm. Therefore, these changes must be taken into account when using land efficiently.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Key words: porosity, humus, density, specific gravity, carbonization, particle size distribution.

Methods and Materials

Object and methodology of research

The study of the agrophysical properties of each type of soil is of great scientific and practical importance for the correct and effective use of soil. The agrophysical properties of soils have a great influence on the development of the tillage process, the formation of soil fertility and the vital activity of plants. At the same time, many processes occurring in the soil largely depend on these properties. In this sense, researchers have become interested in this issue and have conducted extensive research.

The Mugan Plain of our republic was taken as the object of study. The purpose of the scientific work being carried out is the effective use of land, determining the current state of the land, eliminating soil degradation as a result of natural and man-made impacts, restoring and improving soil fertility, as well as regulating agrophysical properties.

Analysis and discussion

The Mugan Plain extends from the vicinity of Mount Savalan to the Caspian Sea in the northern part of the Araz River and the Talysh Range. The Mugan Plain is part of the Kura-Araz Lowland. In the northwest it is separated from the Mil Plain by the Araz River, and from the Shirvan Plain by the Kura River. In the south and southeast it connects with the Lankaran lowland and the Salyan plain. The southwestern continuation of the plain is located on the territory of Southern Azerbaijan. The Araz River flows through the Mugan Plain and flows directly into the Caspian Sea.

The purpose of the scientific work being carried out is to effectively use the land, determine the current state of the land, eliminate the degradation that occurs in the land as a result of natural and anthropogenic impacts, restore and improve the fertility of the land. and regulate its agrophysical properties. Based on the results of years of research (2017-2019), we have set a goal to develop a system of measures to optimize the agrophysical properties of irrigated lands subject to anthropogenic impact.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table. Drainage capacity of soils of the Mugan Plain

Observation time																
minute						I hour	minute		II hour	minute		III hour	hours			In just 6 hours
10	10	10	10	10	10		30	30		30	30		IV	V	VI	
	Raw cut															
2,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,7	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
25	4	3	3	2	2	39	6	4	10	4	4	8	6	5	4	72
Cotton																
3,5	1,0	0,7	0,6	0,5	0,3	1,1	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4
35	10	7	6	5	3	66	12	10	22	9	8	17	15	15	13	148
Corn																
8,1	1,6	0,9	0,9	0,8	0,8	2,2	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,9
81	16	9	9	8	8	131	28	26	54	22	21	43	37	34	31	330
Clover																
3,3	1,2	1,0	0,9	0,7	0,7	1,3	0,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8
33	12	10	9	7	7	78	27	25	52	21	20	41	38	35	34	278

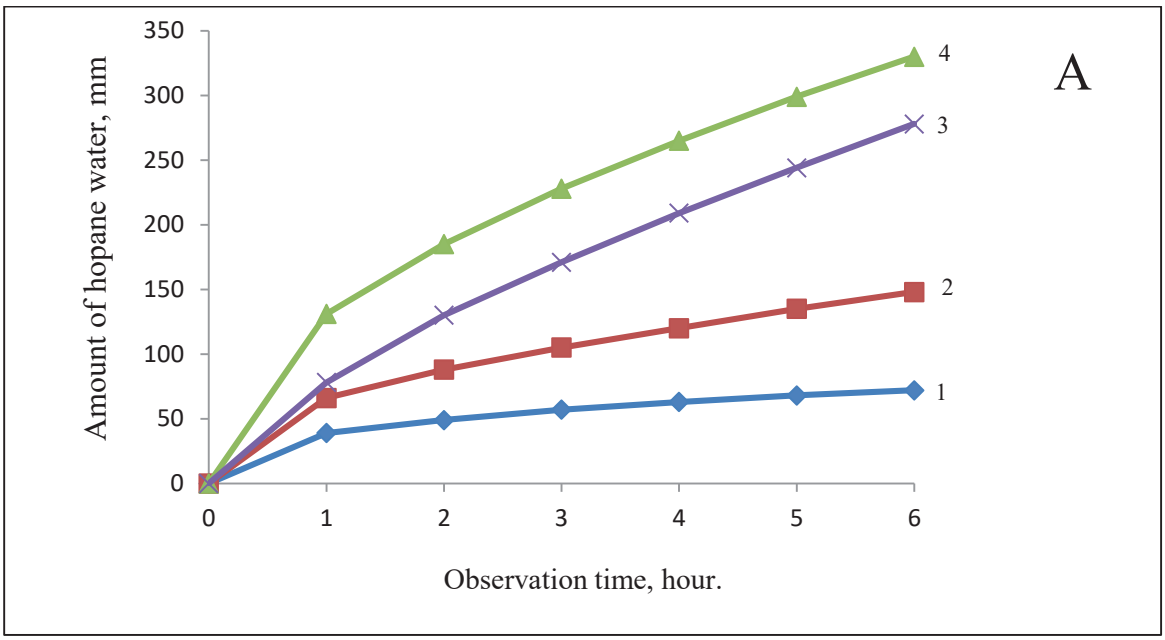
A large number of colloidal substances in the soil, which have the ability to swell under the influence of water, as well as a large amount of decay weaken its water absorption. These substances retain water, swell and block water flow paths. Easily soluble salts in the soil also affect soil drainage. Those salts that cause coagulation upon contact with soil suspension, their presence in the soil facilitates the passage of water through the soil. The presence of salts in the soil that do not coagulate with the soil suspension weakens the water permeability of the soil.The granulometric composition of the soil fundamentally affects the water-physical, physical-mechanical, air, thermal properties of the soil, redox conditions, absorption capacity, accumulation of humus and nitrogen in the soil.

Based on the results of the analysis of the granulometric composition of soils, it can be seen that the granulometric composition of the soils of the Mugan Plain is represented by light clayey and medium clayey soils, the amount of physical clay ranges from 50.16-61.68%. In some areas, the amount of physical clay under the clover profile is in the range of 52.64-56.80%.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The amount of physical clay in sub-granular areas is 42.12-50.16% and is considered heavy granular. Regarding the amount of physical clay in cotton fields, the amount is 50.64-58.00% and is considered light clay. The amount of physical clay in this area was the highest in the wet area, the amount of physical clay varied along the profile within (55.92-61.68%), and its amount decreased towards the lower layers and reached 55.92% in 36-52 years . layers, see. According to the granulometric composition, these soils are classified as light clay soils.

Research shows that sandy and loamy soils allow water into the soil the most because they have large pores. Water entering these pores does not enter the capillary form; under the influence of gravity, it easily seeps down in the form of water. In clay and granular soils, water moves much more slowly because they have many fleecy capillaries. Compared to unstructured soils, structured soils have better drainage capacity even with the same particle size distribution. This is caused by the presence of large pores between structural aggregates. Saturation of the soil with moisture reduces water permeability.



DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

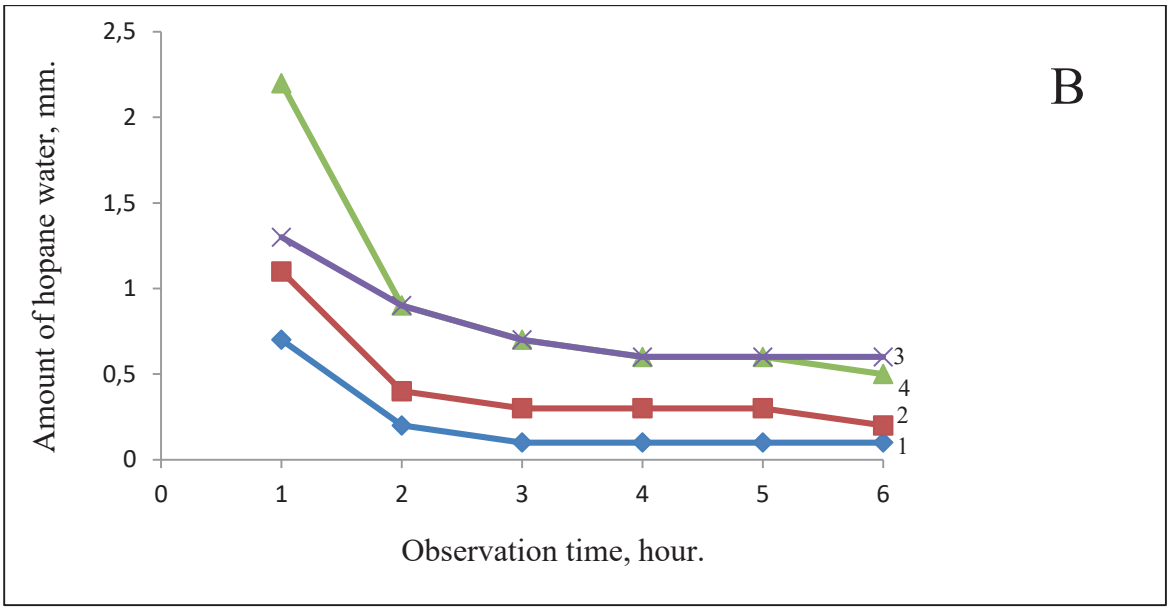


Figure 1. The amount of waterlogging (A) and the rate of waterlogging (B) in the soils of the Mugan Plain. 1.Raw; 2. Cotton; 3. Clover; 4. Grain

The factor that determines the waterlogging of arable lands is the structure of the arable horizon, which depends on how often and in what way mechanical influence is applied to it. As a result of poor water drainage, excess moisture appears on the soil surface or in its upper part. Because of this, the plants rot, the crops fall under water and the activity of the microflora that breaks down organic residues ceases. As a result, the air and water regime of the soil is disrupted. The best way to improve drainage is to regularly loosen the soil, structure it, add sand to clay soils and deep plowing.

Result

The results of the studies show that the amount of water infiltration on a wet field is 30 mm in 6 hours, 72 mm in 6 hours, 66 mm in 1 hour under cotton, 148 in 6 hours, 131 mm in 1 hour under grain. , 330 mm in 6 hours, 78 mm in 1 hour under alfalfa, 278 mm in 6 hours.

In the study area, the amount of water infiltration varied from 39 to 131 mm per hour, which applies to soils of low and high quality.

Acknowledgment

This article is written based on practical experience in 2017-2018. We express our deep gratitude to Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor Ulviya Mamedova for her special contribution and assistance.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

REFERENCE

1.Azizov G.Z. Scientific analysis of the water-salt balance of reclaimed soils of the Kur-Araz lowland and its results. Baku, 2006, 260 p.

2.Belyaev B. I., Kazyak E. O., Khrushcheva E. O. Study of the seasonal dynamics of the spectral reflective properties of agricultural crops in Belarus based on field spectrometry and Earth remote sensing materials \\ Belarusian Land. 2016. No. 2. P. 42-46.

3.Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soil. Agropromizdat, 1986. 416 p.

4. Orlov D.S. Spectral reflectivity of soils and their components \ D.S. Orlov, N.I. Sukhanova, M.S. Rozanova.- M.: Moscow State University Publishing House, 2001. 176 p.

5. Kocherli S.A., Jafarov A.M. The relationship between agrophysical and optical properties of the main types of soils of the Mugan Plain. ANAS "Soil Science and Agrochemistry" volume 24, Baku 2019. P.52-57.

6. Kocherli S.A., Jafarov A.M., Gerayzade A.P., Guliev V.A., Samadova O.A. - Relationship between physicochemical properties and spectrophotometric indicators of the main types of soils of the Shirvan Plain. Department of Biological and Medical Sciences of ANAS Collection of works of the Azerbaijan Soil Science Society, Volume XV, Baku 2019, p. 397-401.

7. Kocherli S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M. "Optical properties of the lands of the Karabakh plain and drawing up a schematic map" Institute of Geography of ANAS named after academician H.A. Aliyev Azerbaijan Geographical Society "Karabakh and Eastern Zangezur Economic materials of scientific - practical conference on the organization and management of natural-economic systems in the regions, Baku 2022, pp. 334-344.

8. Kocherli S.A., Gyulaliev Ch.G., Jafarov A.M. "The possibility of using spectral reflection in soil research" Agro-international conference on agriculture. Abstracts of reports, Azerbaijan State Agrarian University, June 04-06, 2022 p. 446.6.U.F.Mammadova. Effect of humic substances on yield and nutrient contents of Eggplant Santana (Solanum melongena) plants in gray-brown soil.Eurasian Journal of Soil Science.vol 11, no. 4, 2023, pp. 98-103 https://dergipark.org.tr/en/pub/ejss/issue/72635/1197785

9.U.F.Mammadova.Ecological monitoring of Chukhuryurd Lake' Ecotourism potential. Aswan University Journal of Environmental Studies (AUJES), Egypt. vol 1, no. 1. pp. 38-47. DOI: 10.21608/aujes.2022.159495.1093

https://aujes.journals.ekb.eg/article_273908.html

10.U.F.Mammadova.Garanohur Lake' Ecotourism Potential Study (Ismayilli District). Journal of Baku Engineering University.Chemistry and Biology. vol. 25, no. 1, 2023, pp. 3-10

https://beu.edu.az/root_panel/upload/files/beu_edu_az/journals/2023_1/chemistry_1.pdf#page=5

11.U.F.Mammadova. Wind Damages Monitoring on Vine Yard to Select The Right Location in Gobustan District. The International Symposium on "Soil Science and Plant Nutrition" (EURASIAN SOIL Symposium 2022).vol. 7 no. 1.pp.175-179file:///C:/Users/admin/Downloads/State_of_1671012304%20(1).pdf

12.U.F.Mammadova. Woodland Soils Alternative Protection Ways. Journal of Baku Engineering University Chemistry And Biology, ISSN 25. vol. 6 no. 1.pp.31-41

13.https://www.academia.edu/92415698/woodland_soils_alternative_protection_ways

14.U.F.Mammadova. Remote Sensing Based Study on Wind Energy's Ecological Effectiveness in Shamakhi District (Azerbaijan).Aswan University Journal of Environmental Studies.vol. 3 no. 1, 2022.pp.1-8. DOI: 10.21608/aujes.2022.109968.1052 https://journals.ekb.eg/article_222729.html

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THE EFFECT OF CLIMATE ON THE CHERRY PLANT

Khayala Yunusova

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3130-443X

ABSTRACT

As we know, the cherry plant is a plant that requires little heat. Even in the fruit-growing regions located in the north, summer heat is enough for the ripening of cherry fruits. Also, high temperature in the summer in the southern hot climate does not have a sharp negative effect on the cherry plant itself or its fruits.

However, there are some cherry varieties cultivated in the north, which are significantly damaged by low temperatures in winter. However, cherry shoots are more resistant to frost than peaches, apricots and some types of plums, and less resistant than most apple trees.

Climate resistance of the cherry plant is being investigated in most countries of the world. It is known from the researches that cherry is classified as a plant that can be grown both in southern regions and in regions with a cold, rainy and windy climate in summer. And the climate affects the ripening time. It has even been established that early ripening cherry varieties mature faster in the Central regions than in Siberia and the Urals. For example, if the cherry varieties cultivated in the Central regions are in the orchards of the Siberian region, the fruit will bear fruit after 1-2 weeks. If the summer weather is very rainy and cloudy, the fruit ripens later.

Also, the cherry tree does not like to be near underground water near the surface of the earth. Because at this time, the soil will become swampy, the root system will begin to rot, and the growth of the tree will stop.

The quality of the cherry product depends on the following:

• air humidity;

• average temperature of the year;

• in which month the fruit is harvested;

• the climate of the region where the plant grows.

Key words: cherry plant, climate, temperature.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Introduction

Each living organism receives from the surrounding environment the factors it needs to build and strengthen the body according to its hereditary nature. Fruit and berry plants also constantly grow, develop, and change their morphological and anatomical structures under the influence of the surrounding external conditions. The complex external environmental factors (temperature, light, air carbon dioxide, humidity, soil, wind effect, nutrients) are collectively called environmental factors.

Temperature is of great importance for the normal growth and development of plants and for obtaining high-quality yields. Fluctuations in temperature hurt plants. Air temperature has an indispensable role in altering the phenological development phases of plants.

Thus, in the conditions of the republic, 8-10 ℃ is required for the beginning of vegetation in fruit plants, and 10-16 ℃ is required for the continuation of vegetation.

The results of research carried out by us show that depending on the pomological characteristics of cherry varieties, 70-75 days are required for fruit ripening in the Guba-Khachmaz economic region, the main fruit-growing region of Azerbaijan. In general, for fruit plants to grow and develop in Azerbaijan, a normal temperature of 17-35 ℃ is required.

According to the researchers, while the growth of plants is stimulated by 260 mmk radiation waves, the positive effect of light decreases when moving to 735 mmk waves. In addition to more accumulation of carbohydrates in the leaves of fruit plants due to the influence of light, the amount of sugar in the formed fruits increases, acidity decreases, and thus a special smell specific to the medium is formed. In well-lit plants, the required chemical substances are collected enough, which makes it possible for the formed fruits to have high efficiency.

Plants are fed not only through their roots but also through their leaves. That is, carbon dioxide in the air is one of the important factors in the formation of organic matter in the leaf. So, there is 0.03% carbon dioxide in the atmosphere. To start the process of photosynthesis in plants, it is necessary to have 0.008-0.01% carbon dioxide in the air. More than 5% of carbon dioxide in the air causes the weakening of the photosynthesis process.

Method and materials

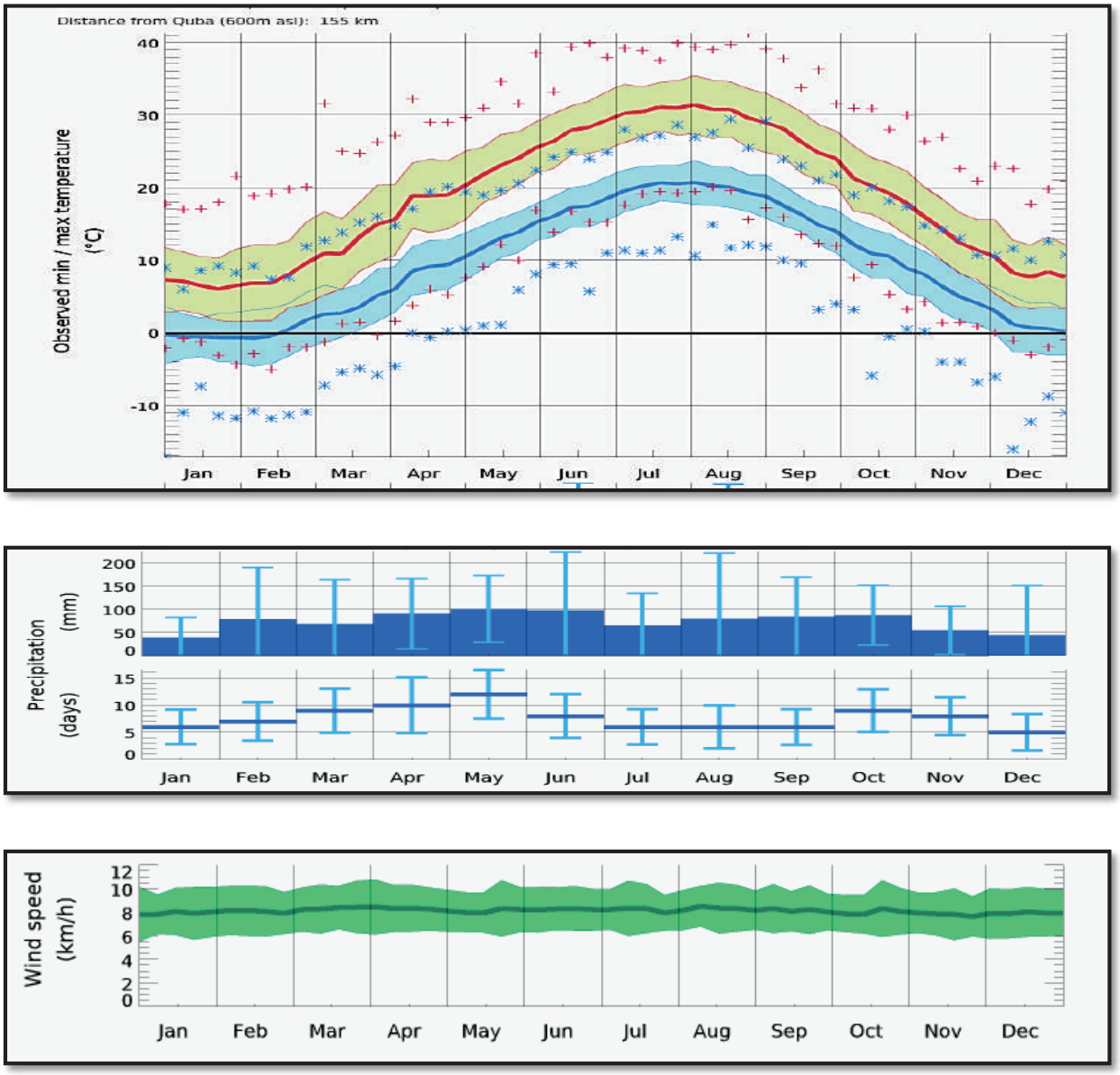
The varieties of Mrs. Raya introduced and created at the Scientific Research Institute of Fruit and Tea Cultivation of Azerbaijan, were used as the material of the research work. The conduct of the research was studied concerning the "Program on the introduction and variety study of fruit plants" methodology, the "Study and selection of the gene pool of fruit and berry plants" methodology, and works of the I.V. Michurin University of Applied Sciences. Cherry plant breeding in Azerbaijan was started by M.P. Maksimova in 1970 at the Research Institute of Fruit and Tea Cultivation and has been continued by R.R. Bakhishova since 1985.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The object of research work is the cherry plant, breeding, and introduced cherry varieties.

The site of the research work is the Guba Auxiliary Experimental Farm. This area is located at an altitude of 750 m above sea level, and the active temperature is only 2600-4100 °C. The number of frost-free days is 186-234 days. the average monthly temperature of the coldest month (January) is 2-3 °C frost in the mountainous area, and about 1 °C hot in the plain. The average daily temperature is 13-18 °C, and the maximum temperature is mainly between 28-38 °C. The average amount of rain varies between 386-613 mm.

Figure 1. Below are the maximum-minimum temperatures, the amount of precipitation, and the wind pattern recorded for the Guba region during one year.



Climate has a significant impact on the growth and development of cherry plants. A temperate and subtropical climate is ideal for cherry cultivation. Extremely cold temperatures can damage the cherry

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

tree, especially during the flowering stage, causing the fruit to weaken. On the other hand, warm temperatures can cause the cherry tree to bud early, making it susceptible to late frost damage.

Cherry plants also need a certain number of chill hours (cold temperatures) during the winter months to break dormancy and stimulate flowering and fruit production. Lack of cooling hours can lead to reduced fruit production and reduced fruit quality.

In addition, the cherry plant thrives in regions with well-defined seasons, as dormancy is required for a proper fruit set. Extreme changes in temperature, drought, or excessive rainfall can also adversely affect cherry plant growth and productivity.

Cherry plants prefer temperatures between 15-27º C during the growing season. Proper protection and care of cherry plants during temperature changes is important for healthy growth and good yields.

Frost is an abiotic meteorological phenomenon that can adversely affect plants and animals. Frost resistance depends on many factors, such as the type of plant, the health status of the plant itself, and the current vegetation phase (phenological phase). Spring frost is a significant production threat in nearly all temperate fruit-growing regions. Sweet cherry is one of the first fruits to develop in spring and is therefore very sensitive to late frost. Spring frost can be a limiting factor in the production of cherry trees. If there are no very severe frosts below the frost resistance limit of the plant, which will last longer, the plants will survive the winter period without damage.

Winter and spring frost damage is characterized by a critical temperature, a lethal temperature that causes the death of plant tissues, respectively. Unexpected late spring frosts are a major risk to the cherry plant, and information on the critical temperatures of new cultivars is limited.

It is important to provide timely phenological information in agriculture, fruit growing, forestry, medicine, tourism, and forest fire management.

Phenology—the timing of the seasonal activity of living organisms—is perhaps the simplest way to track the response of species to environmental change. Long-term phenological data series are a valuable biological resource for climate change research. It should be noted that phenological changes are indicated as a biological trace of the impact of climate change.

The researchers found that long-term phenological data allow reconstruction of temperature and its variability over recent centuries. After the phenological sequence, the analysis of the change in the frequency of occurrence of selected meteorological elements (for example, the occurrence of minimum air temperature below 0°C during the flowering of fruit trees) or the occurrence of synoptic events during the flowering period can be performed. The fact of earlier spring flowering is closely related to the increased risk of spring frosts during the flowering of fruit trees.

Many authors have investigated the increased risk of fruit trees being exposed to spring frosts in their countries, for example, they have assessed this task in Switzerland. High losses have been and

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

continue to be recorded in fruit and wine growing, especially in recent decades. An important parameter is how long the frost affects the tree, for example, during the flowering of a cherry plant, a dangerous frost lasts more than 60 minutes between -1.1 and -2.2°C. Unfortunately, due to the length of the time series (since 1924), hourly minimum air temperature values were not available, so daily minimum air temperatures were used.

Result and Disscusions

The results of the conducted research showed that the movement of the development phases in perennial plants on their roots, i.e., the replacement of one by another, begins 3-4 days later than in uprooted plants.

Our study was conducted in subtropical and partly temperate climate zones. The research work carried out in the current year was carried out in the hybrid field established in 2012 in Guba YTT. So, in the research year, the beginning of the development phases in hybrids happened on April 5. The flowering phase started on April 12-16 of the same month and lasted until April 23-24.

The flowering of hybrid forms lasted 9-12 days. Flowering is rated between 3-4 points. The first neck stop was August 16-18, the second neck stop was October 20-21, the end of fruit ripening was July 10-13, and the time spent on ripening was 72-75 days. The leaves began to fall on September 29-30 and ended on November 20-21. The end of vegetation was November 20-21 and lasted 227-230 days in total.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Active development phases of hybrids

Hybrid	Swelling of buds	Flowering			I neck stop	II neck stop	End of fruit ripening	The day spent on fruit ripening	Falling of leaves		Continuity of vegetation, by day
	flower	leaf	starting	honey	the end					starting	the end	
C_1A_6	05.04	13.04	14.04	4	24.04	17.08	21.10	10.07	72	30.09	21.11	230
C_2A_3	05.04	13.04	14.04	3	23.04	16.08	21.10	12.07	71	30.09	20.11	229
C_3A_4	06.04	13.04	12.04	4	24.04	18.08	20.10	12.07	74	29.09	20.11	228
$C6A_5$	07.04	15.04	15.04	4	24.04	17.08	21.10	12.07	72	30.09	20.11	227
C_7A_6	06.04	13.04	14.04	4	23.04	16.08	20.10	13.07	73	30.09	21.11	229
C_8A_7	05.04	12.04	15.04	4	24.04	18.08	20.10	12.07	73	30.09	20.11	229
C_9A_8	06.04	12.04	16.04	4	23.04	16.08	20.10	13.07	75	30.09	20.11	228
$C_{10}A_5$	06.04	14.04	14.04	4	23.04	18.08	20.10	12.07	74	30.09	19.11	227
$C_{12}A_6$	05.04	13.04	15.04	3	24.04	17.08	19.10	11.07	74	29.09	19.11	228
$C_{13}A_3$	07.04	13.04	16.04	3	23.04	17.08	21.10	11.07	73	28.09	21.11	228
$C_{14}A_{11}$	07.04	14.04	14.04	4	24.04	16.08	19.10	13.07	72	28.09	20.11	227
$C_{14}A_{13}$	06.04	14.04	14.04	3	24.04	18.08	19.10	10.07	72	29.09	21.11	229

Acknowledgment

I would like to express my gratitude to Aladdin Sadigova, associate professor, doctor of agrarian sciences, department head of the "Fruit Plant Breeding Department" of the Scientific Research Institute of Fruit and Tea Cultivation, and the employees of the department for conducting the research work.

Reference

1. Gurbanov I.S., Khankishiyeva E.M., Suleymanova S.C., Sadygova N.M. cherry plant (*Prunus avium*). Baku-2019. etc. 156-157.

2. Gurbanov I.S., Aliyev V.M., Sadygova N.M., Khankishiyeva E.M. A program of disease and pest control measures in intensive orchards. Baku "Teacher" edition - 2018. p. 73-74.

3.https://my.meteoblue.com/visimage/meteogram_climateYear?look=KILOMETER_PER_HOUR%2CCELSIUS%2CMILLIMETER&temperature=C&windspeed=kmh&precipitationamount=mm&winddirection=3char&city=%D0%9A%D1%83%D0%B1%D0%B0&iso2=az&lat=41.3611&lon=48.5134&asl=600&tz=Asia%2FBaku&dpi=72&apikey=5838a18e295d&lang=ru&ts=1710326072&sig=17aa5d9fb85d07c56e5ee24ffa0e09be

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ASSESSMENT OF ZONED SZEM-4, GE-143, SZEM-4XGE-143, GE-143XSZEM-4 BREEDS AND HYBRIDS IN COMPARISON WITH CONTROL UZBEK-1KHOZBEK-2 HYBRID

Mustafayev Agil Gulmammad[1]

ANAS Sheki Regional Scientific Center, Head of Ecological Geography Department
ORCİD-0000-0003-3806-7182
Sheki city/ Azerbaijan

Garayev Elvin Mahir[2]

ANAS Sheki Regional Scientific Center, Head of Ecological Geography Department
ORCİD-0000-0002-5496-744x
Sheki city/ Azerbaijan

Bashirov Khazar Hasan[3]

ANAS Sheki Regional Scientific Center, Head of Ecological Geography Department
ORCİD-0009-0004-1109-0969
Sheki city/ Azerbaijan

İsmayılova Aygun Chingiz[4]

ANAS Sheki Regional Scientific Center, Head of Ecological Geography Department
ORCİD-0009-0002-0924-9323
Sheki city/ Azerbaijan

Summary. *The economic efficiency of regionalized ShZEM-4, GE-143, ShZEM-4xGE-143, GE-143xSZEM-4 breeds and hybrids was calculated. In those breeds and hybrids, the weight of the wet cocoon yield from 1 box of grana, the coefficient of dry cocoon yield from the wet cocoon and the weight of the raw silk product were calculated. is defined. The economic evaluation of ŞZEM-4, GE-143, ŞZEM-4xGE-143, GE-143xŞZEM-4 breeds and hybrids in practice showed a higher result than the control Uzbek-1x Uzbek-2 hybrid. The article deals with the economic evaluation of the ShZEM-4, GE-143, ShZEM-4xGE-143, GE-143xSZEM-4 hybrids regionalized in the Sheki Regional Scientific Center of ANAS. The control Uzbek-1xUzbek-2 hybrid of each of the breeds and hybrids named above compared to the economic evaluation was determined*.

Key words: *breed, hybrid, wet cocoon, dry cocoon, raw silk, economic evaluation.*

We should note the positive impact of Azerbaijani silk on the economy and development of our country. In different periods, Azerbaijani silk, especially Sheki silk, played an important role in our country. The natural economic and agro-ecological conditions of Azerbaijan, especially the Sheki-

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Zagatala region, are very favorable for the further development of this important area, increasing the production of cocoons and improving the quality indicators of its silk. One of the main factors determining the increase in economic utility is to increase the amount of cocoons obtained from each box, to achieve the purchase of abundant and high-quality raw silk products. Therefore, any mulberry silkworm breed and hybrid tested is highly valued if it can produce more and better quality silk. Increasing the percentage of silk in the wet cocoon is one of the indicators that subsequently increases the ratio of the dry cocoon yield from the wet cocoon, and the increase in the silkiness of the dry cocoon increases the silk yield. Currently, feeding mulberry silkworm breeds and hybrids that produce more silk allows for more dry cocoons than wet cocoons. The objective assessment of breeds and hybrids of mulberry silkworm is very important for the economy of sericulture. Each breed and hybrid tested is evaluated in comparison with the control breed and hybrid. And in this comparison, many biological, technological and productivity indicators are taken into account, separately for each indicator. This determines the objective final assessment of breeds and hybrids. Determining the economic efficiency of breeds and hybrids created as a result of selection work in sericulture is considered the main goal. For a comprehensive evaluation of breeds and hybrids, the followingcalculation method is proposed. This method determines how efficient a large number of breeds and hybrids are, because this method allows a comprehensive evaluation of each breed and hybrid based on comparison with average indicators. Each breed and hybrid control is comprehensively evaluated against the breed or hybrid, which can be done using the method we have shown. The economic efficiency of ShZEM-4, GE-143, ShZEM-4xGE-143, GE-143xSZEM-4 breeds and hybrids with regionalized high environmental tolerance and productivity was determined based on the methodology developed by B.H. Abbasov and published in the scientific press. It is known that the economic effect (profit or loss) arises only during the production of any product (commodity) with material value. From each mulberry silkworm breed and hybrid, 3 types of products (commodities) - live cocoon, dry cocoon, and raw silk are produced, each of which can generate a certain economic effect separately. Therefore, the total economic benefit of each new breed or hybrid relative to the corresponding control should be the sum of the economic benefits, or more precisely, additional net income, that can be generated due to all 3 productivity indicators. This can be expressed by the following formula: IS = IS1 + IS2 +IS3 B. H. Abbasov noted that the total economic efficiency of each breed and hybrid compared to the corresponding control should consist of the sum of the economic effects that can be generated due to all three productivity indicators, more precisely, additional net income. [1]. V.A. Strunnikov determined the heterosis in viability based on the different percentage of survival of hybrid and purebreds by incubating grenadine at 33 C and 32% relative humidity. [2]. Professor K. B. Svech recommends determining the heterosis index using the following formula: Hi = Width / Ep.m x 100 where: Hi - heterosis index; En - any trait received in the I generation; E p.m - any sign of the parent organism [3]. A.M. Safonova in the article "Scientific bases of breeding work in sericulture and results of linear development of mulberry silkworm research"

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

notes that the highest index of cocoon weight compared to the control was 18-20%, and the silkiness of the wet cocoon was 25.6%.[4] . In Table No. 1, indicators for determining the economic efficiency of 2 breeds and 3 hybrids obtained and regionalized by the "Mulberry Silkworm Breeding" department of Sheki Regional Scientific Center compared to the control hybrid are given. For this reason, compared to the control Uzbek-1 x Uzbek-2 hybrid, the averageindicators are shown. Based on the current prices, we set the selling price of 1 kg of fresh cocoons at 11 manats. Table #1 Indicators Uzbek-1x Uzbek-2 (control) ShZEM-4 x GE-143 GE-143x ShZEM-4 GE-143 ShZEM-4 Take 1 box of silkworms wet cocoon product, kg 65,80 87.60 87.20 86.05 86,16 Yield of dry cocoons from wet cocoons, kg 23,41 32,10 32.03 31.81 32.00 Raw silk product, kg 8.07 11.89 11.56 11.36 11.43 Consumption of dry cocoons to buy 1 kg of raw silk, kg 2.90 2.70 2.77 2.80 2.80 It is clear from the above table that the wet cocoon yield obtained from 1 box Uzbek-1x Uzbek-2 hybrid was 65.80 kg. Obtained and regionalized ShZEM-4, GE-143, ShZEM-4xGE-143, GE-143xSZEM-4 breeds and hybrids obtained a higher result than the control. That is, in the hybrid ShZEM-4xGE-143 there was 87.60 kg, in the hybrid GE-143xŞZEM-4 87.20 kg, in the breed GE-143 86.05 kg, and in the breed ShZEM-4 there was a yield of 86.16 kg. Therefore, in order to determine the economic efficiency, we determined the value of the specific product of the new and control breeds and hybrids from one box and the production costs spent on the purchase of this product. So, according to the regulations, regardless of the breed and hybrid, the production costs incurred for the incubation of 1 box of grenades and the feeding of the worms hatched from this grenade are taken as the same. The economic efficiency of the new breed and hybrid compared to the corresponding control at the expense of the wet cocoon yield from 1 box of grenades, that is, additional net income, with the indicator of the wet cocoon yield from 1 box of grenades of the new and controlled breeds and hybrids, determines the price of the cost value of 1 kg of wet cocoons That is, in order to evaluate the economic efficiency, it is necessary to subtract the weight of the wet cocoon product from 1 box of grenades of the control hybrid from the weight of the wet cocoon product from 1 box of grenades of the new breed and hybrids and multiply it by the cost value of 1 kg of wet cocoon. So, compared to the corresponding control hybrid, the economic benefit of the obtained and regionalized breeds and hybrids due to the wet cocoon yield from 1 box of pomegranates is 239.8 manats in the hybrid ShZEM-4xGE-143, 235.4 manats in the hybrid GE-143xSZEM-4, GE- 143 type 222.75 manats, ShZEM-4 type 223.96 manatshas been high. Thus, the results of our research prove that the creation of new breeds and hybrids of mulberry silkworms with high environmental tolerance through adaptive selection opens wide opportunities for obtaining higher income and increasing the economic profitability of sericulture in unfavorable production conditions. The following conclusions can be drawn from the article dealing with the economic evaluation of regionalized breeds and hybrids: 1. Compared to the controlled Uzbek-1xUzbek-2 hybrid, the economic efficiency of 1 box of grenades regionalized at the Sheki Regional Scientific Center is 239.8 manats in the hybrid ŞZEM-4xGE-143, 235.4 manats in the hybrid GE-143xŞZEM-4, GE- It was 222.75 manats in 143 breed, and 223.96 manats in ShZEM-4 breed.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

LITERATURE

Abbasov B.H. Theoretical and practical basis of breeding in sericulture. Ganja: Ilkin MMC, 2009, 277p.

A.M. Gambarov “Sericulture and silk industry in Azerbaijan” Baku 1965. Azerbaijan State Publishing House, 96 pages.

R. Sh. Hajiyev “Ways to increase the economic benefit of sericulture” Baku 1996. Azernashr, 41 pages

Strunnikov B.A. Comparative viability of females and males in sex-marked breeds at the egg stage. Tashkent, 1976, vyp. 10, p. 131-134.

Svechin K.B. Estimation of the effect of heterosis in relative indicators. Zhivot-novodstvo, 1967, No. 1, p. 61-62.

Safonova A.M. Scientific foundations of sericulture development. Tashkent, 1977, 206 p.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

İDARƏETMƏ QƏRARLARININ QƏBUL EDİLMƏSİNDƏ RİYAZİ METODUN ROLU

Zeynəb Həcəmova

AMEA Fəlsəfə və Sosiologiya İnstitutu, sosial psixologiya şöbəsi, Bakı, Azərbaycan
Bakı, Azərbaycan

ABSTRACT

İdarəetmə qərar qəbulu və tətbiqi icra mərhələsindən ibarət olan mürəkkəb prosesdir. İdarəetmədə seçim etmək prosesi müsbət və mənfi tərəflərin qiymətləndirilməsinə şərait yaradır. İdarəetmədə qərar qəbulu iki və ya daha çox variant arasında seçim etmək prosesi olaraq təşkilatın müvafiq məqsəd və vəzifələrini müəyyənləşdirir. İdarəetmədə qərar qəbulu prosesin təməlini təşkil etdiyindən burada konseptual və nəzəri əsaslar ciddi metodologiyalara istinadən həyata keçirilir. Qərar qəbulu elə bir prosesdir ki, dəqiq hesablanmaların aparılması prosesin kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərini tənzimləyir. Qərar qəbulu daha çox siyasi, əxlaqi, etik, hüquqi, iqtisadi və sosial problemlərin həllinə yönəldilir.

Qərar qəbul etmək problemin bütün mümkün həll yolları haqqında məlumat toplamaqla və ən yaxşı alternativi yekunlaşdırmaqla nəticələnən prosesidir. Bu proses intuitiv və ya məntiqi proses və ya ikisinin kombinasiyası olaraq həyata keçirilir. İntuisiya, mümkün hərəkət kursu üzərində dayanmaq üçün emosiyalarımızdan istifadəni, bunun əksinə olaraq isə məntiqi proses elmi cəhətdən əsaslandırılmış qərarların qəbul edilməsi üçün fakt və rəqəmlərin tətbiqini zəruriləşdirir. İntuisiya qərar qəbul etmək üçün məqbul bir üsuldur, buna baxmayaraq qərarın asan, şəxsi və ya tez qəbul edilməsi lazım olduqda problemin mahiyyətini daha dərindən dərk etmək tələb olunur. Mürəkkəb və vacib mühakimələrin irəli sürülməsi üçün emosiya və məntiqi dərketmə əsaslandırılmış qərar qəbulunu daha səlis və sistematik yanaşma ilə təhlil etməyə vadar edir. Bu baxımdan qeyd etmək olar ki, qərar qəbulu zamanı tələsik reaksiyalardan və emosional siqnallardan yayınmaqda fayda var. İdarəetmə qərarları bir neçə tendensiyaya əsaslanır: məqsədinə, idarəetmənin səmərəliyinə, əldə edilən nəticəyə, idarəetmənin metodlarına, giriş elementlərinə, təsir vasitələrinə və informasiya tələblərinə görə.

İdarəetmə qərarlarının qəbul edilməsində məntiqi dərketmənin xüsusiyyətlərinə üstünlük verildikdə istifadə edilən metodlar sırasında riyazi üsullara daha çox rast gəlinir. Müasir nəzəriyyədə qərar qəbul etmə üsullarının məcmusu təkcə sırf elmi olanları deyil, həm də qərar qəbul etmə sənətini xarakterizə edən yanaşmaları birləşdirir, yəni insanların təşkilati, intellektual və psixoloji qabiliyyətləri və təcrübə

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

tətbiqi metodların əhəmiyyətini səciyyələndirir. Qərar vermə prosesinin öyrənilməsində adətən iki istiqamət var:

1) normativ;

2) təsviri.

Normativ istiqamət qərar qəbul edəni formallaşdırılmış müvafiq metodların, əsasən riyazi modellərin öyrənilməsi üzərində nəzəriyyə qurmağa, təsviri istiqamət isə qərar qəbul edənin öz mövqeyini qərar qəbuletmə prosesinin psixologiyasına və haqqında qərar qəbul edilən obyektin davranışının öyrənilməsinə yönəldir.

Keywords: idarəetmə qərarları; emosiya; intuisiya; məntiqi dərketmə; riyazi metod; elmdə modelləşdirmə

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EMPOWERING FOOD SECURITY THROUGH AI-ENABLED PRECISION AGRICULTURE

***AKINDE Sarah Temitope[1], ABDUL-HAMEED Taofeek Adekunle[1],**

ADEPOJU Temilola Morufat[1] and BELLO Bashir Olufihan

[1] School of Agricultural Technology, Department of Agricultural Technology, Federal Polytechnic Ayede, Oyo State, Nigeria.

Abstract

This manuscript explores the dynamic intersection of artificial intelligence (AI) and precision agriculture, within the broader framework of achieving the United Nations Sustainable Development Goals (UN SDGs), particularly focusing on food security. As the global population expands and environmental stresses intensify, innovative solutions are imperative to ensure sustainable agricultural practices and equitable access to nutritious food. Precision agriculture, empowered by AI technologies, revolutionizes farming practices by enabling data-driven decision-making at a granular level. Through integration of big data analytics, machine learning algorithms, and Internet of Things (IoT) devices, farmers gain insights into crucial factors such as soil health, weather patterns, and crop conditions. This empowers them to optimize resource allocation, enhance productivity, and mitigate environmental risks, thereby fostering sustainable agricultural practices while maximizing yields. Furthermore, AI-driven solutions extend beyond the farm gate to streamline the entire food supply chain. Predictive analytics facilitate market forecasting, while intelligent logistics optimize distribution networks, reducing waste and ensuring efficient food distribution. Moreover, AI technologies hold promise in bolstering resilience against climate change-induced disruptions, enabling farmers to adapt and thrive in dynamic environmental conditions. Nevertheless, the widespread adoption of AI in agriculture poses challenges such as data privacy concerns, digital literacy gaps, and ethical considerations surrounding algorithmic decision-making. Ensuring equitable access to AI technologies is imperative to prevent exacerbating existing disparities within agricultural communities. In conclusion, this manuscript advocates for a comprehensive approach to harnessing AI for precision agriculture, underscoring its pivotal role in advancing food security initiatives aligned with the UN SDGs. By embracing AI as a catalyst for innovation and empowerment, stakeholders can collectively realize a future where agriculture sustains livelihoods and safeguards food access for all, while preserving the planet's resources for future generations.

Keywords: Artificial intelligence (AI), Precision agriculture, Food security, Sustainable development goals (SDGs), Environmental sustainability

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THE DIRECTIONS IN WHICH UNUSED LANDS ARE USED IN ABSHERON REGION

b.e.d., Professor, Sara. Mammadova

Baku State University, Faculty of Ecology and Soil Science, land cadastre specialty
Master's student: Nigar. Mesmaliyeva

ABSTRACT

According to the legislation, the use of land according to its purpose is one of the important issues. Inadequate awareness of land users leads to inappropriate use of land. As a result of this, there are obstacles to the purposeful use of the land, the fertile layer is spoiled, and the economic efficiency of the land is reduced. This negative situation is found in almost all regions of the country. If we look at the monitoring results, Absheron is one of our regions where law violations were detected. In the territory of Absheron, land areas that are not being used properly for their intended purpose have been discovered and control over the proper use of land for their intended purpose has been organized in these land areas. Legal and regulatory barriers such as land uncertainty, ownership or land rights disputes, zoning restrictions, or bureaucratic barriers to obtaining permits or approvals for development may be the main reasons for improper land use in Absheron District. . Infrastructural deficiencies: lack of adequate infrastructure such as roads, utilities (water, electricity, sewage) and transport networks hinders the development and use of land for its intended purpose. If there is no necessary infrastructure, land plots may remain unused or undeveloped. Environmental concerns: Most of the land in Absheron region is not used due to environmental problems - soil pollution, water pollution or vulnerability to natural hazards (eg flood, erosion). Environmental regulations or conservation efforts limit development in such areas. Economic factors, including market conditions, investment climate, financial opportunities and profitability prospects, can affect land use. Economic downturns, uncertainty or lack of demand can cause development projects to be delayed or terminated. Based on the information obtained from the State Service of Real Estate Affairs, we can note that the area of unused land in Absheron region is 8125 ha.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MICROBIOLOGY OF BIOCATALYSTS

Sabina Jafarzadeh

Institute of Microbiology, Ministry of Science and Education of Azerbaijan Republic , Azerbaijan, AZ 1004

Abstract

Enzymes are organic and catalytic chemical compounds synthesized by living cells. They speed up biochemical reactions in the cell and make temporary chemical connections with reactants (substrate). Without their help, reactions proceed very slowly. Enzymes of microorganisms are synthesized in cells. Some of them are kept inside the cell for assimilation and dissimilation events (endoenzymes, intracellular enzymes). The other part, being secreted into the environment, is involved in the hydrolysis of large molecular substances (proteins, polysaccharides, lipids, etc.) (exoenzymes, extracellular enzymes). Enzymes, which form temporary compounds with substrates at the beginning of reactions, separate from them after the reaction and return to their old forms to catalyze new reactions. Enzymes are proteins that organisms produce to catalyze the biochemical reactions needed for life.Isolation and purification of enzymes is not considered an easy process. Another approach is to use whole cells as "Microbial Biocatalysts" to promote multiple enzyme reactions and cofactors in one strain. Whole-cell biocatalysts can be used as a basis for various processes such as biotransformation and fermentation. Such processes can be used to produce valuable chemicals through biotransformation must undergo one or more steps of biocatalysis to make or completely break down organic pollutants.

Keywords: enzyme, biocatalyst, microorganism, biotransformation.

Introduction

As the quality of raw materials deteriorates due to environmental reasons, the technological properties for processing change. As a result, the output of the finished product is sharply reduced, the amount of waste from raw materials increases and its shelf life is shortened. Thus, in recent years, the sugar content of sugar beet, the fat content of sunflower, the starch content of potatoes, the protein and fat content of milk, and the amount of dry matter in vegetables have been decreasing. In addition, many fruit and vegetable plants that have changed their genetic characteristics as a result of environmental influences produce fruit, tubers, and roots of an irregular shape. They are not suitable for mechanized washing, cleaning, and long-term storage.

Vegetable oil, which acts as a substrate for microbes and an organic solvent for Pickering emulsions during the growth process, affected the structures of Pickering emulsions. During two-phase microbial transformation of water-soybean oil, the accumulation of AD and ADD has a greater role. As a result,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

increasing the volume of soybean oil from 5 to 15 ml led to an increase in the volume of the emulsion phase... With further increases in the volume of oil , all water-soybean oil the biphasic system is completely emulsified and no more water phase is recorded [1].

From the analysis of the data, it is clear that there are microorganisms capable of degrading low concentrations of the drug. Also, most of the described fungi used in the biodegradation processes of diclofenac, in fact, only lead to the formation of hydroxylated derivatives of this compound without disturbing the aromatic structure. Those products tend to have more toxic concentrations than the parent compound. Therefore, to solve the problem of environmental contamination with diclofenac, it is required to investigate the microorganisms that can completely degrade diclofenac [2].

Composting is one of the more environmentally friendly and cost-effective processes compared to recycling or incineration. Specific microorganisms such as Caulobacteraceae, Comamonadaceae, Pseudomonaceae, Streptomycetaceae, Erythrobacteraceae and Enterobacteriaceae and enzymes such as N-acetyl-β-glucosaminidase, esterase, acidogospase, alcophospase and enzymes. participates in hydrolases and has a special role in the degradation of bioplastics and microbial decomposition. In particular, enzymatic degradation has begun to be considered as a means of minimizing environmental pollution. application of bioplastics during microbiological degradation, especially microbial enzymatic catalysis, has been highlighted as a means of reducing the amount of environmental pollution [3].

CONCLUSIONS

We can say that biocatalysis has many attractive features for industrial-scale environmental and enantioselective synthesis. Since enzymes are obtained from renewable materials and have the property of biodegradation, it is possible to increase the fields of application and service areas in ecological transformations. Reactions are carried out in water and with high (enantio) selectivity, without the need for steps such as protection and activation. However, for commercial viability, it is often considered necessary to immobilize the enzyme in synthesis to improve stability and facilitate recovery and reuse proccesses. It has been determined that biocatalyst transformations have a promising role in increasing the application areas and solving certain problems in ecology.

REFERENCES

1.Liu, X.-J.; Ma, B.-D.; Wu, X.-M.; Xu, Y.(2023) Highly Efficient Biosynthesis of Nicotinic Acid by Immobilized Whole Cells of E. Coli Expressing Nitrilase in Semi-Continuous Packed-Bed Bioreactor. Catalysts, 13, 371.

2.Wojcieszy´nska, D.; Łagoda, K.; Guzik, U.(2023) Diclofenac Biodegradation by Microorganisms and with Immobilised Systems—A Review. Catalysts , 13, 412.

3. Ahsan, W.A.; Hussain, A.; Lin, C.; Nguyen, M.K.(2023) Biodegradation of Different Types of Bioplastics through Composting—A Recent Trend in Green Recycling. Catalysts, 13, 294.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

NUMERICAL INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF THE BIODIESELS PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES ON THE PERFORMANCE OF AN ICE

Abdelkader Bendriss[1,2,*] , Mustafa Moussaoui[1,2], Antar Tahiri[1,2]

[*1]Djelfa University, Faculty of Science and Technology, Mechanical Engineering Department, Djelfa, Algeria.
[2]Mechanics and Materials Development Laboratory, University of Djelfa 17000 DZ, Algeria.

ABSTRACT

Numerical modeling of reactive flows has received considerable attention during the last decades. Varieties of models describing the multiple processes that occur in combustion have been developed. In the context of multidimensional combustion modeling, the use of a CFD calculation code represents a good approach to understanding and predicting the phenomena-taking place inside the combustion chamber of an internal combustion engine. The essential privilege of using these codes, to reduce costs and study times, in addition we can digitally modify the geometry of the engine (cylinder-piston) or the conditions of use (injection angle, quantity injected , physicochemical properties, etc.) of the fuel. To this end, the objective of the study is to carry out numerical investigations on the influence of fuel properties such as (density, viscosity, and calorific value), on the performance and polluting emissions of an internal combustion engine. The different results found make it possible to analyze on an intra-cycle scale the mechanical and energy performances (heat rate released and gas temperature), as well as the different polluting emissions (NO_X, CO_2, CO, HC, PM). After setting the pressure signal for the biodiesel measured and simulated. The results obtained show that, the density of biodiesels has a negative influence on performance and a positive influence on polluting emissions, this is due to the richness of the air-fuel mixture. In addition, if the viscosity of biodiesels increases this has a negative influence on performance, which favors the formation of polluting emissions. While, the calorific value of biodiesels has a positive influence on engine performance and a negative influence on polluting emissions.

Keywords: performance, polluting emissions, physicochemical properties, ICE.

1. INTRODUCTION

The inventor of the compression ignition engine, Rudolf Diesel, was driven by the desire to replace the coal-burning steam engine with an engine with higher efficiency and reduced emissions. In addition, the will of the legislator in terms of respect for the environment has greatly increased over the last fifteen years, in particular with the introduction of ASTM and EN standards norms.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The objective is to explain the operation of an internal combustion engine and to give an overview of how to model and analyze the performance of this engine, when it is powered by biodiesels, as well as the influence of the physical and chemical properties of biodiesel on engine performance. An internal combustion engine is defined as an engine in which the fuel injected inside the engine is transformed directly for mechanical work, device that provides mechanical energy by converting the thermal energy released by combustion [1, 2].

A variety of models have been developed that describe the various processes involved in combustion, as well as a variety of numerical methods needed to solve the system of fundamental equations. Advances in computer tools have also made it possible to simulate these complex phenomena [3-8].

2. MATERIALS AND METHODS

Simulation of the combustion chamber of an ICE is one of the means used to understand the different phenomena that occur during the combustion phase. In the present study, a LISTER PETTER TS1 series engine was simulated.

The LISTER PETTER TS1 series engine is a single-cylinder diesel engine, compression ignition and direct injection, the piston of this engine has a U-shaped cylindrical bowl offset (with ±6.59mm) from the axis of the cylinder. The geometric characteristics of the engine are shown in Table 1. Figure 1 shows a combustion chamber simulation with two configurations, a. the piston is at TDC; b. the piston is in BDC.

Table 1. Test engine specification.

LISTER PETTER – TS1 Series	
General information	4-stroke, naturally aspirated
Number of cylinders	1
Cooling system	Air cooled
Stroke	88.9 mm
Bore	95.5 mm
Connecting rod length	165,3 mm
Compression ratio	18: 1
Maximum power	4,5 kW à 1500 tr/min
Swept volume	630 cm^3
Injection advance	13° crankshaft before TDC
Injection pressure	250 bars

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

a. C.C. with piston at Top Dead Center b. CC with piston at Bottom Dead Cente

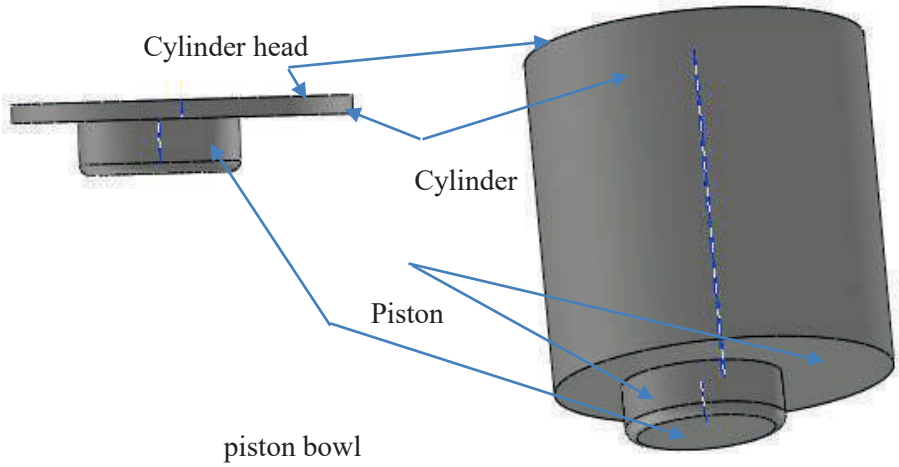


Figure 1. Simulation of the combustion chamber (CC)

Mesh generation is a very important phase in a CFD analysis, given its influence on the calculated solution, in terms of precision and calculation time. Figure 4.4 shows two views of the combustion chamber, a. it is the mesh of CC and b. this is the mesh with support for the different zones (cylinder head: 54 Node, cylinder: 108 Node and piston: 1346 Node), as well as the position of the injector.

3. SİMULATİON RESULTS

In this study, we present a series of results from the digital simulation of combustion in a LISTER PETTER type ICE, carried out using a CFD. The used version of the code exploits the characteristic time combustion (CTC) model. To validate the numerical results we refer to the setting of the pressure curve as a function of the crankshaft angle, this measurement was obtained experimentally from the combustion of diesel at full load. Subsequently, we will present the numerical results of the simulation with interpretations of the results.

Table 2. Physicochemical properties of the five simulated biodiesels [9,10]

	Corn	Micro algae	Coconut	Castor	Pork
Density	882.2	912	870.8	917.6	873
Dynamic viscosity	3.81e-03	3.096 e-03	2.42 e-03	13.32355 e-03	4.26897 e-03
LHV	3.86 e+07	3.74 e+07	3.59 e+07	3.76 e+07	3.69 e+07

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.1 The influence of physicochemical properties on engine performance

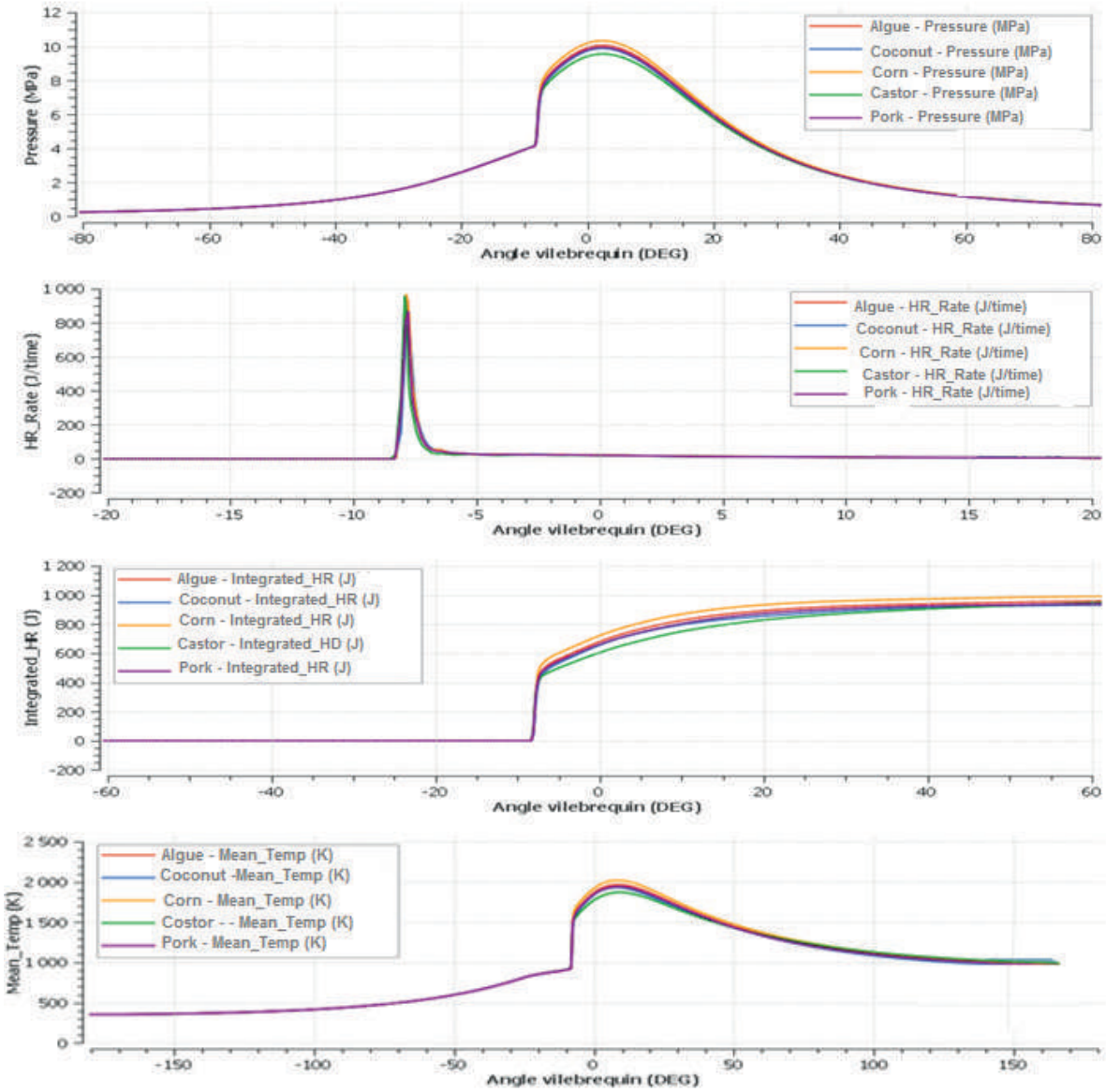


Figure 2. The influence of physicochemical properties on engine performance

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

3.2 The influence of physicochemical properties on pollutant emissions

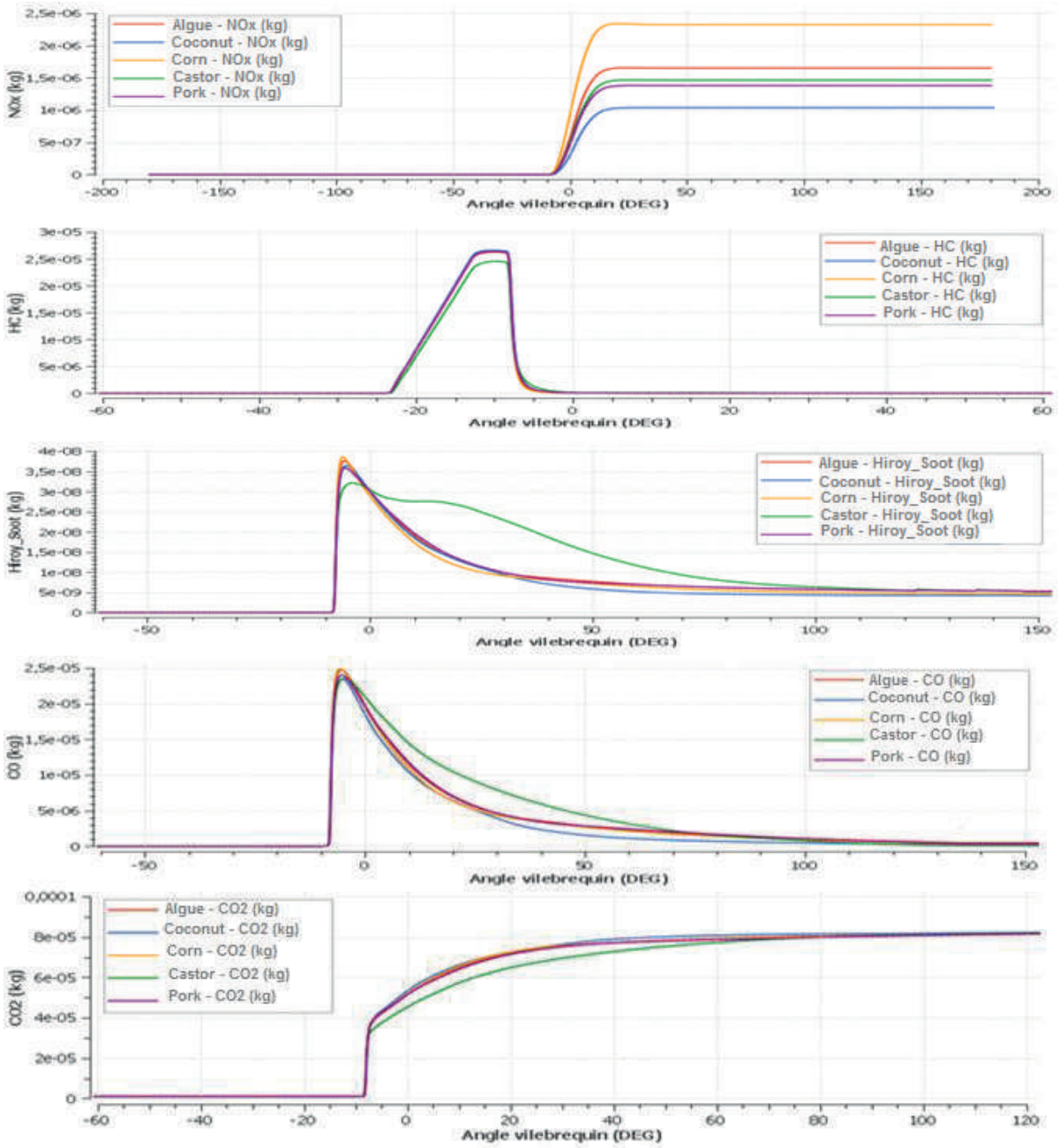


Figure 3. The influence of physicochemical properties on pollutant emissions

DISCUSSION

Figure 2. represents the evolution of the pressure and the temperature according to the angle of the crankshaft. We note in the figure the evolution of the cylindrical pressure and the average temperature according to the crankshaft whose pressure value is higher 10.3473 MPa, the highest temperature value is 2021.36 K, both displayed in yellow, the lowest pressure value is 9.56991 MPa, and the lowest temperature value is 1872, 81 K, both displayed in green. It is said that the higher the pressure, the higher the temperature.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

In the figure 1. we can see, also that the heat release rate (HR_RATE) and the cumulative heat release evolution (Integrated_HR) at the crankshaft. It is said that the higher the temperature, the faster the HR-RATE heat release and its peak is high and directly proportional to the heat integration. Note the highest heat release value of 922.62 J/time shown in green, and the highest heat integration value of 992.53 J, shown in yellow. The lowest heat release value of 648.022 J/time is shown in blue. The lowest cumulative heat release value is 932.97 J shown in blue.

Figure 3. shows the evolution of NO_X emissions as a function of crankshaft angle. From the figure, it can be seen that the lower the speed, the higher the emissions of NO_X, recording the highest value of $2.32616 * 10^{-6}$ (kg) as shown in YELLOW. Additionally, if the speed is high, the emissions of NO_X decrease, since the lowest value is recorded as $1.03894 * 10^{-6}$ (kg) as shown in blue, and since the average value is $1.38123* 10^{-6}$ (kg) is recorded for NO_X Nitrogen Nitrogen appears in Purple. The relationship we infer is a negative relationship between diet and NO_X emissions.

Figure 2. shows also, the evolution of unburned hydrocarbon HC emissions as a function of crankshaft angle. We observe the highest value of HC which is $2.66331*10^{-5}$ (kg) as shown in blue. The lowest value of HC is $2.45564*10^{-5}$ (kg) as shown in green, and this is due to ignition delay, so we recorded large values, and finally we noticed a collapse in the HC value, and this is due to the mixing of hydrogen with oxygen, thereby reducing the HC value.

The evolution of PM (soot) emissions in crankshaft functions (figure2). PM emissions reach the maximum level around 3 degrees after TDC at the end of the pre-mixing phase, and then they decrease for the diffuse and late phases of combustion. However, the temperature of the combustion chamber is quite high in the diffusive combustion phase; it will support the oxidation of soot and reduce all emissions and mainly PM.

Figure 2. shows the evolution of CO (carbon monoxide) emissions as a function of crankshaft angle. From the figure, we initially notice an increase in carbon monoxide CO emissions, where we recorded the highest value of $2.49255 * 10^{-5}$ (kg) for CO as shown in yellow, carbon monoxide emissions decreased and we recorded the lowest value of $2.3157 * 10^{-5}$ (kg) as shown in green. At the final stage, we see a stabilization of CO emissions. The evolution of carbon dioxide emissions (CO_2) as a function of crankshaft angle. We notice the highest recorded value $8.21393* 10^{-5}$ (kg), shown in blue, and the lowest recorded value $8.15641* 10^{-5}$ (kg) shown in Purple. The relationship we derive from the graph, the higher the engine speed, the lower the (CO_2) emissions.

CONCLUSION

The results show that there are positive and negative correlations between the physicochemical properties and the engine responses according to the property:

For biodiesel density, if the density increases the performance decreases, this can be explained by the poor richness of the air-fuel mixture. Furthermore, as the fuel injection pump is a positive

displacement pump, if the density increases we have a significant mass of fuel injected into the combustion chamber, this has a negative influence on combustion due to the poverty of the air-fuel mixture in oxygen, which generates high polluting emissions compared to fuel which has a lower density.

In place of biodiesel viscosity, if the viscosity increases this can generate lower performance, explanation given for these results, as the fuel is injected into the combustion chamber in the form of droplets, so if the viscosity increases the diameter of the injected droplet increases is this negatively influences intermolecular interference of air and fuel droplets. For emissions, if the viscosity increases we have poor combustion and this increases pollutant emissions.

In lieu of the biodiesel calorific value, if the LHV increases, the fuel generates significant energy in the combustion phase and this will increase the performance of the engine in terms of cylindrical pressure; combustion temperature and heat release rate. For the emissions of each time the temperature of the combustion chamber increases, the emissions NO_X increase and the other emissions (PM, HC CO, CO_2) decrease, the explanation given for these results, the high temperature of the combustion chamber promotes good combustion of the air-fuel mixture that generates lower pollutant emissions.

REFERENCES

[1] J.B. Heywood, «Internal combustion engine fundamentals», Ed: Mc Graw Hill, 1988.

[2] Moteurs à combustion interne :Applied Thermosciences, troisième édition. Colin R. Ferguson et Allan T. Kirkpatrick. 2016 John Wiley & Sons Ltd. Publié en 2016 par John Wiley & Sons Ltd.

[3] K.J. Richards, P.K. Senecal, and E. Pomraning, «A Three-Dimensional Computational Fluid Dynamics Program for Transient or Steady State Flows with Complex Geometries »,CONVERGE (Version 1.3), Convergent Science, Inc, Middleton,WI. (2008).

[4]K.J. Richards, P.K. Senecal, and E. Pomraning, «A Three-Dimensional Computational, Fluid Dynamics Program for Transient or Steady State Flow with Complex Geometries », CONVERGE (Version 1.4.1), Convergent Science, Inc., Middleton, WI. (2012).

[5] P. Belardini and C. Bertoli « Multi - Dimensional Modeling of Combustion and Polluants Formation of New Technology Light Duty Diesel Engines » , Rev. IFP , Vol.54 , 1999.

[6] P. Belardini1 and C. Bertoli, «Multi-Dimensional Modeling of Combustion and Pollutants Formation of New Technology Light Duty Diesel Engines », Oil & Gas Science and Technology- Rev. IFP, Vol. 54, No. 2, pp. 251-257, 1999

[7] J.Xin, D. T.Montgomery, Z.Han, and R. D.Reitz, «Computer Modeling of the Six Mode Emissions Test Cycle of a DI Diesel Engine », Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 119, p. 683, 1997.

[8] D. Jung and D. N. Assanis, « Multi-zone Diesel spray combustion model for cycle simulation studies of engine performance and emissions », SAE paper 2001-01-1246, 2001.

[9] Rachan Karmakar et al. Fuel properties and emission characteristics of biodiesel produced from unused algae grown in India. Petroleum Science 2017; s12182-017-0209-7.

[10] Giakoumis EG, A statistical investigation of biodiesel physical and chemical properties, and their correlation with the degree of unsaturation. Renewable Energy 2012; 07.040.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

STUDY AND ANALYSIS OF COMMON VULNERABILITIES AND EXPOSURES (CVE) IN COMPUTER SYSTEMS AND AFFECTED PRODUCTS

Aldo Cani[1*], Aurora Simoni[2]

[*1] The Directorate of Information Technology, Special Prosecution Office against Corruption and Organized Crime, Tirana, Albania

[2] University of Tirana, Faculty of Natural Sciences, Department of Applied Mathematics, Tirana, Albania

ABSTRACT

In this study, we will perform an in-depth analysis of the impact of security vulnerabilities in computer systems, which have been identified through the Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) registry. We aim to take a look at the distribution of CVE vulnerabilities and then identify the products and manufacturers most affected by these vulnerabilities.

Through the evaluation and processing of data obtained from datasets and various open source sources, we have performed a detailed analysis of cases of security vulnerabilities and their impact on computer systems.

We will also try to find out the dependencies between the number of CVEs and the types of products that are affected, getting a clearer idea, which will serve us later to give suggestions to the users of these products and categories of products that are more susceptible to certain types of cyber attacks. Also, during this study, we will analyze if there are cases where some producers are more affected than others, so this also shows the need for these producers to focus more on increasing the level of safety to meet the standards.

This study also provides an overview of the current challenges in managing security vulnerabilities and provides appropriate recommendations for improvement and resilience against cyber attacks.

Keywords: Common Vulnerabilities and Exposures (CVE), Cyber Security, Cyber Attack

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

APPLICATION OF TALENS COMBINED WITH NANOTECHNOLOGY FOR GENE EDITING IN CANCER CELLS

Hasanova Susan Elvin

Bachelor,Biotechnology
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Keywords; TALENs, genome editing, nanotechnology, cancer, metastasis, chemotherapy

Abstract

For the XXI century, the treatment of diseases with the use of gene editing technologies is promising. Here is the accuracy that TALENs gave us during his genome editing, etc. it is widely applied for its advantages such as: TALENs is a technology to interfere with the nucleotide sequence in the gene with the introduction of protein. The application of gene editing in cancer cells has been started to eliminate the suffering in people suffering from cancer. The application technology of TALENs combined with nanotechnology for nucleotide sequences in the genes of cancer cells makes it possible to change the genetic structures of cancer cells and control the growth of tumor cells with identified genes. The ways of applying these technologies to reduce the rate of chemotherapy and prevent metastasis are constantly being investigated and research is being carried out in this direction. The last stage in the course of cancer is the stage of metastasis, in which cells spread to other tissues and organs. Prevention of metastasis is an important issue for treating the disease. In this case, the study of the mechanism of metastasis, blocking of cellular signals, strengthening of the immune system, Prevention of angiogenesis are important and likely ways to slow down or even stop metastasis. The degree of chemotherapy is an issue that can pose a threat to human health.Since toxic substances are used, healthy cells can also see damage. Therefore, targeted delivery of medicinal substances through TALENs to cells and reduced resistance of cancer cells to chemotherapy are among the possible ways.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COBCLAY BRICKS PRODUCTION

[1, 2]Akinde Toyin Emmanuel*, [1]Raji Ilyas Olaniyi and [3]Adedapo Sunday Eyinade

[1] Department of Fine and Applied Arts, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomoso, Nigeria
[2] Department of Creative Arts (Visual Arts), University of Lagos, Akoka, Nigeria.
[3]Department of Fine and Applied Arts, Emmanuel Alayande College of Education, Oyo, Nigeria

Abstract

Composite or clay body formulation is by no means vital in brick productions. Over the years, diverse forms of bodies have emerged, often with the singular purpose of satisfying specific or peculiar brick specifications. These peculiarities ranges from colour to weight, often composed from any of kaolin, ball clay, fire clay, stoneware clay, earthenware clays mixed with fiber or any reinforcement composite and water. Of concern to this study is lightweight brick production, derived from Cobclay, a cementitious combination of cob, clays and water. The methodology adopted is studio experimentation, involving body composition, mould construction, form casting, cast drying and firing. The Cobclay composites are aggregated from Igbon adobe, Titibi kaolin and granulated Odo-Oba maize cob at ratios 10: 0: 0, 9: 1: 0, 8: 2: 0, 7: 2: 1, 5: 2: 3, 3: 3: 4, 3: 2: 5, 2: 3: 5, 1: 2: 7 as control and replicates respectively. These cemetitious composites were flocculated and kneaded with required amount of water and subsequently casted into green bricks from MBF mould of 8 x 4 x 3 inches. The bricks were sun dried above 100°C and fired to 950°C. The results compared with control attests Cobclay composite or body viability for brick productions. The study no doubt, novel, it finding when fully operational will go a long way in alleviating the built sector brick deficit, particularly in Nigeria and the globe in extension. Interestingly, such production or synthesis is in tandem with the United Nation's Sustainable Development Goals.

Keywords: Cobclay, reinforcement composites, bricks, light weight brick, Nigeria.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AN AUTHOR-CENTRIC FRAMEWORK FOR ERROR MINIMIZATION IN SCHOLARLY RECOMMENDER SYSTEM

A.H. Zaharaddeen[1], Nura Mukhtar[2]

[1 2] Department of computer science, Faculty of Natural and Applied Science, Umaru Musa Yaradua University Katsina (UMYU), Nigeria.

[2] Department of computer science, Faculty of Natural and Applied Science, Umaru Musa Yaradua University Katsina (UMYU), Nigeria.

ABSTRACT

In the current landscape of computational innovations, the internet hosts a vast repository of publications sourced from various channels. Consequently, researchers encounter unprecedented challenges in identifying publications relevant to their research interests. Navigating through the multitude of options provided by search engines is not only impractical but also prone to selection errors – termed ***Recommendation Error (RE)***. These experiences underscore the need for novel research avenues. Previous studies have proposed numerous recommendation frameworks exclusively for scientific paper recommendations. However, many of these approaches have been plagued by RE, thereby compromising the integrity of recommendation systems. Recommendation Errors typically arise from underutilization of key features in the recommendation process. To mitigate Recommendation Errors, this study leverages publicly available metadata features, including Title, Abstract, Author(s), and keywords. Feature vectors for each candidate paper (CP) and the paper of interest (POI) are computed using CountVectorizer, and cosine similarity formula is employed to identify similar papers suitable for recommendations. The effectiveness of the proposed framework is evaluated using Error evaluation metrics such as Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Square Error (RMSE). Finally, the proposed Framework is compared against two previous Baseline approaches. The evaluation results demonstrate that the proposed approach exhibits lower Recommendation Errors compared to its baseline counterparts. Additionally, this research highlights the Author(s) feature as the most influential among the four features utilized by the Proposed Framework.

Keywords: Recommendation Error, MAE, RMSE, Scholarly Recommender Systems, Computational Innovations, Search Engine Optimization, Content-Based Recommendations, Metadata Analysis, Cosine Similarity, Error Minimization, Research Interest Relevance, Scientific Paper Selection, Academic Publication Retrieval.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EVALUATION OF SUSTAINABLE COMPOSITES OF SUGARCANE BAGASSE WITH MIXED ALGAE-SOY PROTEIN BINDERS

Oni Olatunji

Institution: University of Louisiana at Lafayette
Department: Department of Chemical Engineering

Abstract

The development of new sustainably-sourced adhesives is essential in order to displace conventional particleboard adhesives which are petroleum-based. These conventional adhesives also formaldehyde and other toxic, volatile compounds. As a proposed sustainable composite material, particleboards prepared from bagasse, spirulina algae, soybean, and sodium hydroxide were fabricated. Statistical significance of the modulus of elasticity, modulus of rupture, yield stress, flow behavior index, lap shear strength, and internal bond strength on the algae content and denaturation time was determined. The algae content has a significant impact on the lap shear strength, yield stress, flow behavior index, internal bond strength, and modulus of rupture but the same was not applicable for the secant and tangent modulus of elasticity. The denaturation time has a significant impact on the flow behavior index but the same was not applicable for the yield stress, internal bond strength, and lap shear test. We meet the minimum requirement set by ANSI/A208.1-1999 for general-use particleboards for the modulus of elasticity and modulus of rupture but the same was not applicable for the internal bond strength.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

GREEN LOGISTICS PRACTICES: INTEGRATING RENEWABLE ENERGY AND SUSTAINABLE TRANSPORTATION ACROSS SUPPLY CHAINS

Moazam Niaz

Wichita State University, United States of America

Abstract

The adoption of green logistics techniques has the potential to completely transform supply chain management in a world where environmental sustainability is a must. To encourage a peaceful coexistence between trade and the ecosystem, this study focuses on the dynamic synergy between renewable energy sources and sustainable transportation methods within supply chains. The study looks into the various facets of "Green Logistics Practices: Integrating Renewable Energy and Sustainable Transportation in Supply Chains." Examining the viability, advantages, and difficulties of integrating renewable energy options and environmentally friendly transportation modes in supply chain operations is the main goal of this research. We can use electric or hybrid vehicles, bicycles, or even sustainable transportation options like trains and ships for longer distances. Hydro treated Vegetable Oil (HVO) is also good option for green logistics. This integration aims to improve the ecological integrity of logistics networks while simultaneously fostering cost savings and operational efficiencies by lowering the carbon footprint and eliminating reliance on non-renewable resources. This study analyzes the current frameworks, technologies, and best practices related to green logistics through a thorough examination of the literature. The study evaluates the concrete effects of adopting renewable energy on transportation networks, including emissions reduction, energy savings, and resilience against fluctuating fuel prices. It does this by using real-world case studies and quantitative analysis. The results of this study are of utmost significance for both academia and business. The study provides information to supply chain professionals, legislators, and environmental advocates looking to implement eco-friendly logistics solutions by revealing the possible alignment between sustainable practices and economic growth. "Green Logistics Practices: Integrating Renewable Energy and Sustainable Transportation in Supply Chains" represents a trailblazing avenue for fusing environmental stewardship and operational excellence. Additionally, this research emphasizes the need for collaboration and innovation in the face of logistical challenges, propelling discussions on novel methodologies and cross-sector partnerships. This research creates a greater knowledge of the potential for sustainable logistics to transform the future of supply chain management by diving into the complex web of logistics networks and environmental dynamics.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BEST PRACTICES FOR REDUCING AFLATOXIN CONTAMINATION IN PEANUT PROCESSING

MISS. MOKHTARI NARJISSE

University Abdelmalek Essaadi, faculty of sciences and technology of Tangier.
Laboratory of physical chemistry of materials, natural substances and environment, Old Airport Road Km 10 Ziaten. PO Boxe: 416. Tangier – Morocco.

Abstract :

Aflatoxins are toxic secondary metabolites produced by fungi in the genus Aspergillus, including A. flavus, A. parasiticus, and A. nomius. These fungi grow naturally on food products, and the aflatoxins they produce cause a variety of toxic effects in vertebrates, including humans. Aflatoxin contamination of peanuts and peanut-based products is a significant concern because it is associated with carcinogenicity and toxicity.

In-site investigations have shown that the lack of good agricultural, hygiene, and manufacturing practices is mainly responsible for high levels of aflatoxins. The study aimed to investigate the effectiveness of good agricultural, hygiene, and manufacturing practices in minimizing aflatoxin contamination of peanuts and peanut-based products. The study found that the implementation of these practices can significantly reduce aflatoxin contamination throughout the peanut processing chain. The following are some of the effective approaches for minimizing aflatoxin contamination: Managing official controls of good hygiene practices and prevention of aflatoxin contamination, awareness creation and education on good agricultural practices to reduce aflatoxin contamination, improvements in the peanut production chain, including the adoption of Good Agricultural Practices (GAPs) and proper drying and shelling methods, sampling and testing peanuts and peanut-based products for aflatoxin, moisture, grade, and microbiological testing to prevent contamination, compliance with global aflatoxin legislation and regulations for peanuts and peanut products, use of resistant peanut varieties, timely irrigation and fertilization practices, monitoring and controlling pests and diseases, proper cleaning and sanitation practices.

By implementing these best practices, peanut processors can minimize the risk of aflatoxin contamination and ensure the safety and quality of their products.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CHITIN AND CHITOSAN PRODUCTION FROM LOCAL SQUID PEN

Yousra Mdarhri[1*], Mohamed Chabbi[1], Fakhita Touhami[2], Ahmed Touhami[3]

[*1]Abdelmalek Essaadi University, Faculty of Science and Technology, Department of Chemistry, Tangier, Morocco.
[2]Abdelmalek Essaadi University, National School of Applied Sciences, Information and Communication Systems Department, Tangier, Morocco.
[3]University of Texas Rio Grande Valley, College of Sciences, Department of Physics & Astronomy, Edinburg, United States of America.

ABSTRACT

Moroccan industrial fish processing waste significantly contributes to pollution. Nevertheless, it holds a substantial content of chitin—a well-known versatile biopolymer. This study explores an efficient extraction method for obtaining chitin and chitosan from local squid waste, employing various characterization techniques to evaluate their structural and physicochemical properties. Chitin was extracted from squid pens through a two-step process involving the removal of minerals and proteins, while chitosan was derived via chitin deacetylation. X-ray Diffraction unveiled the crystalline natures of chitin and chitosan, complemented by Scanning Electron Microscopy that illustrated their distinct morphological features. Potentiometric Titration quantified chitin's conversion into chitosan. Hygroscopy and water absorption studies provided insights into their water interaction behavior, vital for potential applications in biomedicine and packaging. This research underscores squid pens potential as a valuable source of chitin and chitosan, while offering a comprehensive characterization, thereby contributing to waste reduction and sustainable resource utilization in Morocco.

Keywords: Waste management, Chitin, Chitosan, Sustainable materials.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ASSESSMENT ON THE IMPLEMENTATION OF SECTION 59 OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY REFORM ACT OF 2001 TOWARDS POLICY ENHANCEMENT

Ermin C. Revilleza,

Department of Energy, Taguig City, Philippines

ABSTRACT

Electrification has been one of the Philippine Government's major priorities since electricity access is a main component to attain economic development and improve living standards. Having electricity provides lighting for educational activities, access to life information, and entertainment, especially in the countryside and remote areas. Electricity also provides opportunities for income-generating activities which can lead to commercial development and social growth. Hence, the government made significant investments on several electrification reforms and programs to achieve its long-term developmental goals. To attain wide-scale electricity access, rural electrification is pursued by the government, especially in remote rural areas which have contributed to the high poverty incidence in the country. Further, the geographic characteristics of the country have been a challenge to bring electricity to the remote rural areas requiring greater initiatives from the government. Through Republic Act No. 9136, or the Electric Power Industry Reform Act of 2001 (EPIRA), public-private partnership is promoted to encourage private sector investment in rural electrification and is further supplemented under EPIRA's Section 59 allowing electric services by alternative service providers, or Qualified Third Parties (QTPs), in remote and unviable areas, a key component for electricity access and economic growth. However, since the issuance of the necessary policies, the QTP Program has achieved little progress and minor contributions to the country's electrification efforts which aim to achieve 100% household level electrification. This study is an assessment on the implementation of Section 59 of the EPIRA towards policy enhancement to increase private sector investment in providing electric services to more households in the remote and unviable areas. Further, this study aims to contribute to the field of public administration and to the research agenda of the Polytechnic University of the Philippines (PUP) aimed at social development for inclusive national growth.

Keywords: Rural electrification, private sector investment, economic development, poverty, geographic challenge, public administration, research

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

DETERMINATION OF COLIFORM BACTERIA IN MEAT PRODUCTS MARKETED IN KOSOVO

Endrit Hasani[1,2,*], Afrim Hamidi[1]

[1] University of Prishtina, Faculty of Agriculture and Veterinary, Department of Food Technology with Biotechnology
[2] Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science, Department of Animal Products and Food Preservation Technology

ABSTRACT

Due to their high nutritional value, meat products can be prone to deterioration as a result of microbial growth ranging from spoilage to pathogenic microorganisms. Coliform bacteria present a suitable indicator of meat bacterial contamination such as fecal bacteria. The present study aimed to investigate the microbiological stability of meat products marketed in Kosovo through monitoring coliform bacteria. For this, 40 meat samples from five different cities of Kosovo have been analyzed for total coliform bacteria. According to our results, 82.5 % of the analyzed meat samples resulted to be contaminated by coliform bacteria, from which 2 samples were non-countable. The mean coliform colonies from all the analyzed meat samples were approximately 8.5×10^3 CFU/g. The most contaminated meat products with coliforms resulted to be meatballs and beefburger. Meanwhile less contaminated meat products with coliforms were minced meat and sausages. Around 20 % of all analyzed samples had higher than 4 log CFU/g total coliform bacteria which present a risk for the microbiological safety of meat products. Therefore, it is recommended that the National Authority of Food Safety in Kosovo must conduct continuous microbiological assessments and take strict monitoring on hygienic practices of production processes of meat products.

Keywords: coliform, meatballs, fecal bacteria, beefburger.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COMBINED EFFECT OF SOUS VIDE AND FROZEN STORAGE ON TEXTURE ATTRIBUTES OF CHICKEN BREAST

Endrit Hasani[1,2,*], Livia Darnay[3], István Dalmadi[1], György Kenesei[1]

[1]Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Food Science, Department of Animal Products and Food Preservation Technology
[2] University of Prishtina, Faculty of Agriculture and Veterinary, Department of Food Technology with Biotechnology
[3]Department of Food Hygiene, University of Veterinary Medicine Budapest, István u.2., 1078 Budapest, Hungary

ABSTRACT

Minimal processing technologies such as sous vide treatment have been shown to be very effective in improving the quality properties of meat such as water holding capacity and texture. Depending on the sous vide parameters, these products must be maintained at strictly controlled refrigerated temperatures or at frozen storage. The present study is focused on examining the combined effect of one step or two step sous vide and frozen storage on texture attributes of chicken breast. According to our study, frozen storage at -20 °C had significantly decreased the shear force values on all the studied sous vide chicken breast ($P < 0.05$). Botinestean et. al. (2016) reported a positive effect of freezing on lowering the shear force values of sous vide cooked beef steaks. Two-step sous vide cooked chicken breast remained tender than one-step sous vide ones having significantly lower shear force values even after 21 days of frozen storage at -20 °C ($P < 0.05$). Hardness, gumminess and chewiness values of sous vide cooked chicken breast were significantly reduced after frozen storage at -20 °C ($P < 0.05$). Similarly, previous studies have reported that freezing technology can improve the texture attributes of sous vide cooked meat mainly shear force, hardness and chewiness (Botinestean et. al. 2016; Ji et. al. 2019). In conclusion, frozen sous vide treated chicken breast had improved texture attributes which may have a positive effect on increasing meat consumption among elderly consumers.

Keywords: frozen storage, texture, chewiness, sous vide, chicken breast.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EUROPEAN YEW *(TAXUS BACCATA)*: AN IN-DEPTH STUDY ON ITS ENVIRONMENTAL IMPACT, FORESTATION, AND INDUSTRIAL SIGNIFICANCE

Dr. Associate Professor Ulviyya Mammadova

Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Institute of Soil Science and Agrochemistry
Azerbaijan, Baku, AZ1073, Mammad Rahim 5
Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic, Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Quba-Xaçmaz chaussée
https://orcid.org/0000-0003-4887-3831

ABSTRACT

An in-depth study of European yew (Taxus baccata) focuses on a detailed review of the plant's environmental impact, afforestation potential and industrial importance. The objective of an in-depth study on the bush tree is to understand and evaluate the environmental impact, afforestation potential and industrial importance of this plant in Shamakhi region, Azerbaijan. Among the elements that make up the material of the research, there are samples taken from the populations of the studied yew in the Shamakhi region, data on the climate and soil characteristics of the region, and documents on industrial applications. These data will allow us to evaluate the ecological role, afforestation potential and industrial use of yew in this particular region from a wider perspective. The results and discussion of an in-depth study on yew (Taxus baccata) in Shamakhi region, Azerbaijan, provides important information on the plant's environmental impact, afforestation potential, and industrial importance. The results of the research deal in detail with the distribution, growth conditions, and ecological effects of the yew bush tree species in the research object. These results provide a valuable contribution to understanding the potential impacts on the ecosystem in the region and developing sustainable forest management strategies. In addition, the discussion on industrial use potential and economic importance emphasizes the value of bush tree for the regional economy and forest industry. As a result of an in-depth study on European yew (Taxus baccata) conducted in Shamakhi region, Azerbaijan, findings on the environmental impact, afforestation potential and industrial importance of this plant emphasize that it is a resource of critical importance for the region's biodiversity, economic sustainability and forest management.

Keywords: biodiversity, ecosystem, sustainable forest management, natural resources

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CULTIVATION OF PAULOWNIA *(PAULÓWNIA)* IN THE AZERBAIJANI CLIMATE CONDITION: POTENTIAL AND PERSPECTIVES

Dr. Associate Professor Ilham Garagurbanli[1], Dr. Sevil Suleymanova[2]

Agriculture Ministry of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement
ORCIDE ID: https://orcid.org/0000-0003-1333-5857[1]
ORCIDE ID: ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3130-443X[2]

Abstract

This scientific paper examines the potential and prospects for the cultivation of Paulownia *(Paulównia)* in the climatic and soil conditions of Azerbaijan. The compatibility of the current studied plant with these conditions and the assessment of its potential in the territory of Azerbaijan are analyzed in detail. Also, the economic and ecological benefits of Paulownia *(Paulównia)* cultivation are highlighted. The study points out that there is a serious potential in the cultivation of plant being researched for Azerbaijan climate condition and the importance of specifying the impact on the industry and ecosystem in this area. These perspectives can be the innovative source of Azerbaijan in plant breeding and industrial development. In addition, the growing of the Paulownia *(Paulównia)* plant in the climate of Azerbaijan provides the study of the impact on the environment in the soil. The compatibility of the territory and climatic conditions of Azerbaijan is a strong basis for the development of this plant species in the relevant areas. Finally, this study highlights the diversification opportunities and industrial potential in Azerbaijan's rapidly growing agricultural sector.

Keywords: Solar radiation, wind speed, precipitations, humidity, paulownia

Introduction

The Paulownia tree is a plant species typically native to East Asia and Southeast Asia, primarily found growing naturally in China, Korea, and Japan. It is locally abundant in these regions and holds significant cultural and economic importance. All the trees serve as integral components of local flora and ecosystems, contributing to the preservation of regional biodiversity. The native habitat of this plant underscores its cultural and historical significance, defining it as a valuable element of biological diversity. Paulownia trees are widely used in various fields such as furniture production, wood veneer, musical instrument making, engineering materials and paper industry. At the same time, they are used in biofuel production, erosion control, beekeeping and land rehabilitation. They are preferred in various industries especially due to their fast growth characteristics and light weight.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The improvement of the environmental situation in general is associated with the restoration and creation of new forests. Forests play a huge role in protecting soil, water and mudflows. The involvement of plants of interest for timber production in industrial culture is of great importance for the national economy. Today, the main threat to forests comes from the local population. The population's needs for firewood and building materials are growing every year: it has been revealed that one family uses about 5–10 m^3 wood per year for heating and cooking. To solve this issue, it is necessary to create special forest plantations for firewood, mainly near populated areas, thereby mitigating the pressure on natural forests and minimizing illegal logging. In this regard, the development of a scientifically based set of measures for the creation of industrial plantations of fast-growing species, in particular *Paulownia Tomentosa*, in places where unused agricultural land is subject to erosion processes, is an urgent problem.

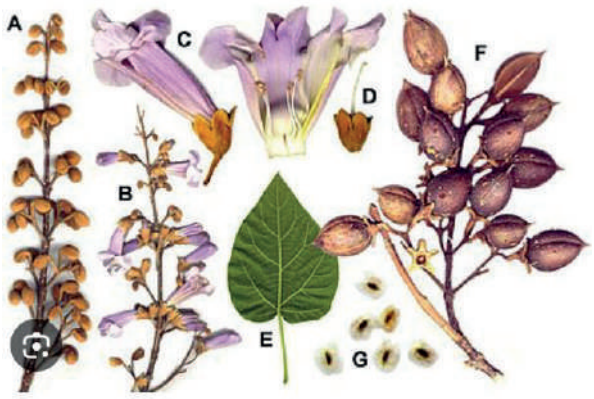


Figure1. *Paulownia Tomentosa* in Different Vegetative Phases

Paulownia tree is a type of plant that can adapt to different climates and usually grows in temperate climate regions. The smell develops especially in hot and humid climates. This plant can adapt to temperate climates as well as temperate-subtropical and even tropical climates. While it tends to grow better in areas with high humidity, it can be resistant to frost. It is known that Paulownia tree, at the same time, young seedlings can be sensitive to drought and cold weather conditions. However, mature trees are generally more resistant to drought and cold weather conditions. With these characteristics, the Paulownia tree has a wide growing range in different climatic zones and can be grown in various climatic conditions.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

As for the botanical description of the plant it was given below:



A-*tiny buds;*

B-*inflorescences;*

C-*the thick fused* *calyx;*

D-*inside the corolla tube;*

E-*the superior* *bilocular ovary;*

F- *the capsule;*

G- *The tiny seeds.*

Figure 2. Botanical Structure of *Paulownia Tomentosa*

Research object and methodology

As the research area Guba district territory was chosen. Guba's climate is characterized by a temperate maritime climate, with warm summers and mild winters. Influenced by the Black Sea, the region experiences ample rainfall year-round. Summer temperatures usually range from 25-30°C, while winter temperatures average around 5-10°C. This climate creates favorable conditions for agriculture and supports diverse plant growth. However, heavy rainfall can sometimes lead to flooding, affecting agricultural practices. Guba's climatic attributes present substantial opportunities for industries like tourism and agriculture.

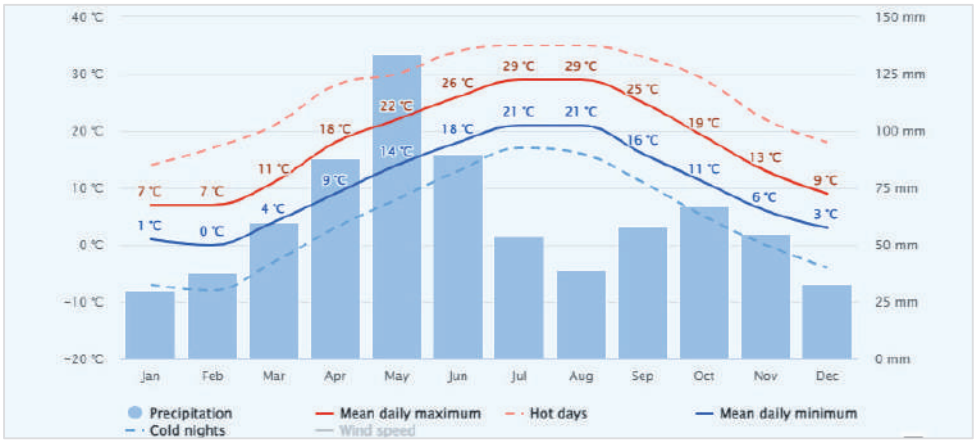


Figure 3. Average Temperature and Precipitation of Guba District

The graph illustrates the temperature trends in Guba over the past 30 years. The solid red line represents the mean daily maximum temperature, indicating the highest temperature on average for

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

each month. Similarly, the solid blue line depicts the mean daily minimum temperature, representing the lowest temperature on average for each month. The dashed red and blue lines highlight hot days and cold nights, indicating the average temperature of the hottest day and coldest night for each month. This data provides valuable insights for vacation planning, allowing individuals to anticipate mean temperatures and prepare for variations in temperature, including hotter days and colder nights. Please note that wind speeds are not displayed by default but can be enabled at the bottom of the graph.

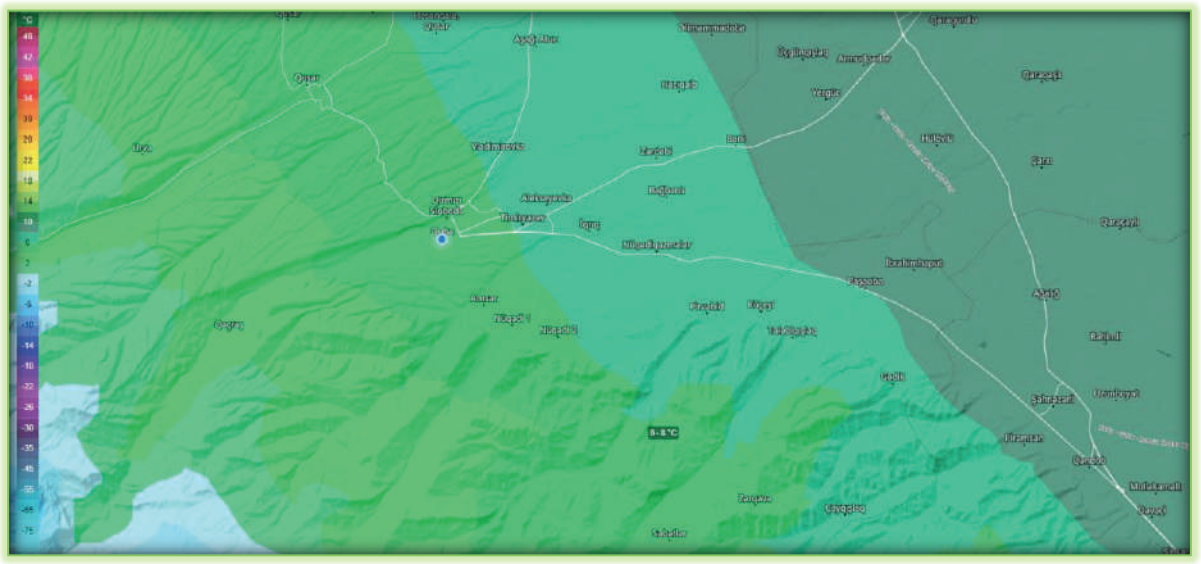
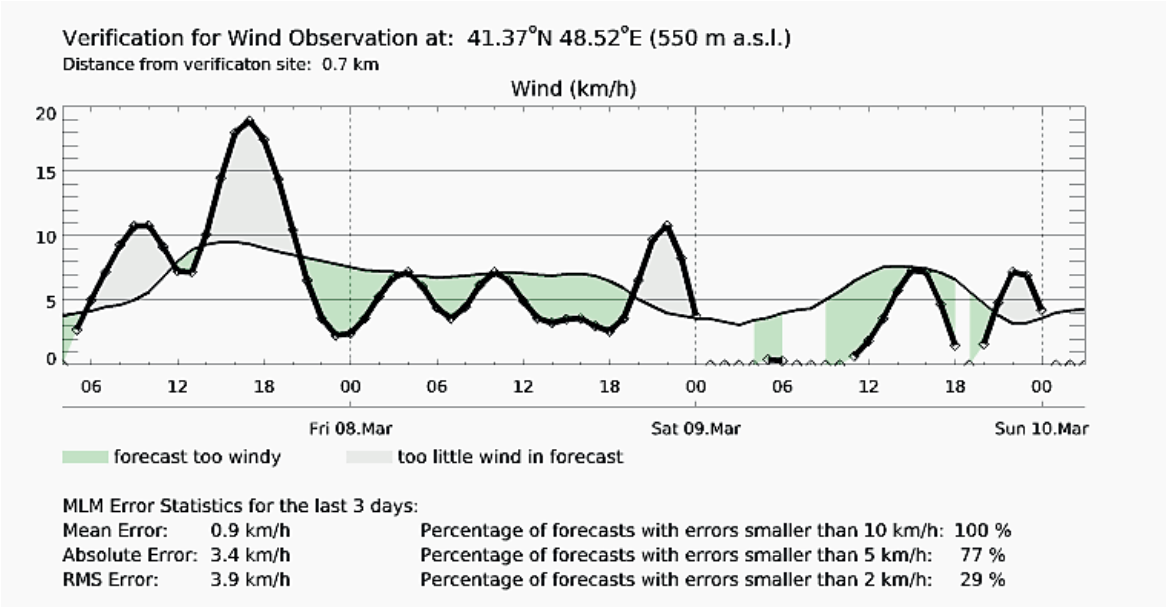


Figure 4. Temperature Distribution Map of Guba District

The temperature distribution in Guba varies throughout the year and there are significant differences between seasons. Generally, the temperature is higher in the summer months, with an average of 25-30°C, while the average temperature in the winter months is around 5-10°C. While the temperature may be lower in the mountainous regions of the district, a milder climate may prevail in the coastal areas. Temperature distribution has a significant effect on the cultivation of agricultural products and other activities in the region. Especially for the agricultural sector, it is important to consider these variations, because different types of plants grow in different temperature conditions. Analysis of temperature distribution should also be considered in planning and policy-making processes for tourism and other sectors, because seasonal variations in the region can affect the number of visitors and travel preferences.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Wind distribution in Guba varies under the influence of geographical factors and usually blows at different speeds in different regions. Especially in the coastal areas under the influence of the sea, while the wind can be more intense, a more variable wind speed can be observed in the mountainous areas. Wind speed tends to be higher in high mountain areas because the wind speed increases as the altitude increases. Wind speed in Guba can usually be higher in winter, especially under the influence of an effective cold air mass. Wind dispersion can significantly affect agricultural activities, wind energy potential and other environmental impacts. Therefore, understanding the distribution of wind in the region is important for strategic planning and resource management for various sectors.

Paulownia is a unique tree that is widely cultivated in many developed countries on an industrial basis. Growing and processing this plant can significantly improve environmental and economic performance in the country and in the world as a whole. Having received the necessary knowledge about cultivation and care, paulownia can be considered as one of the good sources of profit, as well as a way of personal contribution to the ecology of the planet. Paulownia, also known as “Adam's tree”, “Emperor's tree”, “Kiri” or “Tree of Life”, is a genus of plants in the *Paulowniaceae* family. The genus Paulownia includes six known species*: catalpifolia, elongata, fargesii, fortunei, kawakamii,* and *tomentosa*. Also, at the moment, there are two most common hybrid forms, which were obtained by crossing several of its species to obtain more stable, fast-growing varieties with high quality wood. Paulownia Pao Tong Z07 is a crossing of 3 species *P.tomentosa, P.fortunei,P. kawakamii*. Paulownia Shantong is a hybrid of *P.tomentosa* and *P.fortunei* ***(Slawinska et all., 2023; Yadav et all., 2013)***. Paulownia trees exhibit rapid growth, capable of reaching heights of up to 3 meters within the first year under optimal conditions. When mature, these trees typically attain heights of 15-20 meters. The leaves of the Paulownia tree measure between 15-30 centimeters in length and 10-20 centimeters in width, with a petiole spanning 10-20 centimeters. The leaf is covered with hairs. *P.tomentosa* has a large spreading crown; hybrid forms have an even trunk with underdeveloped side branches. Felt

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

paulownia has a long flowering period of 30 to 45 days. Its hybrid forms last up to 14 days. The flowers are light to dark purple in color, collected in inflorescences 15-20 centimeters long ***(Kobayashi et all., 2008)***.

Paulownia's large, hairy leaves can trap dust particles, making the air cleaner. Mass plantings provide us with oxygen. Due to its growth rate, paulownia is very suitable for strengthening slopes and preventing erosion. Trees slow down the evaporation of water from the soil and increase moisture in the atmosphere by retaining water after rain with their roots and then gradually evaporating it. This is also good for groundwater replenishment. Paulownia is not demanding on the composition of the soil and can grow on impoverished soil, while on very poor soil its growth will be slower. But thanks to the rapid formation of deciduous mass, the quality of the soil is easily restored ***(Slawinska et all., 2023)***. During the process of decomposition, fallen leaves form humic substances and enrich the earth with minerals. They help maintain soil moisture, improve its composition and create favorable conditions for the development of soil flora ***(Penkova et all., 2015)***. The pH level and soil fertility are naturally stabilized. Therefore, its leaves can be used as mulching material. *P.tomentosa* can be used to create windbreaks on farmland, roadsides or canal banks. It blooms profusely and for a long time, so it is highly valued by bee keepers. The unique properties of Paulownia make it possible to use this plant and associated microorganisms for soil purification. Phytoremediation is very actively used and constantly developed in European countries (especially Sweden, Denmark, Germany) and at many industrial sites included in the Superfund program. It was founded in the USA in 1980 by the Environmental Protection Agency to detection, study and cleanup of dumping and burial sites of harmful and hazardous industrial waste. In the USA, Paulownia is used to remediate lands contaminated with mercury and arsenic. In Sweden, for wastewater treatment and recycling of liquids from landfill. Method Phytoremediation is often used to slow down the movement of contaminated water. Trees draw groundwater up through their root systems and keep it from moving. This method is called "hydraulic control" ***(Wang et all., 2015)***. Paulownia can be used as a source of thermal energy. You can use firewood and wood pellets to heat rooms. Paulownia can serve as a raw material for the production of biogas and bioethanol. Biogas is excellent for space heating and can be produced in small quantities for private households. Bioethanol is a type of fuel that in the future can completely replace petroleum products in internal combustion engines. Natural fuels can reduce greenhouse gas emissions by about 80-90%, carbon dioxide to almost zero. In addition, in the future, humanity will face a shortage of petroleum products, which could cause a global economic crisis. The production of biogas and bioethanol can solve the problem of shortage of natural gas and oil in the future. American researchers have created new thermochemical technologies from which 511 liters of ethanol can be extracted from 1 ton of dry mass, which is why Paulownia is also called “Oil Well”. The advantage of growing paulownia is its high regeneration. Once cut, the tree does not require replanting. The lifespan of the root system is 70-100 years, the plant is able to regenerate all this time after a complete or

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

partial cut. For absolute restoration and growth of the crown, the recommended cutting cycle is 5 years, following the rules of plant care. If the crown is partially pruned, then pruning can be done every year.

Results and Discussion

Taking into account all the above, it shows, how important it is to study and apply the Paulownia plant in the conditions of the Republic of Azerbaijan. This unique plant will be an invaluable contribution to the solution of problems such as protection and expansion of forest areas, cleaning of polluted land, revaluation of unsuitable land for cultivation of agricultural plants, reduction of carbon dioxide, which are currently relevant in our Republic. The Ministry of Agriculture's Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing in Azerbaijan has launched a project aimed at producing planting material for *P.tomentosa* and Pao Tong Z07 varieties. In Guba district the plant is cultivated in vitro condition for the plantation area.



Spouds in Vitro Condition



Samplig for Plantation

Figure 3. *Paulownia Tomentosa* Cultivation in Guba District

Planting material is propagated in 3 ways: seeds, cuttings and micropropagation. The laboratory of micropropagation has developed a technology for producing paulownia in vitro. In the future, it is planned to study the bio-morphological development of paulownia on saline and oil-polluted lands. Studies carried out in the in vitro laboratory allow investigating effective ways to grow the Paulownia plant in the climate and soil conditions of Azerbaijan. This laboratory research plays an important role in determining the potential of the plant in important areas such as breeding of variable crops, disease control or genetic protection.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8



Figure 4. Real View of Paulownia Green-House at Research Institute of Fruit and Tea Growing Institute in Guba

The results of the research include the available information on specifying the potential and prospects of Paulownia plant cultivation in the climate of Azerbaijan. The study clarified the compatibility of this plant with the climatic and soil conditions of Azerbaijan and its individual and economic importance in this field. The obtained results show that the Paulownia plant can be grown relatively well in the climate and soil conditions of Azerbaijan. The plant's fast growth rate and wide economic application areas emphasize the potential of this plant. Also, the concern of the local population's increasing need for firewood and building materials and the pressure on the natural forests creates wider applications in the field of Paulownia cultivation. These results show that the Paulownia plant can have a positive economic and ecological impact in regions with soil and climate conditions such as Azerbaijan.

Conclusion

The results of the research reveal the potential and prospects of growing the Paulownia plant in the climatic and soil conditions of Azerbaijan. Studies carried out in the in vitro laboratory play an important role in determining the ways of efficient cultivation of this plant. The obtained results show that the Paulownia plant is a plant with ecological and economic benefits in Azerbaijan. The results of this study encourage more extensive research in the field of Paulownia plant breeding and the determination of effective strategies for the rapid propagation of this plant. It is believed that this research will be an important resource for the conservation of local plant diversity, economic diversification and rapid economic development. In line with these perspectives, the results of the study have been presented, hoping to see that the Paulownia plant will have a positive effect on the agriculture and ecosystems of Azerbaijan.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Acknowledgement

We would like to express my deep gratitude to everyone who contributed to the completion of this work. In particular, we are grateful to the staff of the Scientific Institute, who guided and supported us in conducting the research, and to other researchers who contributed to the realization of this study. We would also like to thank all the organizations that provided financial and moral support to this project. This work would not have been possible without their support. Finally, we present our thanks to our colleagues for their patience and understanding.

References

Kobayashi S., Asai T., Fujimoto Y., Kohshima S. Anti-Herbivore Structures of *Paulownia tomentosa*: Morphology, Distribution, Chemical Constituents and Changes during Shoot and Leaf Development. *Ann. Bot.* 2008;101:1035–1047. doi: 10.1093/aob/mcn033.

Penkova N., Miladinova K., Ivanova K., Georgieva T. Possibility for using of two Paulownia lines as a tool for remediation of heavy metal contaminated soil / Journal of Environmental Biology, 2015, 36 (1):145-151.

Slawinska N., Zajac J., Olas B. Paulownia Organs as Interesting New Sources of Bioactive Compounds. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, *24*(2), 1676; https://doi.org/10.3390/ijms24021676

Wang T., Franz T.E., Zlotnik V.A. Controls of soil hydraulic characteristics on modeling groundwater recharge under different climatic conditions / Journal of Hydrology 521, 2015, 470-481.

Yadav N.K., Vaidya B.N., Henderson K., Lee J.F., Stewart W.M., Dhekney S.A., Joshee N. A Review of *Paulownia* Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. *Am. J. Plant. Sci.* 2013;4:2070–2082. doi: 10.4236/ajps.2013.411259

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

STUDY OF BIOREGIONAL CHARACTERISTICS OF LOCAL PEAR CULTIVARS

Askerov Elmar

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-1021-2973

ABSTRACT

Pear is the second largest fruit crop in terms of area and production. Pears are successfully cultivated in most regions of our republic, especially in Shamkir and Khachmaz. It is a highly productive plant. 60 types of pear are known. These species are distributed in the Northern Hemisphere. The most widespread types in our republic are the following: Caucasian pear, willow pear, and forest pear. Pear varieties are summer, autumn, and winter depending on the ripening time. A pear is a soft, juicy, and sweet fruit of a tree with white flowers. Pear is a yellow-green, fiber-rich, easy-to-digest, and mineral-rich fruit. Since its fruits are of high quality and nutritious, they have been cultivated since ancient times. Fruits contain sugar, acid, tanning agent, ash element, and various vitamins (A, B, B1, C, and PP). Fruits are used fresh and processed. Moisture requirements vary depending on the cultivar. A tall dwarf shows a low demand for moisture on the top and a high demand for moisture on the jacket height (quince).

Keywords: Shield, introduction, Shamkir.

İntroduction.

Pear (lat. Pyrus) - a plant genus belonging to the family of flowering plants. Pear is a valuable fruit crop that enjoys constant demand from the population. The widespread distribution of pears is facilitated by the high taste and nutritional qualities of fruits. They contain from 5.17% up to 14.9% sugars; 0.06-0.93% organic acids; 1.9-14.6 mg/100 g vitamin C; and 55.0-182.1 mg/100 g P-active substances. Complement wealth aromatic, pectin, tannins, organic acids, vitamins, as well as minerals necessary for humans, enhance the taste, and increase the usefulness of fruits. Pear fruits are of great importance in dietary nutrition, especially for patients with heart failure and diabetes. In addition to fresh consumption, pear fruits are valuable as raw materials for technological processing and canning. They are used to prepare soft drinks, video, compotes, candied fruits, dried fruits, and other processed products. Pear is cultivated in many countries of the northern and southern hemispheres with a mild climate.[1] About 10 thousand varieties of pear are known, however few of them form the basis of the industrial assortment. According to its biological properties, the pear is a long-lasting and highly

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

productive crop; it requires light, and its productivity is largely determined by lighting conditions. In Azerbaijan, pears are grown in the Guba-Khachmaz and Ganja-Kazakh economic geographical regions.

A few pieces or a lot from one flower bud all the flowers formed together are called a flower ball. The flowers in the inflorescence are close to each other and all flowers are located on one main axis.[3] From fruiting plants only quince flowers are solitary. Flower in other fruit plants when the bud opens, it forms a ball of flowers. Depending on the biological characteristics of the breed flower ball has a different structure. The flower ball of the pear plant is a simple shield type. The feature of the shield is that in flowers located on the nodes of the main axis, the stalk is not of the same length. Main reading each flower on the bottom has a long stem, while the flowers arranged on top have a long stem which becomes a jacket. As a result, the tip side of all flowers arranged on the main axis is on the same surface it resembles a shield or a shield. Such a ball is called a simple shield.[4]

https://images.app.goo.gl/1sA3gYN3ceYgUHGC9



Figure 1. Flower ball of pear plant

Research Object and Methodology

The pear plant is more cultivated in countries located in the temperate climate zone. 22,644 thousand tons of pears are produced in the world every year, 67.26% of which falls to China. China, Italy, USA, Argentina, Spain, and Turkey also stand out in terms of pear production. In our republic, mainly Abasbayi, Williams, Cir Nadiri, Red Williams summer pear varieties, Latifah, Bere Boks, Lesnaya krasavitsa autumn varieties, and Nararmudu, Kura, Antiga, Gulshan, Bere Ardanpon, Sini pear winter varieties are cultivated. Compared to the apple, the pear is a heat-demanding plant. Trees can withstand 25...300 frosts.[2] Flowers are severely damaged in 2...30, fruits in 2...40, pods in 5...60 frosts.[2] It is highly demanding of light. Moisture requirements vary depending on the cultivar. It shows a low demand for moisture on the tall jagalalti and a lot of demand for moisture on the jacket-sized (quince). It can be cultivated in different soil types. For good height and high-yield production,

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

fertile soils with a deep plow layer are more favorable. Pear varieties are propagated by cuttings. Crab and cultured pear mace, quince, and partially hawthorn are used as jalagaltı. Quince-ripened pears become larger and ripen quickly, and the quality of the fruits increases.[6] A group of pear cultivars do not fare well on quince.[3] According to this feature, pear varieties are divided into 3 groups:

Varieties that hold well on quince - Bere Ardanpon, Bere Amanli, Bere Gardi, Bere Ligel, Pass-Krasson, Josephine Mechelenskaya, Kure, Saint-Germain, etc. Varieties that do not give enough finish on quince – Olivier de Serre and Jubilee.[1] Varieties that do not finish on the animal - Bere Bosk, Williams, Forest beauty, Clapp's favorite. It is recommended to use "nicolirovka" or "intercalary" intermediate furrows for varieties that do not produce a normal finish on quince. Choosing a place for a pear orchard, fertilizing, watering, shaping and pruning, picking and shipping fruits is done in the same way as in an apple tree.

The relative humidity of the air is also important for the normal growth and development of pear varieties plays a role. Especially vegetation with a lot of annual atmospheric precipitation for the pear plant regions with sufficient relative humidity is more favorable. However, if the relative humidity of the air is higher than normal, fungal diseases spread widely.

Figure 2.Vegetative phases of pear (Pyrus)



https://images.app.goo.gl/CCy85fL5vWHWAtDo8

https://images.app.goo.gl/zdwrBnbhXKyDVE4K9

https://images.app.goo.gl/tkbLFfqzMktzq8X77

Results and Discussion

According to our results, Azerbaijani varieties are of better quality, more productive, resistant to diseases and pests than other introduced varieties. Based on the export-oriented economic model, the development of intensive pear cultivation, competitive in the world market, is considered one of the main priority issues of our Republic. Plans of our work:

• Taking measures to increase the productivity and kernel quality of varieties in our republic;

• Introduction of varieties obtained through selection in Azerbaijan on the world market;

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

• Planting pear varieties in saline, acidified, oil-contaminated soil is relevant.

Acknowledgment

We express our gratitude to our colleagues from the «Selection of Fruit Plants» department at the Research Institute of Fruit and Tea Growing for deep support in the scientific paper writing.

Reference

Həsənov Z.M. Meyvəçilik. Bakı: “MBM”, 2011, 519 s.

Həsənov Z.M. Meyvəçilik (laborator-praktikum). Bakı: “MBM”, 2010, 343 s

Həsənov Z.M., Cəfərova İ.H., Ağayev F.N., Süleymanova Y.V. Bağban nəyi bilməlidir. Bakı: 2009, 367 s.

Sadıqov Ə.N, Azərbaycanda yayılmış meyvə bitkiləri. Bakı: “Müəllim” nəşriyyat, 2023. 632 səh.

Kənd və meşə təsərrüfatı// http://e-kitab.ameanb.nmr.az/Az/KitabEtrafli.aspx?id=26715

Meyvə bağlarına qulluq// http://aqronom.blogspot.com/2015/02/meyv-baglarnaqulluq.html

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

OPTIMIZING ENERGY EFFICIENCY THROUGH HETEROGENEOUS NETWORK HANDOVER STRATEGIES IN THE CONTEXT OF 5G

Umar Danjuma Maiwada

Computer & Information Sciences Department, Faculty of Science and Information Technology, Universiti Teknologi PETRONAS, Perak, Malaysia.

Kamaluddeen Usman Danyaro

Department of Computer and Information Science Universiti Teknologi PETRONAS 32610 Seri Iskandar Perak, Malaysia

Aliza Bt Sarlan

Department of Computer and Information Science Universiti Teknologi PETRONAS 32610 Seri Iskandar Perak, Malaysia

Abstract

This study investigates strategies to optimize energy efficiency in the context of 5G through the implementation of heterogeneous network handover techniques. The research delves into the complexities of handover processes within heterogeneous networks and their impact on energy consumption. By examining the interplay between handover strategies and energy efficiency, the study aims to offer insights into enhancing network performance while minimizing energy usage. Through an analysis of these strategies, the research seeks to contribute to the development of sustainable and high-performing 5G networks. The rapid development of 5G technology has enabled the convergence of heterogeneous networks, whereby many access technologies, such as Wi-Fi, cell phones, and small cells, combine to offer seamless connectivity and improved data rates. It is still challenging to ensure energy economy while enabling smooth switching across these diverse networks. This article offers a comprehensive analysis of handover techniques in 5G heterogeneous networks, with a focus on energy conservation. Femtocells, picocells, and microcells are examples of the nanocells that have been placed to enhance coverage within buildings and handle the rapidly increasing data flow of hotspots. Femtocells are often positioned above macrocells in hotspots to boost data throughput and energy efficiency. Compared to macrocell networks, the handover problem is more important in macro-femto HetNets. At another hand, handovers occur more frequently with femtocells due to their layered architecture and limited-service area. Therefore, in macro-femto HetNets, several performance-enhancing techniques, such as balance of load, will also lead to frequent handover. Therefore, handover has a major impact on the efficiency of macro-femto HetNets. We examine various handover choice algorithms, including strategies based on signal strength, load, and mobility, and assess their potential to minimize energy consumption without compromising user experience. We

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

also investigate the effects of traffic patterns, mobility scenarios, and network parameters on handover efficiency and energy efficiency. Through simulated experiments, we provide understanding of the differences involving Energy Efficiency, handover delay, and user satisfaction. The research findings offer helpful guidance for network providers and system designers to ensure Energy Efficient performance in 5G heterogeneous networks. In this study, we looked at the newest handover techniques intended to keep connections operational or ensure that mobile users receive the quality of service they need. The study focuses on enhancing energy conservation while maintaining seamless connectivity in diverse network environments.

Keywords: Handover, Heterogenous, 5G, Energy Efficiency.

I. INTRODUCTION

With the rapid evolution of telecommunication networks, the emergence of 5G technology has ushered in a new era of connectivity, promising unprecedented speed, capacity, and low-latency communication. However, remained these advancements, the energy efficiency of 5G networks remains a critical concern, particularly in the context of heterogeneous networks. This study aims to address this concern by focusing on the optimization of energy efficiency through the implementation of advanced handover strategies within heterogeneous network environments. By examining the intricacies of handover processes and their relationship to energy consumption, this research endeavours to provide valuable insights into enhancing the sustainability and performance of 5G networks [1]. The transmission rate of wireless cellular networks has increased with the innovative evolution of wireless transmission methods, including orthogonal division multiplexing (OFDM) and multiple-input multiple-output (MIMO) techniques, from a few kilobits per second in GSM to 100M/1 Gb/s for high/low mobility. The improvement is noticeable, but the difference between the actual transmission rate and the rising demand is not closing. One explanation is that more mobile users are using mobility supportive applications like Skype, Instagram, and Twitter for a few hours each day, as well as more sophisticated mobile user equipment's (UEs), such iPhones and iPads, to access cellular networks. This is resulting in an exponential rise in mobile traffic, particularly mobile data traffic [2].

Highly using spectrum efficient propagation techniques, including OFDM and MIMO, to boost the bandwidth of wireless networks is one way to deal with the exponential rise in mobile traffic. Deploy the base station (BS) forward to customers by installing small cells, including femtocells, picocells, and microcells, which move LTE regarding heterogeneous networks (HetNets), since this will enhance system capacity and decrease energy usage in cellular networks. The HetNet model has benefits, but it also poses new problems for managing interference, allocating resources, and seamless handover. The conventional goal of handover in cellular wireless networks is to maintain active connections, which is crucial for maintaining the continuity and efficacy of a mobile user's service [3]. Handover is used in conventional non-heterogeneous wireless networks to preserve a mobile user's connection. The need

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

for handover in these situations arises from the fact that a single BS transceiver's coverage area does not encompass the entire service area. However, in a heterogeneous cellular network that is layered, handover not only maintains active connections but also improves the network's overall performance and the quality of service (QoS) for the user by moving an active cellular user session from one BS to another. Additionally, because of the disparities in coverage area, broadcast power, and radio propagation, the handover in an overlay heterogeneous mobile network is more complex and intelligent [4]. Femtocells are placed in interior settings, such as airports, homes, and businesses, to increase cellular network coverage and QoS, in contrast to microcells and picocells. They have a limited area of coverage, more complex radio transmission settings, various access modalities, and ad hoc deployments. Hence, handover in macro-femto HetNets is more difficult. There are articles that examine this problem as well as some handover architectures and methods that are comparable to those used in other tiny cell HetNets. The current state of handover methods in macro-femto systems is examined in most articles then some that give a handover algorithm that uses less energy consideration [5].

The goal of 5G is to decrease energy consumption while increasing telecommunications usage, speed, and services. In the current environment, where the earth must deal with the effects of global warming, energy and material waste, pollution, and many other concerns, this component of Energy Efficiency is very crucial. A typical spectral efficiency serves as a demonstration of effective data transfer in a loaded instance. Low energy expenditure in the absence of data should enable both a high sleep proportion and a lengthy sleep period. This study addresses the critical need for sustainable energy usage within the evolving 5G landscape, emphasizing the significance of seamless handover techniques in achieving optimal energy conservation while maintaining high-quality connectivity across diverse network infrastructures. The paper consists of 8 sections with introduction and conclusion which was discussed below.

II. THE IMPACT OF 5G

While 5G boasts faster speeds and greater connectivity, concerns exist about increased energy consumption from additional infrastructure and devices. Additionally, the manufacturing and disposal of 5G-related equipment raise questions about electronic waste management. However, 5G's potential to enable efficient resource management and support environmental monitoring also presents opportunities for positive environmental impact. Ongoing research is crucial to fully understand and mitigate the environmental implications of 5G technology. The environmental impacts of 5G are a subject of increasing interest and concern. While 5G technology offers significant advancements in speed, capacity, and connectivity, its deployment and infrastructure raise environmental considerations. These impacts include energy consumption associated with increased data transmission, the production and disposal of network equipment, and potential effects on wildlife and ecosystems due to the installation of additional infrastructure [6]. Additionally, the manufacturing

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

processes for 5G technology components have their own environmental footprint. Understanding and mitigating these impacts are crucial as the deployment of 5G continues to expand, and sustainable practices become increasingly important in the realm of telecommunications and technology. As of the last update in September 2021, there were concerns and debates surrounding the potential environmental issues associated with the deployment of 5G technology [7]. However, it is important to note that these concerns were not directly related to the radio frequency (RF) emissions of 5G itself but rather cantered around the increased infrastructure and energy requirements to support the technology [8]. Here are some of the potential environmental issues that were discussed at the time; Increased Energy Consumption in 5G networks require more infrastructure, including additional base stations and small cells, to provide higher data speeds and lower latency. These new installations demand more energy to operate, leading to potential increases in electricity consumption and greenhouse gas emissions if not sourced from renewable energy. E-waste with the rapid upgrading of technology and devices to be 5G compatible may lead to an increase in electronic waste (e-waste). The disposal and recycling of old 4G devices and infrastructure could pose challenges if not handled responsibly. Land Use and Habitat Impact expected to expand the infrastructure for 5G networks might require additional land for new base stations and small cells. In some cases, this could lead to the conversion of natural habitats or green spaces, potentially impacting local ecosystems. Health and Safety Concerns that are not strictly environmental, some discussions have cantered around the potential health and safety implications of increased exposure to electromagnetic radiation from 5G networks. It is important to note that numerous scientific studies have been conducted on this topic, and as of the last update, there was no conclusive evidence of significant harm to human health from RF emissions below the established safety guidelines. Resource Extraction in manufacturing of 5G infrastructure and devices relies on specific minerals and metals that may require environmentally damaging extraction practices, such as mining.

It is essential to understand that technological advancements and regulatory changes may have occurred after the last update, research and measures to mitigate potential environmental impacts could have been put in place [9]. Also, keep in mind that 5G technology can also play a positive role in addressing some environmental challenges, such as enabling more efficient and sustainable practices through the Internet of Things (IoT) and smart applications.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

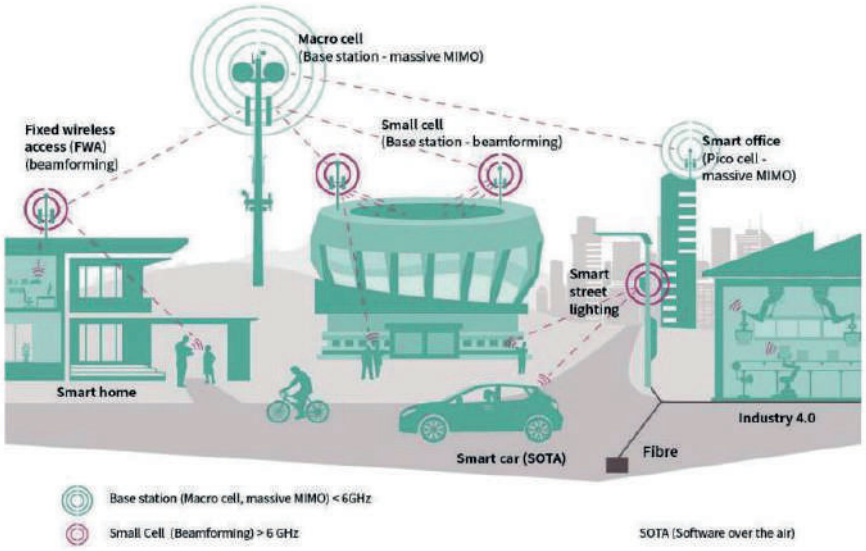


Figure 1: Infrastructures of 5G Systems (Source ETSI EE/EE2 power) [10]

III. ENHANCING THE ENERGY EFFICIENCY OF 5G

Enhancing the energy efficiency of 5G systems involves optimizing network equipment, minimizing energy consumption during low-traffic periods, implementing advanced power-saving features in devices, and leveraging intelligent network management to dynamically adjust resources. Additionally, exploring renewable energy sources for powering network infrastructure and promoting energy-efficient practices in device design and usage are vital for achieving sustainable energy efficiency within 5G systems. By Implementing intelligent network design to minimize energy consumption, such as using small cells and optimizing coverage and capacity then utilizing beamforming with massive MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) to focus signals, reducing interference and improving spectral efficiency. leads to developing and deploying energy-efficient protocols and standards that optimize network operation and reduce unnecessary energy expenditure [11]. Hence, employing dynamic energy management techniques to adjust power usage based on network demand, traffic load, and user activity with incorporating renewable energy sources, such as solar or wind power, to supplement traditional energy sources for running network infrastructure achieves deploying energy-efficient hardware components and systems, including low-power base stations and energy-conscious network equipment. By implementing these strategies, the energy efficiency of 5G networks can be significantly enhanced, contributing to a more sustainable and environmentally friendly telecommunications infrastructure. Improving the Energy Efficiency of 5G networks is crucial to mitigate potential environmental impacts and reduce operational costs for telecommunication companies [12]. Here are some strategies to enhance 5G Energy Efficiency: Network Design and Planning that optimize the network design and planning to reduce the number of base stations and small cells required. Advanced algorithms can help determine the most efficient locations for base stations, minimizing energy consumption while maximizing coverage [6]. Energy-

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Efficient Hardware which deploy Energy Efficient hardware and components for base stations, antennas, and other network equipment. This includes using low-power transmitters and receivers and implementing power-saving technologies in network components. Dynamic Spectrum Management with the implementation of dynamic spectrum management techniques that adjust the allocation of radio spectrum in real-time based on network demand. This helps allocate resources more efficiently and reduce unnecessary energy consumption. Sleep Mode for Base Stations that enable sleep mode for base stations during periods of low network activity. By powering down or reducing power consumption during off-peak hours, energy usage can be significantly reduced. Smart Antennas and Beamforming which utilize smart antennas and beamforming technologies to focus signal transmission and reception in specific directions. This allows for more efficient use of radio resources and reduces interference, leading to lower energy consumption. Energy-Aware Networking Protocols to develop and implement networking protocols that prioritize Energy Efficiency. For example, incorporating energy aware routing algorithms can reduce the energy consumption of data transmission between base stations and devices. Green Energy Integration used to invest in renewable energy sources to power 5G infrastructure, such as solar or wind power. Integrating green energy into the network can reduce the carbon footprint and long-term operational costs. Energy Monitoring and Optimization that implement energy monitoring systems to track the energy consumption of different network components. Analysing this data can help identify areas for optimization and energy saving opportunities. Edge Computing which utilizes edge computing to process data closer to end-users, reducing the need for data transmission over long distances. Edge computing can lead to lower energy consumption and improved latency. Software-Defined Networking (SDN) and Network Function Virtualization (NFV) for implementing SDN and NFV technologies to enable dynamic resource allocation and network scaling. These technologies can improve network efficiency and allow for more flexible management of resources. Collaboration with Device Manufacturers to work with device manufacturers to optimize the energy consumption of 5G-enabled devices. Efficient devices will have a positive impact on the overall Energy Efficiency of the network [13].

By adopting the strategies above, telecommunication companies can make significant progress in improving the Energy Efficiency of 5G networks, contributing to a more sustainable and environmentally friendly deployment of this advanced technology.

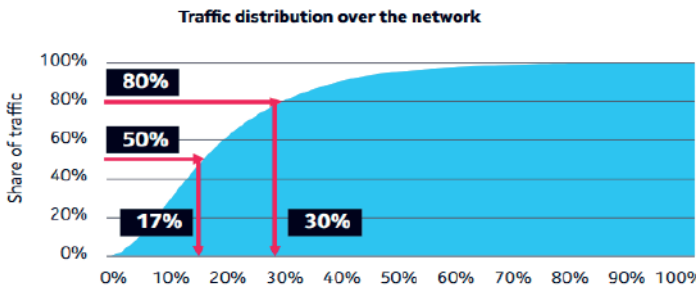


Figure 2: Distribution of traffic on the network (Source: Nokia White Paper) [14]

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

IV. SYSTEM FRAMEWORK IN 5G SYSTEMS

The system framework in a 5G system comprises various components such as user equipment, radio access network, core network, and the service platform. These elements work together to enable high-speed data transmission, ultra-low latency, and massive device connectivity. Key technologies like massive MIMO, beamforming, network slicing, and edge computing are integrated within this framework to support diverse applications and services, shaping the foundation of 5G's capabilities. Since identifying suitable locations for femtocell deployment based on network coverage requirements and capacity needs physically install femtocell access points and integrate them into the existing 5G network infrastructure then by Configuring parameters such as frequency, power levels, and backhaul connectivity with implementing interference mitigation techniques to ensure seamless integration with macrocells and other femtocells, optimizing overall network performance will give rise to integrate robust security measures to safeguard femtocell access points and the data transmitted through them, ensuring compliance with 5G security standards [15]. Fine-tune femtocell parameters to prioritize QoS, accommodating high-quality voice, video, and data services within the coverage area provides established monitoring processes to track femtocell performance, addressing any issues promptly, and ensuring ongoing maintenance to sustain optimal operation. By following this systematic approach, the successful implementation of femtocells within 5G systems can be achieved, contributing to enhanced coverage, capacity, and network performance. Fig. 3 depicts the complete LTE system framework with femtocell deployment. The Third Generation Partnership Project (3GPP) specifies two common interfaces (X2 and S1). The X2 interface defines information sharing across various evolved NodeBs (eNBs) and mobility functions. The X2 interface among home eNBs (HeNBs) is also described in 3GPP Release 11 [16]. The S1 interface enables communication between the eNB and the Mobility Management Entity/Security Gateway (MME/SeGW). Additionally, S1 is employed for communication between the MME/SeGW and the fair access policy (FAP). When a FAP operates at the command plane, it might speak via an S1-MME. In the LTE system, the handover (HO) method involves three stages: planning, carrying out, and wrapping up. During the planning stage, the provider eNB or (H)eNB chooses a (H)eNB that the UE must turn over based on measurement reports from UEs. The chosen target (H)eNB receives the HO-request message from the source (H)eNB. The target (H) eNB executes admission control and allots resources for the UE first after receiving this message. The source (H)eNB then receives a HO-request acknowledgment (ACK) message from the destination (H)eNB. During the operation phase, the UE disconnects from the initial (H)eNB and establishes a connection with the target (H)eNB.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

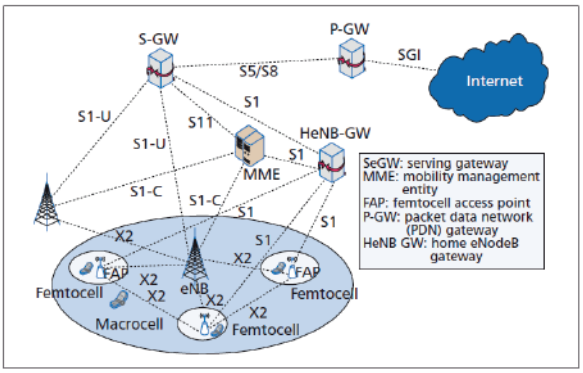


Figure 3: The architecture of the macro-femto heterogeneous system

The UE transmits the HO-confirmation message to the target (H)eNB after connecting successfully to request that it deliver downlink information towards the UE. During the completion phase, resources allotted to the UE in the original cell are freed while downlink (DL) channel switching is carried out to instruct the core network elements to switch the data pathway from the original eNB to the destination eNB. In Fig. 4, the handover process is depicted.

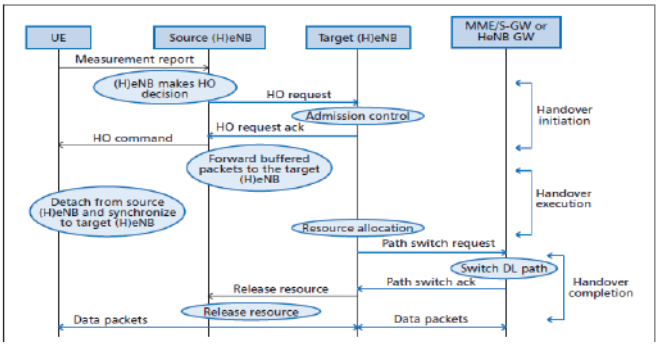


Figure 4: The handover process for LTE in 5G systems.

V. RSS-BASED AND CSG HANDOVER

RSS-based handover, or Received Signal Strength-based handover, is a fundamental technique used in mobile communication systems, including 5G. It involves the process of transitioning a mobile device's connection from one base station (or access point) to another based on the received signal strength. This method is critical in ensuring seamless mobility and maintaining a consistent quality of service as a user moves within the network. The RSS-based handover mechanism continuously monitors the signal strength from neighbouring base stations and triggers a handover when the signal strength from a neighbouring base station becomes stronger or surpasses a certain threshold, indicating a better-quality connection [17]. This method is essential for maintaining connectivity and optimizing network performance, particularly in scenarios where mobile devices are in motion or in areas with overlapping coverage from multiple base stations. RSS-Based Handover (Received Signal Strength-Based Handover) is a technique used in cellular networks to facilitate seamless and efficient handover

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

(or handoff) of mobile devices between different base stations or cells. The goal of RSS-Based Handover is to ensure that a mobile device maintains a strong and stable connection to the network as it moves through areas covered by different cells. During the operation of cellular networks (e.g., 2G, 3G, 4G, and 5G), mobile devices are typically connected to the nearest base station or cell. As a user moves, the signal strength of the connection to the serving base station changes [18]. If the signal strength drops below a certain threshold, the connection quality may deteriorate, leading to issues like dropped calls or reduced data transfer rates. RSS-Based Handover works as follows; RSS Measurement for the mobile device to continuously measures the Received Signal Strength (RSS) from the serving base station and neighbouring base stations. RSS is an indication of the power level of the signal received by the mobile device from a specific base station. Threshold Check for the RSS from the serving base station decreases to a predefined threshold level or falls below a certain quality level, the mobile device starts searching for neighbouring base stations that offer a stronger signal. Handover Decision when the mobile device compares the RSS of the serving base station with the RSS of neighbouring base stations based on predefined handover algorithms, it decides whether a handover is necessary or not. Handover Execution for the mobile device to determines that a handover is needed, it initiates the handover process by sending a handover request to the target base station. The target base station confirms its ability to support the handover. Data Forwarding that the target base station accepts the handover request, it starts forwarding data to the mobile device, and the mobile device starts communicating with the new serving base station. Connection Release which after a successful handover, the old serving base station releases the connection with the mobile device. RSS-Based Handover aims to provide seamless connectivity for mobile users while they are on the move. By ensuring that mobile devices are always connected to the strongest available signal, the handover process reduces the chances of call drops and maintains a better user experience for voice calls, video streaming, and data transfer [19]. A Closed Subscriber Group (CSG) handover refers to the process where a mobile device transitions its connection from one base station to another within a closed subscriber group area. This allows for seamless handover and prioritized access for specific subscribers within designated network areas, ensuring consistent and reliable connectivity for users in specific locations or subscriber groups. It is important to note that RSS-Based Handover is just one of several techniques used in cellular networks for handover decision-making. Other methods may consider factors like signal quality, signal-to-noise ratio, signal delay, and load balancing to make optimal handover decisions based on network conditions and user mobility.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Application_Metrics_Table

Application_Metrics

Detailed View

Application ID	Application Name	Source ID	Destination ID	Packets Generated	Packets Received	Payload generated (bytes)	Payload received (bytes)	Throughput (Mbps)	Delay (microsecond)	Jitter (microsecond
1	App1_SENSOR_APP	1	16	100	103	5000	5150	0.000412	92569.182524	132162.492157
2	App2_SENSOR_APP	2	15	100	101	5000	5050	0.000404	88782.819802	90031.946000
3	App3_SENSOR_APP	3	14	100	97	5000	4850	0.000388	86433.125773	111378.866667
4	App4_SENSOR_APP	4	13	100	99	5000	4950	0.000396	165333.517172	184605.506122
5	App5_SENSOR_APP	5	12	100	101	5000	5050	0.000404	96195.724752	114398.098000
6	App6_SENSOR_APP	6	11	100	99	5000	4950	0.000396	65978.183838	79369.087755
7	App7_SENSOR_APP	7	9	100	96	5000	4800	0.000384	161851.018750	117681.204211

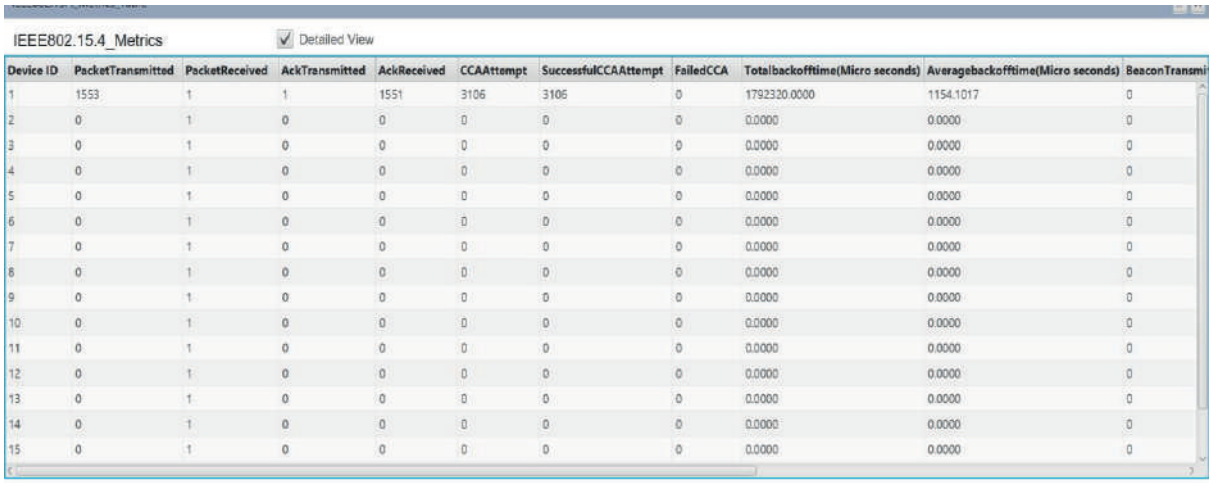
Figure 5: Matrix Table for Simulation

VI. LOAD BALANCING HANDOVER

Load balancing handover is a process within a telecommunications network where a mobile device is transferred from one base station to another to distribute the network traffic more evenly across different cells. This helps prevent network congestion and ensures efficient utilization of resources, ultimately improving the overall performance and quality of service for users. Handover plans related to load balance in a mobile network, including 5G, involve proactive strategies to ensure the equitable distribution of traffic among base stations, thereby optimizing network performance and resource utilization. By constantly monitoring the traffic load and resource utilization of each base station to identify potential congestion or imbalance then implementing dynamic thresholds for load balancing, allowing for automatic handover triggers based on predefined load conditions, such as cell congestion or uneven traffic distribution leads to employing intelligent handover triggers to initiate handover procedures for user equipment (UE) from heavily loaded cells to less congested cells, ensuring a more balanced distribution of traffic. Coordinating handover decisions with mobility management functions to seamlessly transition UEs between cells while considering load balancing objectives helps in leveraging predictive analytics to anticipate traffic patterns and proactively redistribute load across base stations, pre-emptively addressing potential congestion points [20]. By integrating these elements into handover plans, mobile networks can effectively manage load balance, enhance user experience, and optimize resource allocation, critical for maintaining efficient network operations in 5G and beyond. Load balancing in cellular networks is a critical aspect to ensure efficient utilization of network resources and maintain a high-quality user experience. Load balancing-related handover schemes are designed to distribute the traffic load among different base stations or cells to prevent network congestion and improve overall network performance [21]. These schemes aim to make intelligent handover decisions based on the load status of neighbouring cells. Here are some load balancing-related handover schemes: Load Threshold-Based Handover provide each base station that monitors its traffic load, and when the load exceeds a predefined threshold, it initiates handover procedures for some connected mobile devices to neighbouring base stations with lower loads. This helps distribute the load more evenly across cells and prevents individual cells from becoming

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

overloaded. Traffic-Aware Handover which considers the real-time traffic demands in different cells. Base stations exchange information about their current traffic loads, and mobile devices provide information about their service requirements. Based on this data, handover decisions are made to direct users to less congested cells that can better accommodate their needs. Proactive Load Balancing Handover that are made proactively before a cell becomes heavily loaded. Load prediction models and algorithms are used to forecast future traffic loads, and handovers are triggered in advance to balance the traffic load across cells pre-emptively. Resource-Based Handover which considers the availability of resources (e.g., bandwidth, capacity) in neighbouring cells. When a cell's resources are fully utilized, the handover decision is based on the availability of resources in nearby cells to provide a better user experience. Cell Range Expansion/Contraction whose coverage area of a base station can be dynamically expanded or contracted based on the traffic load in its vicinity. When the load is high, the base station's coverage area can be extended to offload some users from neighbouring cells. Conversely, when the load is low, the coverage area can be reduced to improve capacity utilization.



IEEE802.15.4_Metrics — Detailed View

Device ID	PacketTransmitted	PacketReceived	AckTransmitted	AckReceived	CCAAttempt	SuccessfulCCAAttempt	FailedCCA	Totalbackofftime(Micro seconds)	Averagebackofftime(Micro seconds)	BeaconTransmi
1	1553	1	1	1551	3106	3106	0	1792320.0000	1154.1017	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
6	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
7	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
9	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
10	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
12	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
14	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0
15	0	1	0	0	0	0	0	0.0000	0.0000	0

Figure 6: Expansion of cell range

Hierarchical Cell Structure: Some load balancing schemes involve dividing the network into hierarchical tiers. Macro cells can offload traffic to smaller micro or pico cells in densely populated areas. This hierarchical structure helps manage the load more efficiently. Load balancing-related handover schemes are crucial for providing a stable and high-performing cellular network, especially in dense urban areas and during peak usage times. By optimizing the distribution of traffic load among cells, these schemes contribute to a better user experience, reduced congestion, and improved overall network efficiency.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

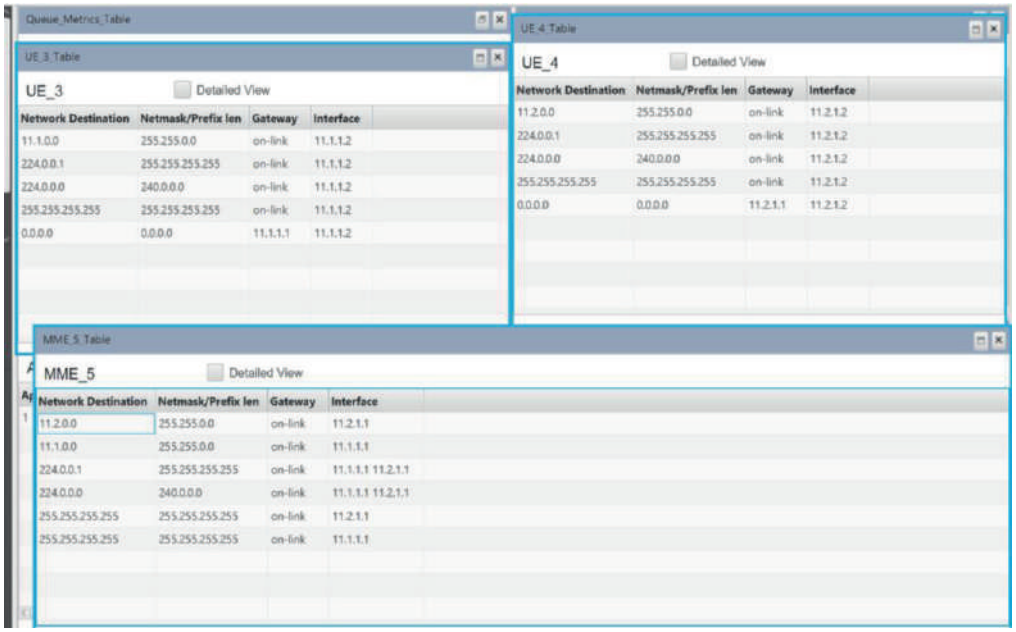


Figure 7: UE matrix table for the simulation

VII. ENERGY SAVING IN HANDOVER SCHEME

Energy-saving handover schemes in telecommunications aim to minimize power consumption during the handover process between different network cells. These schemes typically involve intelligent algorithms and protocols that enable devices to make efficient handover decisions, reducing unnecessary signalling and transmission power, thus contributing to overall energy conservation within the network. Implementing context-aware handover triggers based on factors such as signal strength, traffic load, and user mobility patterns to ensure that handovers are initiated only, when necessary, thereby reducing unnecessary energy consumption by utilizing sleep mode optimization techniques to manage base station activity dynamically, allowing base stations to enter low-power states during periods of low traffic or when not serving any active user equipment. By leveraging predictive analytics to anticipate user movement and network conditions, enabling proactive handover decisions that minimize unnecessary handovers and associated energy consumption leads to employing dynamic power control mechanisms to adjust transmission power levels based on user equipment proximity and signal quality, optimizing energy usage while maintaining connectivity [22]. Hence, developing load-aware handover policies that consider the energy efficiency of target cells, directing handovers towards cells with lower energy consumption when feasible. By integrating these strategies, a mobile network can implement an energy-saving handover scheme that minimizes energy consumption, optimizes resource allocation, and enhances overall network sustainability within the context of 5G and future mobile communication systems. An energy-saving handover scheme is designed to reduce the energy consumption of mobile devices during handover procedures, while still maintaining a seamless and efficient transition between different base stations or cells [23]. The goal is to minimize the impact of handovers on the device's battery life without compromising the quality of

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

service. Here are some key features of an energy-saving handover scheme; Optimized Handover Triggers which uses intelligent algorithms to trigger handovers only when necessary. Instead of constantly scanning for neighbouring cells, the handover decision is made based on predefined criteria, such as the received signal strength (RSS) or the signal quality. This minimizes the frequency of unnecessary handovers, reducing the device's energy consumption. Predictive Handover that analyses historical mobility patterns and network conditions, the energy-saving scheme can predict when a handover is likely to be required soon. This allows the device to initiate handover preparations proactively, reducing the time and energy needed for the actual handover process. Fast Handover Execution where a handover is triggered, the scheme aims to execute the process quickly and efficiently to minimize the device's active scanning time. Fast handover mechanisms, such as Fast BSS Transition (FT) in Wi-Fi networks or Fast Dormancy in cellular networks, can be used to achieve this goal. Sleep Mode Optimization which during the handover process, the energy-saving scheme can put the device into sleep mode, when possible, to conserve energy. By carefully managing the device's active and sleep periods, unnecessary energy consumption is minimized during handovers. Neighbour List Optimization that maintains an optimized list of neighbouring base stations or cells. This list is updated periodically based on network conditions. By reducing the size of the neighbour list and including only the most relevant neighbouring cells, the device expends less energy in monitoring and scanning for potential handover candidates. Energy-Aware Network Selection where in multi-network environments (e.g., Wi-Fi and cellular networks), the energy-saving scheme can make intelligent network selection decisions based on Energy Efficiency. For example, the device can prefer Wi-Fi connections when available, as Wi-Fi tends to be more Energy Efficient than cellular connections. Load-Aware Handover that considers the load status of neighbouring cells when making handover decisions. It avoids directing the device to heavily loaded cells, as this can lead to increased energy consumption due to lower signal quality and data transfer rates. Collaboration with Network to work in conjunction with network-side optimizations. For example, the network can inform the device about upcoming handovers, allowing the device to prepare in advance and minimize energy-intensive tasks during the handover process.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Battery model ☑ Detailed View

Device Name	Initial energy(mJ)	Consumed energy(mJ)	Remaining Energy(mJ)	Transmitting energy(mJ)	Receiving energy(mJ)	Idle energy(mJ)	Sleep energy(mJ)
WIRELESS_SENSOR_1	6480.000000	272.259601	6222.141273	234.668776	10.338140	27.252684	0.000000
WIRELESS_SENSOR_2	6480.000000	118.838419	6375.562455	0.000000	0.047555	118.790864	0.000000
WIRELESS_SENSOR_3	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_4	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_5	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_6	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_7	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_8	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_9	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_10	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_11	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_12	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_13	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_14	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_15	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000
WIRELESS_SENSOR_16	6480.000000	118.807211	6375.593663	0.000000	0.000000	118.807211	0.000000

Figure 8: Load aware handover energy saving.

An effective energy-saving handover scheme helps prolong the battery life of mobile devices and contributes to a more sustainable and efficient use of wireless networks. By optimizing handover procedures and reducing unnecessary energy consumption during transitions, users can experience longer-lasting devices and better overall network performance.

Link_Metrics_Table

Link_Metrics

Link ID	Link Throughput Plot	Packets Transmit...		Packets Errored		Packets Collided		Bytes Transmitted(bytes)	Payload Transmitted(bytes)	Overhead Transmitted(bytes)
		Data	Control	Data	Control	Data	Control			
All	NA	929	9791	0	0	233	3121	451432	34800	416632
1	Link throughput	929	9791	0	0	233	3121	451432	34800	416632

Figure 9: Energy Saving scheme table for the simulation.

VIII. CONCLUSION

In conclusion, the study underscores the critical importance of energy efficiency in the deployment and operation of 5G networks. Optimizing energy efficiency through heterogeneous network handover strategies in the context of 5G presents a significant opportunity to enhance sustainability while maintaining seamless connectivity. By leveraging advanced handover techniques, 5G networks can achieve notable energy savings, paving the way for a more environmentally conscious and resource-efficient telecommunications landscape. As 5G continues to evolve, the implementation of such strategies will be crucial in shaping a greener and more sustainable future for wireless communication technologies. By investigating and proposing advanced handover strategies within heterogeneous network environments, this research contributes to the ongoing efforts to enhance the sustainability and performance of 5G networks. The findings emphasize the potential for significant energy savings through the implementation of intelligent handover techniques, thereby reducing the environmental

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

impact and operational costs associated with 5G network infrastructure. Moreover, the study underscores the necessity of continued research and development in this area to address the growing demand for energy-efficient telecommunications solutions. Ultimately, the insights presented in this study serve as a valuable foundation for further advancements in energy-efficient 5G network design and operation, supporting the transition towards more sustainable and environmentally conscious telecommunications practices in the era of 5G technology. The rollout of 5G, the fifth generation of telecommunications, is about to begin across Europe. Regarding its applicability to the several verticals, this technology is quite promising and will foster the birth of innovations.

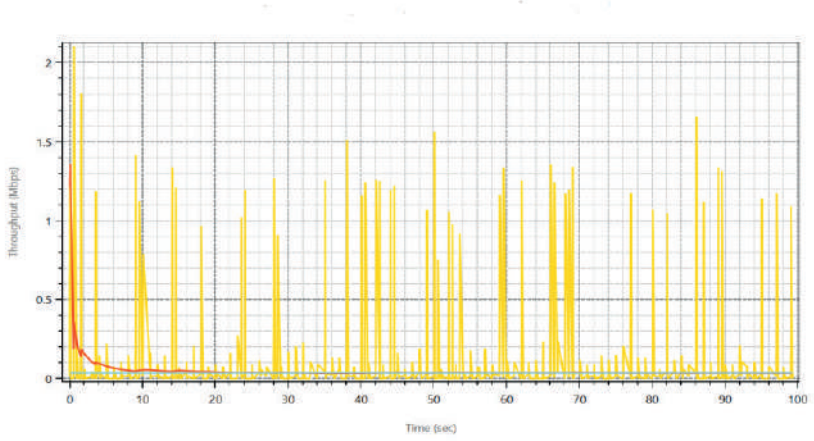


Figure 10: Time series Vs throughput

However, the Energy Efficiency about 5G is a significant worry at a time that has become crucial to reduce energy consumption as much as feasible as seen in fig. 10. The literature has extensively examined techniques and options for making 5G as Energy Efficient as predicted more than 90% more Energy Efficient over LTE. Since base stations use 80% in the energy required for data transmission, putting them in "sleep mode" is one of the primary solutions mentioned in most studies on the problem. Beamforming, spatial multiplexing, longer battery life, reduced energy usage by auxiliary equipment, and greater hardware efficiency are other alternatives. In mobile cellular networks, handover is a well-known and significant problem, and there have been numerous studies on the topic. But as macro-femto diverse cellular networks are implemented, new problems and research directions are presented. The field of view of just one femtocell is limited, and because of this, distinct femtocells as well as macrocells and femtocells overlap one another. Therefore, handovers with macro-femto HetNets occur more frequently than in macro-macro wireless networks. This would result in ping-pong and significant handover signalling overhead, which will ultimately hurt network performance and QoS for mobile users. Secondly, femtocells are different from macrocells in nature, lacking strong mobility support and having different access modes. When choosing the destination femtocells to switch to, we considered how these inherent femtocell characteristics affect the quality of service (QoS) of mobile customers.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

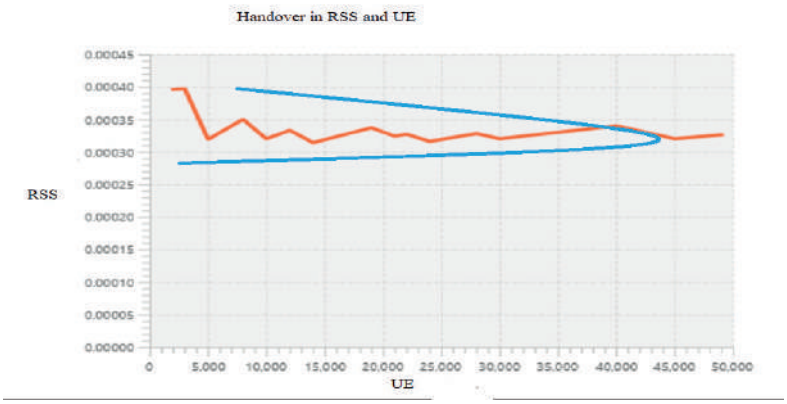


Figure 11: Heterogenous Energy Efficient transmission

A higher RSS value generally indicates a stronger and more reliable signal, leading to better communication performance, higher data rates, and fewer errors from fig. 10. When the UE moves between cells or access points, the network may trigger a handover to ensure continuous and optimal connectivity. The decision to handover is often based on the RSS levels from neighbouring base stations. RSS can impact the energy efficiency of the UE. When the signal strength is weak (low RSS), the UE may need to increase its transmission power to maintain communication with the base station. This can result in higher power consumption and reduced battery life for the UE from fig. 11 above. Overall, maintaining an appropriate RSS level is essential for providing reliable and efficient wireless communication services to the UE. It ensures good signal quality, coverage, and seamless handover while also contributing to better energy efficiency for the user devices. Additionally, some energy-saving techniques, such dynamic sleeping and power regulation, will disable a femtocell's radio antenna or reduce its transmission range, which will result in handover and have an impact on cell selections as seen in fig. 12. Finally, interference termination, distributing resources, load balancing, and power regulation will have an impact on the handover choices and processes in a macro-femto HetNet. It is difficult to optimize these problems together.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

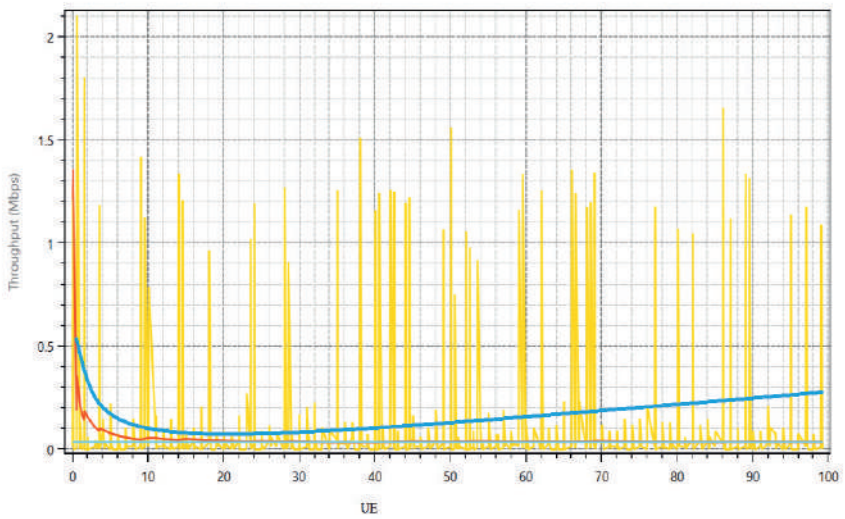


Figure 12: UE vs Throughput

In future, researchers are likely to continue exploring these and other avenues to enhance energy efficiency through heterogeneous network handover strategies as the telecommunications landscape evolves. Contributing to the development of standardized handover protocols and interoperable solutions that can be widely adopted across different 5G networks and beyond. Addressing security and privacy concerns associated with handover optimization algorithms, ensuring that sensitive information is protected during the decision-making process. Focusing on Quality of Service (QoS) metrics to optimize handover decisions, ensuring a balance between energy efficiency and user experience. Examining the potential of network slicing to create customized virtual networks for specific applications, leading to more efficient handover strategies. Exploring fog networking to distribute computational tasks intelligently across the network, reducing the need for frequent handovers.

REFERENCES

[1] I. Ahmad, S. Shahabuddin, T. Kumar, J. Okwuibe, A. Gurtov, and M. Ylianttila, "Security for 5G and beyond," *IEEE Communications Surveys & Tutorials,* vol. 21, no. 4, pp. 3682-3722, 2019.

[2] Z. S. Hammed, S. Y. Ameen, and S. R. Zeebaree, "Massive MIMO-OFDM performance enhancement on 5G," in *2021 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*, 2021: IEEE, pp. 1-6.

[3] F. Tang, Y. Zhou, and N. Kato, "Deep reinforcement learning for dynamic uplink/downlink resource allocation in high mobility 5G HetNet," *IEEE Journal on selected areas in communications,* vol. 38, no. 12, pp. 2773-2782, 2020.

[4] R. Jayaraman, B. Manickam, S. Annamalai, M. Kumar, A. Mishra, and R. Shrestha, "Effective Resource Allocation Technique to Improve QoS in 5G Wireless Network," *Electronics,* vol. 12, no. 2, p. 451, 2023.

[5] H. Martikainen, I. Viering, A. Lobinger, and T. Jokela, "On the basics of conditional handover for 5G mobility," in *2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 2018: IEEE, pp. 1-7.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

[6] A. N. Al-Quzweeni, A. Q. Lawey, T. E. Elgorashi, and J. M. Elmirghani, "Optimized energy aware 5G network function virtualization," *Ieee Access,* vol. 7, pp. 44939-44958, 2019.

[7] Z. Pápai, A. McLean, P. Nagy, G. Szabó, and G. Csorba, "The impact of network sharing on competition: the challenges posed by 5G," *Digital Policy, Regulation and Governance,* vol. 24, no. 3, pp. 274-291, 2022.

[8] J. Pisarov and G. Mester, "The impact of 5G technology on life in 21st century," *IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR),* vol. 16, no. 2, pp. 11-14, 2020.

[9] E. O'Connell, D. Moore, and T. Newe, "Challenges associated with implementing 5G in manufacturing," in *Telecom*, 2020, vol. 1, no. 1: MDPI, p. 5.

[10] W. Schulz, "ETSI standards and guides for efficient powering of telecommunication and datacom," in *INTELEC 07-29th International Telecommunications Energy Conference*, 2007: IEEE, pp. 168-173.

[11] I. P. Chochliouros *et al.*, "Energy efficiency concerns and trends in future 5G network infrastructures," *Energies,* vol. 14, no. 17, p. 5392, 2021.

[12] L. Yang, H. Zhang, M. Li, J. Guo, and H. Ji, "Mobile edge computing empowered energy efficient task offloading in 5G," *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* vol. 67, no. 7, pp. 6398-6409, 2018.

[13] W. Mao, Z. Zhao, Z. Chang, G. Min, and W. Gao, "Energy-efficient industrial internet of things: Overview and open issues," *IEEE transactions on industrial informatics,* vol. 17, no. 11, pp. 7225-7237, 2021.

[14] Z. Zhao, Q. Liu, and H. Guan, "A method and simulation study: Network dimensioning of the broadband residential ethernet-based access network," *Nokia white paper,* 2004.

[15] O. O. Omitola and V. M. Srivastava, "An Improved Handover Algorithm for LTE-A Femtocell Network," *J. Commun.,* vol. 15, no. 7, pp. 558-565, 2020.

[16] A. M. Mukhtar, R. A. Saeed, R. A. Mokhtar, E. S. Ali, and H. Alhumyani, "Performance evaluation of downlink coordinated multipoint joint transmission under heavy IoT traffic load," *Wireless Communications and Mobile Computing,* vol. 2022, pp. 1-16, 2022.

[17] A. Y. Abdelkerım, "Handover performance for LTE-A and beyond heterogeneous networks," Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.

[18] H. T. Yew, A. Chekima, A. Kiring, A. I. Mbulwa, J. A. Dargham, and S. K. Chung, "RSS based vertical handover schemes in heterogeneous wireless networks: Past, present & future," in *2020 IEEE 2nd International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAIET)*, 2020: IEEE, pp. 1-5.

[19] M. Alnabhan, E. Al-qatawneh, A. Alabadleh, M. Atoum, and M. Alnawyseh, "Efficient Handover Approach in 5G Mobile Networks," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inform. Technol,* vol. 10, no. 1, 2020.

[20] J. Iqbal, M. Khan, M. Afaq, and A. Ali, "Performance analysis of vertical handover techniques based on IEEE 802.21: Media independent handover standard," *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies,* vol. 32, no. 7, p. e3695, 2021.

[21] A. Kaul, L. Xue, K. Obraczka, M. A. Santos, and T. Turletti, "Handover and load balancing for distributed network control: Applications in ITS message dissemination," in *2018 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)*, 2018: IEEE, pp. 1-8.

[22] Ş. Sönmez, I. Shayea, S. A. Khan, and A. Alhammadi, "Handover management for next-generation wireless networks: A brief overview," *2020 IEEE Microwave Theory and Techniques in Wireless Communications (MTTW),* vol. 1, pp. 35-40, 2020.

[23] P. Satapathy and J. Mahapatro, "Energy-efficient vertical handover in heterogeneous networks," in *2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, 2021: IEEE, pp. 1-7.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BIOMETRIC AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF PLUM TREES DEPENDING ON UMBRELLA SHAPES.

Dr. Vahid Aliyev, Dayanat Osmanov

Ministry of Agriculture of Azerbaijan Republic
Scientific Research Institute of Fruit and Tea Growing
Azerbaijan, Guba, AZ4035, Zerdabi settlement,
ORCIDE ID: https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0004-6845-6116

ABSTRACT

In the world of agriculture, new ways are constantly being sought to increase productivity and improve product quality. This article provides information on one of the main aspects related to the optimization of plum cultivars - the effect of canopy shape on biometric indicators and the productivity of plum trees. The correct formation of canopy shapes, designed using biometric data, helps to optimally provide plants with sunlight and air, which in turn stimulates the formation of fruit buds in plum trees.

The research work was carried out on Black Amber and Angelino varieties of plum plants in an intensive garden. The article also provides information on changes in the active development phases of plum plant varieties, comparative characteristics of vegetative height, and productivity indicators of 4-year-old plum trees on the clone canopy.

During the two years of the study, there was no significant effect of the shaping practices on the cross-sectional area of the trunk of the trees, the length of the one-year shoots, and the height of the trees.

During the two years, there was no significant difference in the productivity of the trees and the leaf surface.

Keywords: Plum, variety, methods of formation, phenological phases, tree height, productivity.

Introduction: The plum is one of the most valuable fruit plants, it takes third place after cherry and peach in terms of area among stone fruit plants in the republic. The plum plant bears fruit 2-3 years after planting. Plum trees are characterized by fast growth and good branching, as well as not demanding growth conditions and early fruiting.

The development of industrial production of legumes is mainly related to the development and application of intensive technologies. The most important element of such technologies is diversity. Therefore, the creation of stone fruit varieties that maximally meet the requirements of intensive technologies is the most important selection problem [5].

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

The total area of plum orchards increased by 1.7 thousand hectares compared to 2003 and reached 5.2 thousand hectares in 2022, of which 4.8 thousand hectares are fruit orchards [1].

In the last six years, the total production of plums increased by 7.5 thousand tons and reached 41.1 thousand tons in 2022. [1].

The plum plant contains 84-86% water, 7-16% total sugar, 1% perkin, 0.16-2.28% acid, 0.52% cellulose, etc. Contains chemicals [2].

Plum (*Prunus*) belongs to the flowering family, plum subfamily, and includes more than 30 species. Most plum cultivars are derived from domestic plums [4].

The variety has a direct effect on the economic efficiency of the plum plant. Angelina and Black Amber varieties (45 man/cent) have the largest sales value during research on the economic indicators of plum varieties [3].

To achieve high profitability when growing a plum plant, to ensure high productivity and regular fruiting, among other agrotechnical measures, pruning operations are carried out, including the formation of tree canopy forms during the growing season.

Research material and methodology

The object of the study is the Black Amber and Angelino varieties of the plum plant. The planting scheme of trees is 5x3 m (666 trees/ha), experimental works were carried out in 3 repetitions, and there are 9 trees of each variety under observation.

The research work was carried out in 2022-2023 at the H. Zardabi Scientific-Experimental Base of the Scientific Research Institute of Fruit Growing and Tea Cultivation, planted in the fall of 2019, in the field of intensive type "Smart Garden", where a drip irrigation system was installed. The territory of H. Zardabi ETB of M and CETI is located in the lower part of the mid-mountainous belt, which is typical for the Guba-Khachmaz region. The total area of the experimental area is 1.5 hectares, the soil belongs to the grass-brown soil type.

Pruning of trees in the experimental field was carried out in early spring, until the shoots opened, according to the umbrella forms mentioned in the methodology of the research work. In the garden, the edges and trunks of the trees are kept under black soil.

The research work was carried out based on generally accepted methodologies for fruit growing. The change of phenological phases in the varieties included in the experiment was recorded daily by conducting observations in the experimental field, and the stem diameter of the trees was determined by measuring with a barbell at a height of 25 cm from the ground surface. The height of the trees and the width of the canopy were measured with a marked ruler, the average and total length of the one-year branches was determined, the flowering of the trees was measured by honey, the productivity was determined in kg/tree, and the average weight of the fruits was determined in grams. The surface of a

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

leaf is defined in square centimeters (cm^2), and the total leaf surface of trees is defined in square meters (m^2).

Shaping of trees was performed according to the following options:

1. The storied form applied in the farm (control);

2. Bowl-like form;

3. Open bowl-shaped form.

Research results and their analysis.

In fruit trees, a strong dyeing process is observed in the first years of their dyeing, the dyeing processes are also affected by the umbrella forms given to the trees. In the following years, the intensity of dyeing decreases, at the same time the length of the annual shoots decreases and the trees begin the fruiting period.

Research has proven that the development of perennial plants (including fruit plants) - the beginning of sap flow, swelling and opening of leaves and flower buds; flowering, development of annual buds, formation and ripening of fruits; characterized by the shedding of leaves and transition phases to a period of relative rest.

During the research years, changes in the active growth phases of the plum cultivars under observation were studied. It was determined that, on average, flower buds of both varieties opened on March 21-22, and leaf buds on March 31-April 1, flowering began on March 27-28 and ended on April 10-11. The length of the flowering period is 14 days, and the flowering rate is rated at 4 points. Leaf shedding started on October 31 and ended on November 21. The length of the vegetation period in plum varieties under observation was 243 days in the Black Amber variety and 244 days in the Angelino variety.

The shape of the umbrella plays an important role in the formation of the product. Different canopy shapes can have different effects on fruit production. One of these effects is the leaf factor. Leaf area directly affects fruit production. The larger the leaf area, the more opportunity there is for photosynthesis and, as a result, fruit formation. Therefore, optimization of canopy shape and leaf area distribution may be a key factor in increasing plum fruit weight. This makes canopy formation extremely important for agricultural producers who want to increase production and improve the quality of their crops.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 1. Biometric indicators of plum trees depending on umbrella forms,

(2022-2023 average)

Umbrella form options	Planting scheme, m	The diameter of the tree trunk, cm		Diameter increase of the stamp, cm	The average length of the trunk, cm	Tree height, m	The surface of a leaf, cm^2
		2022	2023				
Black Amber variety on Garnem rootstock							
Floor (control)	5x3	6,44	6,60	0,16	55,5	3,21	25,94
Bowl-like	5x3	6,57	7,23	0,66	59,17	2,95	27,12
Open bowl-like	5x3	5,94	6,26	0,32	52,7	2,81	28,68
Angelino variety on Garnem rootstock							
Floor (control)	5x3	5,68	7,20	1,64	58,4	3,24	25,41
Bowl-like	5x3	6,51	6,53	0,02	48,85	3,00	22,28
Open bowl-like	5x3	6,45	6,56	0,11	55,55	3,05	26,78

From the data in the table, it is clear that the cross-section of the stem and the average length of one-year shoots in the Black Amber variety in all variants of the experiment prevailed over the control variant. Thus, depending on the umbrella options, the length of one-year-old shoots varies from 52.7 to 59.17 cm, and the difference compared to the control option was 3.67 cm.

According to the obtained two-year data, the highest results of the leaf surface of the trees for both varieties were recorded in the form of an open bowl-shaped umbrella. Leaf surface in this version: 28.68 cm^2 in the Black Amber variety; In the Angelino variety, it was 26.78 cm^2.

It should be noted that one of the factors that positively affects tree productivity is leaf surface area, with studies showing that canopy shape can positively affect leaf surface distribution and ultimately fruit production.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

Table 2. The effect of canopy forms on the productivity of plum trees,

(average over two years)

Umbrella form options	Rootstock	Planting scheme, m	Harvest from a tree, kg/tree	Yield per hectare, sen/ha
Black amber variety				
Floor (control)	Garnem	5x3	11,7	77,92
Bowl-like	"----"	5x3	13,85	92,24
Open bowl-like	"----"	5x3	12,5	83,25
Angelino variety				
Floor (control)	Garnem	5x3	12,85	85,58
Bowl-like	"----"	5x3	14,80	98,56
Open bowl-like	"----"	5x3	13,75	91,57

From this point of view, during the reporting years, it was possible to determine the productivity of plum varieties, trees with different umbrella forms, and their productivity during the initial production period. As a result of the research, it was determined that depending on the varieties under observation and the variants of the experiment, the average yield from one tree varied between 11.7-14.80 kg in two years, and it was 77.92-98.56 centners from one hectare of land. The highest productivity for both varieties was recorded in the variant with a cup-shaped umbrella shape (92.24-98.56 sen/ha), compared to the control variant, the increase was 14.32 sen/ha in the Black Amber variety, and 12.98 sen/ha in the Angelino variety. was. The yield per hectare in open cup-shaped umbrella form was 83.25 sen/ha in the Black Amber variety and 91.57 sen/ha in the Angelino variety, the increase compared to the control option was 5.33 and 5.99 sen/ha respectively.

RESULTS

1. According to the two-year results, flower buds of plum varieties were opened on March 21-22, and leaf buds were opened on March 31-April 1, flowering was recorded on March 27-28, and the degree of flowering was evaluated with 4 points. The experimental variants did not affect the change of phenological phases and the length of the vegetation period was 243-244 days, with a difference of one day between the varieties.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

2. Depending on the varieties and options of the experiment, the average length of one-year trees varied from 48.85 to 59.17 cm, and the height of the trees varied from 2.81 to 3.24 m. The average length of the pods was 3.67 cm recorded in the Black Amber cultivar and 90.20 cm recorded in the control variant in the Angelino cultivar.

3. The highest results on the diameter of the trunk of the trees and the growth of the trunk diameter were recorded in the variety of Black Amber variety with a cup-shaped umbrella shape of 0.66 cm. In the Angelino variety, 1.64 cm was recorded in the given version of the multi-story umbrella shape.

4. The surface of one leaf in trees varied between 22.28-28.68 cm^2, the highest results were recorded in the variant with an open bowl-shaped umbrella shape. In this variant, the surface of a leaf was 2.74 cm^2 more in the Black Amber variety and 1.34 cm^2 in the Angelino variety than in the control variant.

5. In the varieties under observation, depending on the variants of the experiment, the average productivity per tree varied from 11.7-14.80 kg, and from 77.92-98.56 centners per hectare, the highest results for both varieties were given in the variant with a bowl-shaped umbrella shape has been observed. In this variant, the yield per hectare was 14.32 centners in the Black Amber variety and 12.98 centners in the Angelino variety compared to the control variant.

Reference

State Statistics Committee of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan Agriculture (statistical collection) Bakı: 2022, səh.89-92.

Ə.N.Sadıqov Azərbaycanda yayılmış meyvə bitkiləri // Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı – 2023. 632 səh.

Bəyəhmədov İ.A.- Quba-Xaçmaz bölgəsində qərzəkli və çəyirdəkli meyvə bitkilərinin mütərəqqi texnologiya ilə becərilməsi // Azərbaycan aqrar elmi jurnalı №2 2018, səh. 52-58

Həsənov Z., Əliyev C., Qasımov V., Əlizadə S., Məmmədova M., İdrisov H., Süleymanova Y.- Meyvə və Tərəvəz Bitkiləri/ Bakı:- "AGAH" nəşriyyatı, 2000, - 224 s.

Еремин Г.В- Перспективы создания сортов косточковых культур для интенсивных технологий возделывания /Г.В.Еремин// Роль сортов и новых технологий в интенсивном садоводстве: материалы к междунар. науч.-метод. конф., Орел, 28-31 июля 2003 г./ВНИИСПК-Орел: Изд-во ГПУ ВНИИСПК, 2003.-с.92-94

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COUPLING ADSORPTION-PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF SAFRANINE O DYE BY TERNARY NANOCOMPOSITE SUPPORTED ON NATURAL CLAY

Reguia Boudraa [1]*, Djahida Talantikite-Touati [2], Sarah Balit[3], Lotfi Mouni[4].

*[1]Université de Bouira, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Chimie, Bouira, Algérie.
[2] Université de Bejaia, faculté des science exacte, chimie, Bejaia, Algérie.
[3] Université de Bejaia, faculté de la nature et de vie, microbiologie, Bejaia, Algérie
[4]Université de Bouira, faculté de la nature et de vie, Biologie, Bouira, Algérie

ABSTRACT

An attempt to degrade the organic dyes led to the development of n-p heterojunction photocatalysts based on TiO_2 supported on a local clay by-product in the context of the waste valorization, collected from Tinebdar-Bejaia for the photodegradation of basic red 2 (Safranine) dye into a non-harmful by-product. The heterosystems were easily prepared by the eco-friendly method using TiO_2 and two metal oxides with different oxidation states (+II) and (+III) as precursors, supported on a zeolite (Zn) by-product with different ratio: M(30%)/Zn(70%) and M(50%)/Zn(50%). Used for the first time in the photocatalytic water treatment sector.

The results show a high degree of crystallinity and an orderly distribution of the grains in the solid. The support on a zeolite increases the specific surface area, which improves the contact surface between the pollutant and the composite. The determination of the optical gap shows strong absorption of light in the visible range, allowing less energetic light-absorption and a lower rate of electron-hole recombination. The influence of the most critical parameters of the process, such as the material/clay ratio, the light nature (solar/ artificial light), and the effect of the presence of an oxidizing agent (PDS), were studied. The n-p catalysts provide excellent results in photocatalysis, with a removal efficiency of 80% under visible-light. The presence of PDS (25 ppm) improves the degradation yields up to 93.2%. As a result, the composite developed in this investigation can inhibit the ($\bar{e}$, h+) recombination. The synergy between both phenomena (adsorption - photocatalysis) enhances its catalytic activity.

Keywords: Clay, photocatalysis, sunlight, heterojunction, PDS .

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COMPARISON OF MPPT TECHNIQUES ON THD CURRENT IN A GRID ASSOCIATED TO PHOTOVOLTAIC SYSTEM

MERAOUAH Mustapha[1] KADDARİ Faiza[2] HASSAİNE Said[1] MİHOUB Youcef[1]
HEROUAL Samira[1]

1. Electrical Engineering Department, ibn Khaldoun University, Tiaret, Algeria
2. Electrical Engineering Department, Sciences and Technology University, Oran, Algeria
3. Electrical Engineering Departme, University of Djilali Liabes, Sidi Bel Abbas,Algeria

Abstract **–** The majority of MPPT algorithm comparison studies conducted in the literature focus on the algorithms' accuracy, speed, resilience to quickly changing environmental circumstances, etc. Comparative studies of MPPT technologies in terms of THD injected into the grid are crucial for grid-connected photovoltaic (PV) systems. This work used MATLAB/Simulink to study and compare two advanced MPPT approaches, fuzzy logic control (FLC) and neural network control (NNC), with two standard MPPT methods, perturb and observation (P&O) and incremental conductance (IC), in terms of currents injected THD into the grid. The two-stage grid-connected photovoltaic system under examination consists of a two-level voltage source inverter and a classical boost converter. The THD of the injected current using the FLC and NNC-based MPPT techniques was lower than the IC MPPT approach and the P&O one. The simulations were conducted with the same parameters; the dc-link voltage fluctuation primarily indicates which MPPT approach performs better than the others.

Keywords – Grid-PV system;Incremental conductance;Fuzzy logic controller; neural network ,MPPT,THD

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

APPLICATION OF ROCK MASS CHARACTERIZATION TO THE DRILLING AND BLASTING PLAN ENHANCEMENT IN OPEN PIT MINES

Fares Belgueliel[1,2*], Mohamed Fredj[1,2], Abderrazak Saadoun[1,2]

[1]Mining and Geology Department, University of Abderrahmane Mira, Bejaia, Algeria
[2]Natural Resources and Planning Laboratory, Badji Mokhtar Annaba University, Algeria

Abstract

The study and control of the blasting process is of a major importance for the functioning of the quarries. Often, good fragmentation is described such as that the blasted rock can be easily extracted by the loading equipment, transported by the transportation equipment and also the ease of the rock crushing without the need of a secondary blasting process. So in our case study of the limestone quarry Chouf Ammar and for the purpose of obtaining a good fragmentation, our work consists in characterizing and classifying the quality of the rock mass by classification methods (RQD, RMR and Q) because the rock mass quality represent an important parameter in the optimization of the blasting plan. The software Delpat version 3 is used to propose the optimized blasting plan and in order to confirm its efficiency and profitability; we used the model of size prediction KUZ-RAM that allows us to represent the granulometry distribution of the rock fragments. The obtained results of the KUZ-RAM model shows a good rock fragmentation using the optimized blasting plan calculated by the Delpat software, with a percentage of oversized rocks of 9.2%. In the other hand, the percentage of oversized rocks obtained by the existing blasting plan of Chouf Ammar quarry is 10.1%. From there, we derived that the rock characterization is essential in providing a rational drilling and blasting plan design, which can improve the rock mass fragmentations.

Keywords: blasting plan, rock characterization, fragmentation, quarry, Delpat 3, KUZ-RAM.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

AN INTELLIGENT HEALTHCARE SYSTEM USING IOT IN WIRELESS SENSOR

Pavithra.L[1]

Assistant Professor
Department of ECE
Nandha College of Technology, Erode-52

Ragavi.B[2]

Assistant Professor
Department of BME
Dr.NGP Institute of Technology, Coimbatore.

Abstract- The Internet of Things (IoT) uses wireless networks without infrastructure to install a huge number of wireless sensors that track system, physical, and environmental factors. There are a variety of WSN uses, and some well-known application factors include energy consumption and lifespan duration for routing purposes. The sensors have detecting, processing, and communication capabilities. In this paper, an intelligent healthcare system is proposed which consists of nano sensors that collect real-time health status and transfer it to the doctor's server. Time consumption and various attacks are major concerns, and some existing techniques contain stumbling blocks. Therefore, in this research, a genetic-based encryption method is advocated to protect data transmitted over a wireless channel using sensors to avoid an uncomfortable data transmission environment. An authentication procedure is also proposed for legitimate users to access the data channel. Results show that the proposed algorithm is lightweight and energy efficient, and time consumption is 90% lower with a higher security ratio.

Keywords: genetic-based encryption; nano sensors; authentication; transmission ; environment; Time consumption .

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

SELF-ADAPTIVE PHOTONIC THERMAL MANAGEMENT BASED ON A FLEXIBLE METASURFACE

Muhammad Mohsin

Department of Physics
College of Science, Hohai University Nanjing, P.R China

Abstract: As a new technology that uses thermal radiation to transmit the heat of objects to the universe through the transparent window of the atmosphere, radiative cooling has the advantages of zero energy consumption and zero pollution. However, most of the reported radiative cooling materials cannot sense the change of the ambient temperature and make corresponding thermal regulation behaviors independently. To address this issue, we propose a novel design based on flexible metasurface to realize the passive self-adaptive radiative cooling. By depositing flexible thermal expansion material in the sandwich structure, the metasurface can switch between 'ON' and 'OFF' states of radiative cooling function with the change of ambient temperature, and effectively control the absorption and reflection of electromagnetic waves in the atmospheric window, realizing flexible transformation of radiation cooling and insulation. Meanwhile, the cooler can achieve extremely low absorptivity across the entire solar spectrum for daytime cooling. This study is expected to provide practical solutions for the development of modern energy-efficient buildings.

Keywords: Self-adaptive Radiative cooling Photonic thermal management Flexible Metasurface

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MONITORING EDDY CURRENT DENSITY FLUCTUATION AND POWER MANAGEMENT IN DOPED AL2O3 NANOWIRE

Gizachew Diga

Abstract

Al_2O_3 nanowire presents fascinating electrical properties which span from insulating (dielectric) to superconducting. It also exhibits resistive effects associated with room temperature magnetism caused by doping effects resulting in defects and quantum confinement. Dissipative effects associated with magneto resistance are responsible for electric current fluctuations. A model is designed to describe the Phenomenon of eddy electric current and eddy current density fluctuation. Accordingly the Greens –Kubo theorem is incorporated to explain the not only electric current density but also the relation between electric conductivity, magnetic field, and frequency of oscillations. This model is preferred since it is sufficient to describe defects states, magnetic or spin state, and electronic band structure with electronic states. The current density is therefore, proportional to power dissipation. Besides, the current density fluctuation is expected to be proportional to the penetration depth. We will explore the effect of coating nanowire for reducing eddy current lose. Due to its transparent and thermal stability, it is used for variety of applications.

KEY WORDS: eddy current density fluctuation, dielectric, defects, nanowire, spin state, quantum confinement

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF RATE $NH_4^+/NO_3^-+NH_4^+$TO K^+, IONS UPTAKE ON PEACH TREES (*PRUNUS PERSICA* (L.) BATSCH. CVS. ALBERTA & ZAFERANI)

Rahmani Mahsa [a], Babalar Mesbah [b].

[a]Mc graduate, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[b] Professor, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Correspondence to: Mahsa Rahmani, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Abstract

This experiment was conducted as factorial in a randomized complete block design with 5 nutrient treatments and 10 replications for each cultivar and total number of 100 peach trees that the investigation was at Tehran University about 2 years. In this study the effects of five nutrient solutions with different concentrations of $NH_4^+$and $NH_4^+/NO_3^-+NH_4^+$ and equal mineral concentrations of total nitrogen, calcium, phosphorous, magnesium in comparison with the control or treatment one with different concentrations of all nutrients (about half of other treatments) on 4 years old peach trees (*Prunus persica* (L.) Batsch. cvs. Alberta & Zaferani) was studied. The concentrations of NH_4^+ were (0, 0.3, 0.5, 0.7 & 1 meq L^{-1}) and the ratio of concentrations $NH_4^+/NO_3^-+NH_4^+$ were (0, 0.04, 0.07, 0.1 & 0.15) in treatments one to five. The concentration of total nitrogen calcium, phosphorous and magnesium were (6.3, 3.5, 1.5 & 2.1 meq L^{-1}) in treatments two to five and in control they were (2.7, 1.5, 0.75 & 1.2 meq L^{-1}). The result of variance analysis for leaf percent K was affected significantly by nutrient solutions. Also leaf percent $NH_4^+$and leaf percent Ca were affected by cultivar. But leaf percent Mg and leaf percent P were not affected by nutrients. Between nutrition elements with each other

positive or negative regression relation were observed. Nutrient content in the leaves of Alberta cultivar was higher than Zaferani cultivar. Finally, nutrient solution S3 and S5 was determined to be suitable for peach trees nutrition.

Keywords: Nutrient solution, NH_4^+, $NH_4^+/NO_3^-+NH_4^+$, Ca, Mg, P, Zaferani, Alberta, Cultivar.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF NUTRIENT SOLUTION ON VEGETATIVE TRAITS , CHLOROPHYLLS AND CAROTENOID OF PEACH TREES

Rahmani Mahsa [a], Babalar Mesbah [b].

[a]MSc graduate, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

[b]Respectively, Professor, Department of Horticultural Science, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Correspondence to: Mahsa Rahmani, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj , Iran.

ABSTRACT

This experiment was conducted as factorial in a randomized complete block design with 5 nutrient treatments and 2 cultivars (Alberta and Saffron) with 2 replications and experimental units of 10 peach trees and total number of 100 pots. Nutrient elements (nitrogen, phosphorus, calcium, magnesium and potassium) had significant effects on the vegetative parts of the peach trees and improved function and growth of peach trees. The results of variance analysis for vegetative characters showed that flower bud density, chlorophylls a and carotenoids were affected by nutrient solutions significantly. But chlorophyll b and total chlorophylls were not affected by nutrients. Finally, solution No. 5 was determined as suitable solution for 2 cultivars peach trees (Alberta and Saffron) nutrition.

Keywords: *Nutrient solution, NH_4^+, NH_4^+/NO_3^- + NH_4^+, Alberta, Saffron, Cultivar, Peach.*

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFECT OF ERBIUM DOPING ON THE STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ZINC SULFIDE PREPARED BY HYDROTHERMAL METHOD

[*]Dris Farid [2]D.Talantikite-touati. [3]N.Ait Ahmed

[1]Departement of chemistry/laboratory environmental engineering,university of bejaia
[2]Departement of chemistry/laboratory enviromental engineering,university of bejaia
[3]Departement of chemistry/laboratory of corrosion,university of bejaia

Abstract

Recently, semiconducting nanoparticles were received huge interestfor their potential application in the field of sensors, emitters and catalysts due to their optical, electric and structural properties. Among these semiconductor nanoparticles. In the field of optical and microelectronic industries ZnS has become an outstanding candidate, due to its high refractive index, high effective dielectric constant and wide wavelength pass band .ZnS is a wide band gap semiconductor of about 3.6eV, which makes it as a promising transparent material in the visible region. They are widely used for optoelectronic applications such as filters, photoelectric cells, and LED's. Many deposition techniques have been used to prepare ZnS Nps, such as chemical vapour deposition, electron beam deposition, sputtering, chemical bath deposition, and hydrothermal methods. Zinc sulfide is a binary compound II-VI with a wide gap and therefore transparent with a high refractive index and good transmittance in the visible range. In this work, we prepared pure ZnS and doped with Erbium using different concentration of Er (2and 4%) by hydrothermal method. The results of structural, optical, vibrational and morphological characterization of Er-doped ZnS NPs was compared with those of Pur ZnS NPs.to Characterize crystal structure and morphology samples an X-Ray diffraction with Cu Kα radiation (1.54056 Å) in the range of 20-90̊, . Optical properties of undoped and doped ZnS is investigated by using UV-Visible spectrophotometer at the wavelength range between(200 and 800 nm) .

Keywords: DRX; ZnS; optical; IFTR, Erbium

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

ANALYSIS OF KNEE ANGLES IN INSTEP AND OUTSIDE KICKING TECHNIQUES IN FOOTBALL

Tim S Babu, Post Graduate Student

Central University Of Rajasthan

ABSTRACT

This study investigates knee flexion angles during two key football kicking techniques: the instep kick and the outside kick. Eleven football players from the Central University of Rajasthan, aged 21 to 23, were analyzed. Video recordings were made using smartphone cameras, and the Coach's Eye app facilitated precise angle assessment. The results indicate a significant difference in knee flexion angles between these techniques, with the instep kick displaying higher angles. This information has practical implications for optimizing kicking techniques, though larger sample sizes and consideration of other factors are recommended for future research. Additionally, excessive knee flexion in kicking may compromise stability and increase injury risk, emphasizing the importance of technique precision.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

THE IMPACT OF SURYA NAMASKAR EXERCISE ON AGILITY PERFORMANCE AMONG RESIDENTIAL JUNIOR FOOTBALL PLAYERS

Tim S Babu

Post Graduation Student, Central University Of Rajasthan,

ABSTRACT

This study aimed to examine the effect of Surya Namaskar exercise on the agility performance of junior football players in the Sportto Football Academy in Wayanad, Kerala. A total of 20 players between the ages of 14 and 17 were chosen to participate in the study. The researchers focused on two main factors: the Surya Namaskar training (which was the independent variable) and agility (which was the dependent variable). Data was collected through tests conducted before and after a 6-week period of Surya Namaskar training. The participants underwent both the initial test and the final test.

The researchers used descriptive analysis and paired t-tests to compare the average agility scores before and after the training. They set a significance level of 0.05 to determine if any differences observed were statistically significant. The results of the statistical analysis showed that the calculated t-value (6.339) exceeded the tabulated t-value (2.024), and the P-value (0.000) was less than 0.05. This indicates that there is a significant difference between the scores obtained in the pre-test and post-test agility evaluations. In simpler terms, the study's findings clearly show a noticeable improvement in agility after the participants underwent the Surya Namaskar training.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPORTS COMPETITION ANXIETY: A STUDY OF UNIVERSITY-LEVEL FOOTBALL PLAYERS AT TWO DIFFERENT UNIVERSITIES IN INDIA

TIM S BABU

Post graduation Student, Central University Of Rajasthan

ABSTRACT

This study examined and compared the levels of sports competition anxiety among male football players at two prestigious universities, the National Sports University Manipur and the Central University of Rajasthan. A sample of 40 participants, with 20 players from each university, was selected for the study. The researchers utilized Martin's (1990) Sports Competition Anxiety Test as a reliable measure to assess the anxiety levels experienced by the players. The collected data were analyzed using an independent t-test, facilitating a comprehensive evaluation and comparison of sports competition anxiety between university-level football players at the two institutions.

The results of the data analysis revealed that the calculated t-value of 1.984 was lower than the tabulated t-value of 2.00, and the corresponding p-value exceeded the significance level of 0.05. These findings lead to the conclusion that there is no significant difference in sports competition anxiety between the football players from both universities. Notably, comparable skill levels, competitive environments, training methods, expectations, and team dynamics likely contribute to the observed similarity in sports competition anxiety levels among university-level football players at the National Sports University Manipur and the Central University of Rajasthan.

Key words : anxiety, competition, football, player

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

UNVEILING THE IMPACT OF ELECTION RESULTS ON SOCIAL MEDIA DISCOURSE: TRENDS, SENTIMENTS, AND SOCIOPOLITICAL DYNAMICS

Mohammad Arman Jawad[1]*

University of South Asia, Faculty of Engineering, Department of Computer Science & Information Technology, Dhaka, Bangladesh

Abstract

Ideologies, trends, and socio politics all play a complex role in shaping election results on the internet. Social media has a significant historical impact on elections and society by igniting discussions. This study looks closely at election outcomes to show the various ways they shape and influence conversations on social media. This methodology ensures a comprehensive and sound research plan by utilizing both qualitative and quantitative methodologies. generate a lot of content from social media sites related to the election by using data mining algorithms. This work uses natural language processing (NLP) algorithms to examine sentiment, trends, and patterns in election-related social media material in order to understand the dynamics of information transmission. Qualitative study investigates online discourse, revealing recurrent themes and complex concepts inside discussion boards. The results show how flexible the conversation around elections on social media is. They show how public opinion may change after elections, either from happiness to unhappiness or the other way around.

Research points to an increase in online narratives that both challenge and exaggerate socioeconomic gaps. These narratives give insight on sociopolitical processes that are impacted by the results of the midterm elections, either intensifying or reinforcing preexisting tendencies. Deciphering how social media, public opinion, and ideological arguments influence contemporary political discourse and human relationships is crucial to understanding.

Keywords: *Online Conversations Election, Results, Social Media Discourse, Sociopolitical Dynamic, Sentiment Interactions,*

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

CRYSTALLINE CERIUM PHOSPHATE-GLASSY ZIRCONIUM TITANIUM TELLURATES COMPOSITES SELF-DOPED AND SELF-SUPPORT POLYMERIZATION OF BENZIMIDAZOLE-CO-ANILINE, BENZIMIDAZOLE-CO-PYRROLE

Sadek K. Shakshooki*[1] Ramadan M. Alaeb[1], Fituri A. Akari[1] , Salima M. El-Hamroni[1], [2]Amina M. Elhammady[2]

[1]Department of Chemistry Faculty of Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya.
[2]Libyan Advanced Centre of Chemical Analysis, Tripoli.

ABSTRACT

Glassy zirconium titanium tellurates and crystalline cerium phosphate, $Zr_{0.9}Ti_{0.1}O(HTeO_4)_2.4.21H_2O$, $Zr_{0.8}Ti_{0.2}O(HTeO_4)_2.4.51H_2O$, (g-$Zr_xTi_{(1-x)}Te$) ,$Ce(HPO_4)_2$. $1.33H_2O$(CeP), respectively (x=0.9,0.8), were prepared and characterized by chemical, XRD. SEM and FT-IR spectroscopy. Solid-solid mixing of glassy zirconium titanium tellurates and crystalline cerium phosphate, in 33:67 wt./ wt% mixing ratios, respectively, lead to formation of novel [g-$Zr_xTi_{(1-x)}Te$]$_{0.34}$ $[CeP]_{0.66}$ composite. [g-$Zr_xTi_{(1-x)}Te$]$_{0.34}$ $[CeP]_{0.66}$ / polybenzimidazole-co-polyaniline, polybenzimidazole-co-polypyrrole composites were prepared and characterized by elemental (C,H,N) analysis, FT-IR, SEM and UV-Vis. spectroscopy. The formation of the conducting copolymers were promoted by the reduction of Ce(iv) ions present in the inorganic matrix [g-$Zr_xTi_{(1-x)}Te$]$_{0.34}$$[CeP]_{0.66}$. A possible explanation is part of CeP was attacked by the comonomers and converted to cerium orthophosphate ($Ce^{III}PO_4$). From elemental (C, H, N) analysis the amounts of organic materials % in wt. present in resultant [g-$Zr_{0.9}Ti_{0.1}Te$]$_{0.34}$$[CeP]_{0.66}$ / polybenzimidazole-co-polyaniline composite, found to be (PBI = 5.55, PAni = 6.84 % in wt.) , while for [g-$Zr_{0.8}Ti_{0.2}Te$]$_{0.34}$$[CeP]_{0.66}$ / polybenzimidazole-co-polyaniline composite were (PBI =4.89, PAni = 6;04 % in wt.). The amounts of organic materials % in wt. present in resultant [g-$Zr_{0.9}Ti_{0.1}Te$]$_{0.34}$$[CeP]_{0.66}$ / polybenzimidazole-co-polypyrrole composite, found to be (PBI = 6.71, PPy = 4.33 % in wt). while for [g-$Zr_{0.8}Ti_{0.2}Te$]$_{0.34}$$[CeP]_{0.66}$ / polybenzimidazole-co-polypyrrole composite were (PBI = 6.45, PPy = 4.26. % in wt), Electrical conductance of the resultant copolymer found to be in the range of semiconductors.

Keywords: crystalline cerium phosphate, glassy zirconium titanium tellurates, composites, self-support polymerization, benzimidazole-co-aniline and benzimidazole-co-pyrrole.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

EFFICIENCY OF WHEAT STRAW BIOCHAR IN COMBINATION WITH COMPOST AND BIOGAS SLURRY FOR ENHANCING NUTRITIONAL STATUS AND PRODUCTIVITY OF SOIL AND PLANT

Laraib Saeed

Department of Environmental Science and Engineering
College of Environment, Hohai University Nanjing, P.R China

Abstract

In the present study, we investigated the impact of different combinations of wheat straw biochar, compost and biogas slurry on maize growth, physiology, and nutritional status in less productive soils. The experiment was performed as a completely randomized block design in a greenhouse pot experiment. The compost and biogas slurry were applied with and without biochar. The results revealed that a combination of biochar, compost, and biogas slurry enhanced the cation exchange capacity (31%), carbon (83%), phosphorus (67%) and potassium (81%) contents in the soil. Likewise, a significant increase in soil microbial biomass carbon (15%) and nitrogen (37%) was noticed with the combined use of all organic amendments. Moreover, the combined application of biochar, compost and biogas slurry enhanced soil urease and β-glucosidase activity up to 96% and 67% over control respectively. In addition, plant height, chlorophyll content, water use efficiency and 1000-grain weight were also enhanced up to 54%, 90%, 53% and 21% respectively, with the combined use of all amendments. Here, biochar addition helped to reduce the nutrient losses of compost and biogas slurry as well. It is concluded that biochar application in combination with compost and biogas slurry could be a more sustainable, environment-friendly and cost-effective approach, particularly for less fertile soils.

Keywords: wheat straw biochar; **biogas slurry**; **compost**; **soil health**; **maize**

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

BIOCHAR IMPROVES PHOSPHORUS USE EFFICIENCY OF ORGANIC-INORGANIC FERTILIZERS, MAIZE-WHEAT PRODUCTIVITY AND SOIL QUALITY IN A LOW FERTILITY ALKALINE SOIL

Sania Saeed

Department of Environmental Science and Engineering
College of Environment, Hohai University Nanjing, P.R China

Abstract:

Low and declining soil organic matter contents pose a significant threat to soil fertility, crop productivity and economic returns in arid and semi-arid agroecosystems. Holistic approaches are required to build and sustain soil organic matter in such soils to enhance nutrient use efficiencies and meet food security. Biochar is emerging as an attractive option for multiple benefits to soil-plant systems and carbon sequestration, especially in low fertility soils. We conducted a two-year maize-wheat rotation field experiments during 2015 and 2016 to test the effects of biochar on crop productivity, soil properties and phosphorous use efficiency (PUE) when applied with organic P sources as either farmyard manure (FYM) or poultry manure (PM) and diammonium phosphate (DAP) chemical fertilizer. Biochar was applied at two rates (0 and 10 t ha−1) whereas percentage of organic-inorganic P sources were 0, 25, 50 and 100% respectively. Biochar and manures were incorporated only once at the start of the field experiments whereas chemical fertilizers were applied during each crop cycle. Analysis of the two-year data revealed that biochar and P sources significantly and positively changed crop and soil quality attributes. Application of biochar significantly increased biological and grain yields of maize and wheat, soil organic carbon (SOC), and available nitrogen (N) and P contents without any negative effects on soil pH and electrical conductivity (EC). Addition of 50% P each from organic (FYM or PM) and chemical fertilizer increased biological and grain yields of maize, however, wheat biological and grain yields were higher with 100% PM or FYM in the presence of biochar. SOC and P contents were the highest when biochar was integrated with 100% P from FYM under maize crop. Biochar enhanced PUE from organic P sources more than the chemical fertilizer for both crops. Grain and biological yields of both crops correlated positively with SOC, soil N and soil P contents. We also found strong correlations between SOC, PUE and harvest index (HI) suggesting the benefits of increasing SOC contents under biochar-related integrated nutrient management practices. Overall results from these field experiments indicate potential of biochar to enhance plant nutrition, crop productivity and soil quality in nutrient poor alkaline calcareous soil

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

under maize-wheat cropping system. Long-term farmers' participatory field experiments, however, are required to extrapolate the potential of biochar integrations into current cereal-based cropping systems of Pakistan.

Keywords: Biochar, P sources, Maize, Wheat, Phosphorus use efficiency

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

IMPACT OF ECOLOGICAL EXPLORATION PROCESSES ON THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC INVESTIGATION APPROACH (DIS) AND PERSONAL ACTION PROJECTS AMONG HIGH SCHOOL STUDENTS: A TOOL FOR REFLECTION ON CLASSROOM PRACTICES CASE OF AN ECOLOGICAL SCHOOL TRIP IN A NATURAL ENVIRONMENT

Redouane Hafer

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Hassan II University, Casablanca, Morocco

Mustapha Bassiri

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Hassan II University, Casablanca, Morocco
Multidisciplinary Laboratory in Education Sciences and Training Engineering, Normal Superior School (ENS) Hassan II University, Casablanca, Morocco

Malika Tridane

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Hassan II University, Casablanca, Morocco
Regional center for education and training Casablanca., Morocco

Said Belaaouad

Laboratory of Physical Chemistry of Materials, Faculty of Sciences Ben M'Sick, Hassan II University, Casablanca, Morocco

Abstract

The teaching of SVT in general offers learners an environment that allows them to explore and explain natural phenomena, to understand different spatio-temporal scales, to understand the world around them so that they can decide and act responsibly. It is interesting to note that the scientific ecological outing (SES) is an integral part of the SVT teaching program, at both college and qualifying secondary level, and that teachers are called to organize these outings in agreement with the programs as recalled by the circulars of the MEN. However, the SES allows the real observation and the execution of experiential practices in the field, it is the opportunity to place the learner in a learning situation according to a reflective and investigative scientific approach from his confrontation with reality [8] [9]. Offers a didactic framework and formalizes evaluation criteria for the implementation and management of a scientific investigation process. So that he can make connections with what the learner acquires as abstract knowledge in class in order to be able to decide and act responsibly and critically on the scale of everyday situations as an Eco citizen.

Keywords: school ecological outing, investigative process, experiential learning and reflective practice.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

MYCORRHIZAE-RHIZOBACTERIAL INTERACTION TO ENHANCE THE GROWTH, DEVELOPMENT, NUTRIENT CONTENT, AND PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES OF OKRA IN COMPOST AMENDED SOIL

Humaira Niaz

Institute of Soil and Environmental Science
Department of Environmental Science

Abstract

Soil fertility, soil quality, and crop yield decline due to the misuse of chemical fertilizers. Eco-friendly strategies based on biological or organic procedures can mitigate the harmful effects of agrochemicals on the environment. A more effective option for boosting plant development and production is the use of Arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and plant growth-promoting bacteria (PGPR). Therefore, a completely randomized design (CRD) pot experiment was carried out to assess the efficacy of AMF, PGPR, and their interaction in enhancing okra's growth, physiology, nutrient absorption, and yield, with and without the addition of compost. While both AMF and PGPR improved the traits that were tested, the results showed that combined inoculation of the two was far more effective than either inoculation alone or the control treatment at increasing fresh and dry weight, plant length, fruit yield per plant, chlorophyll A and B, and carotenoids. The combined application of AMF and PGPR significantly enhanced the plant height (48.4%), the number of okra fruits (87.4%), fresh weight (60.7%), dry weight (83.2%), and P (63.2%) without compost but the maximum increase in N (55.5%) and K (64%) concentrations, stomatal conductance (22.1%), transpiration rate (2.7 times), photosynthetic (1.4 times), water use efficiency (1.1 times) was found under combined inoculation of AMF and PGPR in compost amended soil. Pearson correlation showed that the plant height, number of okra fruits, and fresh and dry weight were significantly associated with chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, water use efficiency, and P concentration. The PLS-SEM showed that the 88% shift in nutrient concentration and 98.5% variation (indirectly) in growth and yield can be elucidated by the addition of microbes under compost amendment. The PCA results concluded that the studied attributes were improved under the integrated application of AMF and PGPR, especially in compost-amended soil.

Keywords: soil fertility, soil quality, phosphorous, physiology

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

PROXIMATE COMPOSITION OF *BRACHIARIA RUZIZIENSIS* AS AFFECTED BY COW DUNG AND CUTTING STAGES IN THE SUDAN SAVANNAH ZONE OF NIGERIA.

***Idowu, W[1]., Akinde, T. S.[2] and Aruwayo, A[1].**

[1]Department of Animal Science, Federal University Dutsin-Ma Nigeria.
[2]Agricultural and Agricultural Technology Department, Federal Polytechnic Ayede, Oyo state.

Abstract

The study was carried out to investigate the proximate composition of *Brachiaria ruziziensis* as affected by cow dung application and cutting stages. The research was conducted in Nigeria's Sudan Savannah zone and the experiment was designed as a randomized complete block design with three replications in a 3 x 3 factorial arrangement with 3 levels of cow dung (5, 10 and 15t/ha) application as the main plot factor and three cutting stages (6, 8 and 10 weeks after planting) The results showed that cow dung rates and cutting stages significantly affected the proximate composition of *Brachiaria ruziziensis*. The crude protein of the grass increased as the rate of manure application increased and decreased with advancing cutting stages. The crude fiber content decreased with increasing cow dung rates and advancing cutting stages. The ash content increased with increasing cow dung rates and advancing cutting stages. The study concluded that cow dung application and cutting stages can be used to manipulate the proximate composition of *Brachiaria ruziziensis*, which can be beneficial for livestock production in the Sudan Savannah zone of Nigeria.

Key words: cow dung, proximate, cutting stage, *Brachiaria*, forage.

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.
ISBN: 978-9952-8605-2-8

A COMPREHENSIVE STUDY ON THE KNOWLEDGE LEVEL OF FARM YOUTH REGARDING THE CROP INSURANCE SCHEME IN THANJAVUR DISTRICT

R.Booma[1] and Dr. M. Kavaskar [2]

1. Research Scholar, Annamalai University, Annamalai Nagar, Chidambaram-608002
2. Associate Professor, Agricultural College & Research Institute, Vazhavachanur, Tamil Nadu, India

Abstract

Agriculture is the backbone of India's economy, providing livelihoods to a significant portion of the population. However, the agricultural sector is susceptible to various risks such as natural calamities, pests, and diseases, which can adversely impact crop yields and farmers' incomes. To address these challenges and safeguard the interests of farmers, the Indian government has implemented the Pradhan Mantri Fasal Bima Yojana (PMFBY), a comprehensive crop insurance scheme. The PMFBY, launched with the objective of providing financial security to farmers, operates with several key features. One of its pivotal aspects is the premium subsidy, wherein farmers contribute a nominal premium and the remaining amount is subsidized by both the central and state governments. This ensures that the insurance coverage is affordable for farmers across the country. The scheme covers a wide array of crops, including food crops, oilseeds, commercial crops, and horticultural crops.

In the event of crop loss, farmers are entitled to receive the sum insured, and claims are settled based on actual yield data collected through crop cutting experiments. To expedite the process and ensure transparency, the scheme integrates technology, utilizing remote sensing technology, smartphones, and satellite imagery for a quicker assessment of crop losses. Hence, the present research study was taken up in Thanjavur district of Tamil Nadu, India. The sample size of 120 farm youths was selected by using snowball sampling technique. The results showed that the overall mean knowledge percentage on crop insurance was 47.04. Majority of the respondents (79.17 %) had knowledge on crop insurance scheme followed by purpose of crop insurance scheme (60.00 %), risks covered under the crop insurance scheme (54.17 %) and eligible criteria for crop insurance scheme (47.50 %). Majority of the farmers had knowledge on crop insurance scheme because the State Department of Agriculture created awareness about the crop insurance scheme.

Keywords: Crop Insurance Scheme, Agriculture, Knowledge Level & Farm Youth

DOI: https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8605-2-8.2025.087.

ISBN: 978-9952-8605-2-8