



INCOHIS 2025 SPRING

MAY 31, JUNE 1, 2025
İSTANBUL / TÜRKİYE

INTERNATIONAL CONGRESS OF NEW HORIZONS IN
SCIENCE AND SOCIAL SCIENCES

SCIENCES PROCEEDINGS BOOK



WWW.INCOHIS.COM



INCOHIS 2025 SPRING

INTERNATIONAL CONGRESS OF NEW HORIZONS IN
SCIENCE AND SOCIAL SCIENCES
SCIENCES PROCEEDINGS BOOK

MAY 31, JUNE 1, 2025

GÜNGÖREN BELEDİYESİ ALT+TAB KULUÇKA MERKEZİ GÜNGÖREN
İSTANBUL / TÜRKİYE

www.incohis.com

info@incohis.com

ISBN: 978-625-95551-2-6

EDITORS

- Prof. Dr. Hüseyin TOROS, Istanbul Technical University
- Lecturer Dr. Mustafa OF, Kocaeli University
- Lecturer İsmail KILIÇASLAN, Kocaeli University

All Rights Reserved

All Responsibilities of The Articles Belong to The Authors

SUPPORTERS



Güngören Municipality



Aleksandër Moisiu University, Albania



Universiteti Bujqësor i Tiranës - UBT,
Albania



Uzhhorod National University, Ukraine



University Malaysia Terengganu, Malaysia



İstanbul Technical University
Meteorological Research Club, Türkiye

Dear participants,

INCOHIS 2025 SPRING Congress is an internationally recognized academic event. With this congress, where face-to-face and remote participation is supported, you will have the opportunity to present your scientific publications. Our congress, which is attended by respected names in the scientific community, is a candidate congress to bring new horizons to science.

From 9 countries 145 participants applied to the congress. Participants presented their papers for two days in the congress.

We are also grateful to the esteemed participants, our keynote speakers, our referees for their support and contributions to the success of this congress. Thank you for attending our academic event and supporting us.

The INCOHIS congress will be held every year by raising its target higher. It will reach out to wider communities and increase the number of papers and participants.

Any kind of feedback about the congress is very important to us. You can reach our congress from our web page, info@incohis.com e-mail address and official social media accounts.

18.06.2025

INCOHIS ORGANIZING COMMITTEE

KEYNOTE SPEAKERS



**Prof. Dr. Mahiboobsab
Ahmedhusen Nagarbawadi**
Principal ARHAM International Institute of
Information Security, Pune, India



Prof. Dr. Lyudmyla Symochko
Uzhhorod National University, Ukraine, Coimbra
University, Portugal



Prof. Dr. Arbnor Pajaziti
Universiteti i Prishtinës "Hasan Prishtina",
Kosova



Prof. Dr. Desire Nizigiyamana Louis
University of Burundi, Burundi



**Prof. PhD Maria Nazaré Coelho
Pinheiro**
Polytechnic University of Coimbra,
Portugal

SCIENCE COMMITTEE*Listed in alphabetical order*

- Prof. Dr. Ahmet Duran Şahin, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Ali Deniz, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Ayşe Günsel, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Engin Özdemir, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Fatma Çanka Kılıç, Kocaeli University, Türkiye
- Prof. Dr. Flora Merko, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Prof. Dr. Hanefi Bayraktar, Atatürk University, Türkiye
- Prof. Hiroyuki Ishizaki, Shibaura Institute of Technology, Japan
- Prof. Dr. Hristo Ivanov Katrandzhiev, University of National and World Economy, Bulgaria
- Prof. Dr. Hüseyin Toros, İstanbul Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Hysen Mankolli, Editor of IJEES, Health and Environment Association, U.S.A.
- Prof. Dr. Juan Carlos, Roca University Of Huelva, Spain
- Prof. Dr. Maan T. J. Maarroof, Mousul University, Iraq
- Prof. Dr. Mehmet Demirtaş, Bitlis Eren University, Türkiye
- Prof. Dr. Mehboob Nagarbawdi, Principal ARHAM International institute of Information Security, Pune, India
- Prof. Dr. Nardane Yusifova, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan
- Prof. Dr. Novo Palakalovic, University of East Sarajevo, Bosnia
- Prof. Dr. Olena Demyanyuk, Institute of Agroecology and Environmental Management, Kyiv, Ukraine
- Prof. Dr. Osman Taylan, King Abdulaziz University, Saudi Arabia
- Prof. Dr. Şükrü Dursun, Konya Technical University, Türkiye
- Prof. Dr. Tamara Milenkovic Kerkovic, University of Nis, Serbia
- Assoc. Prof. Dr. Ayşenur Kayabaş Avşar, Çankırı Karatekin University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Arben Kambo, Agriculture University of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Ayşegül Türk, Ankara Hacı Bayram Veli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Azeta Tartaraj, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Brunela Trebicka, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Eda Bezhani, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt, Atatürk University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Edmond Hoxha, Polytechnic University Of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Emira Kalaj, University of Shkodra "Luigj Gurakuqi", Albania
- Assoc. Prof. Dr. Etleva Dashi, Agriculture University of Tirana, Albania
- Assoc. Prof. Dr. Ercan Arpaz, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Lyudmyla Symochko, Uzhhorod National University, Ukraine
- Assoc. Prof. Dr. Muhammet Fatih Genç, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Nagip Skenderi, University of Prishtina, Kosovo
- Assoc. Prof. Dr. Natalya Gudkova, The State Ecological Academy, Ukraine
- Assoc. Prof. Dr. Nermin Demirkol, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Taner Erdoğan, Kocaeli University, Türkiye
- Assoc. Prof. Dr. Ylber Aliu, AAB College, Kosovo
- Assoc. Prof. Dr. Samad Rahimi Aghdam, Tabriz University, Iran
- Assoc. Prof. Dr. Seher Uçkun, Kocaeli University
- Assoc. Prof. Dr. Selda Uca, Kocaeli University

- Assist. Prof. Dr. Mazin Nazar Fadhel, Mosul university, Musul, Iraq
- Assist. Prof. Dr. Muskan Ramiz Rajjab, KUMM'S Vasantrao Naik college of Arts and Commerce Murud Janjira Dist-Raigad. India
- Assist. Prof. Dr. Berna Kavaz Kındığılı, Atatürk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Fatih Sevgi, Selçuk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Handan Özçelik Bozkurt, Sinop University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Larissa Shragina, Odessa I. I. Mechnikov University, Ukraine
- Assist. Prof. Dr. Nuray Aşantuğrul, Amasya University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Seyil Najimudinova, Kyrgyzstan Türkiye Manas University, Kyrgyzstan
- Assoc. Prof. Dr. Tuncer Gövdeli, Atatürk University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Vedat Tümen, Bitlis Eren University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Vystavkina Daria, Odessa I. I. Mechnikov University, Ukraine
- Assist. Prof. Dr. Yıldırım Karadeniz, Kocaeli University, Türkiye
- Assist. Prof. Dr. Yusuf Budak, Kocaeli University, Türkiye
- Phd. Alba Ramallari, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Alma Zisi, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Blerina Vrenozi, Tirana University, Albania
- Phd. Daniela Lika, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Gülşah Keklik, İstanbul Technical University
- Phd. Irfan Wahyudi, Universitas Airlangga, Indonesia
- Phd. Mirela Alushllari, University of Albania, Albania
- Phd. Jonida Gashi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Olta Nexhipi, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Violeta Neza, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Ariola Harizi, Aleksander Moisiu Durres University, Albania
- Phd. Saeid Shojaei, University of Tabriz, Iran
- Phd. Süleyman Soydaş, Kocaeli University, Türkiye
- Phd. Ada Aliaj, Aleksandër Moisiu University Durrës, Albania
- Phd. Moses M. Solomon, King Fahd University, Saudi Arabia
- Phd. Emma Gurashi Nikolaoy, University Of Patras, Greece
- Phd. Hisham M. Alidrisi, King Abdulaziz University, Saudi Arabia
- Phd. Thawee Numsakulwong, Rajamangala University of Technology Isan, Tayland
- Phd. Reyhan Dadash, Baku Business University, Azerbaijan
- Lecturer Phd. Mustafa Of, Kocaeli University
- Lecturer İsmail Kılıçaslan, Kocaeli University

CONTENTS

ABSTRACTS / POSTERS	1
EFFECT OF LEAD SUBSTITUTION ON OPTICAL, AND ELECTRICAL PROPERTIES OF COBALT NANO FERRITE SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD.....	2
DYNAMIC ANALYSIS OF A SHOP CRANE AND DESIGN CUSTOMIZATION	3
THE PURIFIED POLYPHENOL OXIDASE ENZYME FROM THE TOMATILLO (PHYSALIS PHILADELPHICA) PLANT: SOME KINETIC AND CHARACTERISTIC PROPERTIES.....	4
INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION IN POST-EARTHQUAKE DEBRIS STUDIES	5
COMPUTER-BASED DECISION MAKING SYSTEMS IN THE MANAGEMENT OF DIABETES-RELATED COMPLICATIONS: MACHINE LEARNING.....	6
INVESTIGATION OF FAILURE STATUS OF PERFORATED CARBON FIBER PLATE USING HASHIN DAMAGE CRITERION.....	7
STRUCTURAL, SPECTROSCOPIC, AND NLO PROPERTIES OF STILBAZOLIUM DERIVATIVE 3ETSI: A DFT STUDY	8
IDENTIFICATION OF SECURITY VULNERABILITIES IN ENTERPRISE NETWORKS: A PENETRATION TESTING APPROACH	9
PORTABLE AND COST-EFFECTIVE COLORIMETRIC GLUCOSE DETECTION SYSTEM FOR GLUCOSURIA MONITORING	10
BIOACTIVE NANO-CREAM FOR SKIN PROTECTION: A DUAL-FUNCTION STRATEGY	11
VALORIZATION OF CORK POWDER WASTE FOR SUSTAINABLE (BIO)DYES IN TEXTILE INDUSTRY.....	12
MECHANICAL PERFORMANCE AND CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF AUTOMOTIVE FASTENERS MANUFACTURED FROM PA66-GF30 COMPOSITES WITH DIFFERENT RECYCLING RATES	13
A ONE-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODEL FOR ASSESSING STUDENT PERFORMANCE	14
PRODUCTION OF POLYMER-BASED METAL OXIDE MATRIX COMPOSITE MATERIALS AND DETERMINATION OF RADIATION CHARACTERISTICS	15
INTEGRATED MULTI-SENSOR REMOTE SENSING ASSESSMENT OF THE 2023 GREECE WILDFIRES.....	16
CHARACTERIZATION OF AGNP OBTAINED BY GREEN SYNTHESIS FROM COTINUS COGGYGRIA PLANT AND DETERMINATION OF ITS BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL	17
EVALUATION OF THE ANTICANCER EFFECTS OF ACTIVE COMPOUNDS IN OVARIAN CANCER IN RELATION TO THE PI3K-AKT-MTOR SIGNALLING PATHWAY	18
AN END-TO-END AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION SYSTEM BASED ON YOLOV12 AND TESSERACT OCR	19
APPROACH TO SPECIES SELECTION, COLLECTION, AND PURIFICATION OF FIG (FICUS CARICA L.) LATEX.....	20
INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SILICA MESOPOROUS DRUG CARRIERS ON RETINAL SEGMENT EPITHELIAL CELLS SUBJECTED TO OXIDATIVE STRESS	21
CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF A LEVAN-TYPE EXOPOLYSACCHARIDE PRODUCED BY LIMOSILACTOBACILLUS FERMENTUM ATT06	22
THE USE OF CHATGPT IN MATHEMATICS EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW	23

SUSTAINABLE ENERGY FROM ORGANIC WASTE: A CASE STUDY OF BIOGAS PRODUCTION	24
DETECTION OF ABDOMINAL AORTIC ANEURYSM FROM RADIOLOGICAL IMAGES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE	25
PREDICTING WATER POTABILITY WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE: MACHINE LEARNING APPROACHES	26
EXAMINATION OF THE 2024 MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS CURRICULUM IN THE CONTEXT OF DIGITAL LITERACY SKILLS	27
ADEQUACY OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS IN TURKEY FROM CONSUMER PERSPECTIVE: PERCEPTION AND REALITY	28
REMOVAL OF REMAZOL YELLOW RR FROM AQUEOUS MEDIUM USING MG/FE LAYERED DOUBLE HYDROXIDE MODIFIED WITH MORINGA OLEIFERA	29
FULL TEXT PAPERS	30
DYNAMIC ANALYSIS OF A SHOP CRANE AND DESIGN MODIFICATION FOR CONSTRUCTION ENVIRONMENT	31
TOMATİLLO (<i>PHYSALIS PHILADELPHICA</i>) BİTKİSİNDEN SAFLAŞTIRILAN POLİFENOL OKSİDAZ ENZİMİNİN BAZI KİNETİK VE KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ	49
INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION IN POST-EARTHQUAKE DEBRIS REMOVAL WORKS	59
FARKLI GERİ DÖNÜŞÜM ORANLARINA SAHİP PA66-GF30 KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN OTOMOTİV BAĞLANTI ELEMANLARININ MEKANİK PERFORMANSI VE KARBON AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ	67
OVER KANSERİNE YÖNELİK ANTİKANSER POTANSİYEL TAŞIYAN ETKEN MADDELERİN PI3K-AKT-MTOR SİNYAL YOLU İLİŞKİLİ İNCELENMESİ	70
İNCİR (<i>FICUS CARICA L.</i>) LATEKSİNİN TÜR SEÇİMİ, TOPLAMA VE SAFLAŞTIRMA YAKLAŞIMI	79
TÜKETİCİ PERSPEKTİFİNDEN TÜRKİYE'DE ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARININ YETERLİLİĞİ: ALGI VE GERÇEKLİK	86

ABSTRACTS / POSTERS

The abstract fields of the papers that have met all the conditions of the INCOHIS 2025 SPRING congress as abstract, poster and full text will be shown on the following pages. In addition, the full texts of the papers that have been applied as full text are available on the following pages.

EFFECT OF LEAD SUBSTITUTION ON OPTICAL, AND ELECTRICAL PROPERTIES OF COBALT NANOFERRITE SYNTHESIZED BY SOL-GEL METHOD

Prof. Dr. Mahiboobsab Ahmedhusen Nagarbawadi

Arham International Institute Of Information Security, Pune, India

dr.mehboobn@gmail.com

Assist.Prof.Dr. Altaflsuf Fakir

Anjuman Degree College Murud Janjira, Mumbai University, Department Of Physics, Mumbai, India

altaffakir1994@gmail.com

Abstract

Lead doped (Pb^{2+}) cobalt (Co) Nanoferrite as $\text{Co}_{1-x}\text{Pb}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ (where $x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$) were synthesized by a simple cost effective method involving sol-gel auto combustion method. Synthesized samples were sintered at 600 °C temperature. The powders resulting from this synthesis were characterized by X-ray diffraction (XRD). The grain size was found to be in the range of 34.5–54.5 nm. It was found that grain size first increases up to $x = 0.3$ and then decreases for higher Pb^{2+} substitution. The absence of any extra peak in diffraction pattern ensures the phase purity for all samples. All the peaks are well matched with standard JCPDS data for CoFe_2O_4 (22-1086). It was also found that lattice parameter is in the range from 8.3877 Å to 8.4108 Å. From UV–Vis absorbance spectra it was found that an absorption edge of all sample appears in the range of 690nm to 703nm. It is seen that with increasing dopant concentration of Pb^{2+} band gap first decreases up to concentration $x=0.3$ then increases up to $x=0.5$. from AC conductivity result it is seen that AC conductivity increases linearly with the frequency, due to electron hopping between Pb^{2+} and Fe^{3+} ions on the octahedral sites. It is also evident that the frequency dependent ac electrical conductivity of $\text{Co}_{1-x}\text{Pb}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ are remarkably dependent on the lead content in the ceramics. The conductivity decrease with increasing lead concentration.

Keywords: Sol-gel, Pb-co Nanoferrite, Xrd, Uv, Ac Conductivity Etc

DYNAMIC ANALYSIS OF A SHOP CRANE AND DESIGN CUSTOMIZATION

ÖZGÜR HAMSİCİ

Altınbaş University, Faculty Of Engineering, Mechanical Engineering
ohamsici@hotmail.com

Abstract

Floor cranes might have little lifting capacities from 200 kg and can reach up to a capacity of 1500 kilograms. The capacity depends on the required working load. The target of this paper is to research the possibility of using mini floor crane of 250 kg lifting capacity on a multistorey building construction, specifically for carrying and lifting operations on reinforced concrete slabs or newly poured fresh reinforced concrete slabs in order to carry, load and unload rebar frames, formwork pieces and falsework pieces. A dynamic and a structural analysis are performed based on static and dynamic loads for customization in order to obtain a light crane assembly.

Keywords: Floor Crane, Shop Crane, Engine Crane, Crane Dynamic Analysis

THE PURIFIED POLYPHENOL OXIDASE ENZYME FROM THE TOMATILLO (PHYSALIS PHILADELPHICA) PLANT: SOME KINETIC AND CHARACTERISTIC PROPERTIES

KÖKSAL ÇAP

Atatürk University, Institute Of Science, Nanoscience and Nanoengineering
koksalcap@outlook.com

Prof. Dr. MUSTAFA ERAT

Atatürk University, Institute Of Science, Nanoscience and Nanoengineering
eratm@atauni.edu.tr

Abstract

Tomatillo is widely grown in tropical and subtropical regions of the world, especially in the American continent. The tomatillo plant and its fruits, used in traditional medicine to alleviate some ailments such as cough, fever, and diabetes, are a foodstuff rich in vitamins, minerals, phenolic compounds, physalins, and steroids. In this study, the polyphenol oxidase enzyme, which functions in the protection of physiologically damaged vegetables and fruits but is not desired in terms of food technology because it causes browning reactions, was isolated from tomatillo fruits and some of its kinetic and characteristic properties were determined. For this purpose, tomatillo fruits grown under special conditions in Atatürk University Hobby Gardens were extracted and crude extract was prepared. Then, ammonium sulfate precipitation and gel filtration chromatography were applied as purification methods. The optimum pH 5.5, optimum temperature 25 °C, optimum ionic strength 0.13 M, optimum substrate concentration 1.2 mM and stable pH 6.0 were determined for the obtained partially pure enzyme and appropriate activity and stability conditions. In addition, Lineweaver-Burk graphs were drawn to determine kinetic parameters such as K_M and V_{max} with catechol substrate and the K_M value was calculated as 0.0158 mM and the V_{max} value as 0.0683 EU/ml x min. It was determined that ascorbic acid had an inhibitory effect on the isolated enzyme. From the graphs obtained with studies conducted at different inhibitor concentrations for this inhibitor, the IC_{50} value was 0.141 mM, the K_i constant was 0.0525 mM on average and the type of inhibition was determined to be competitive. It was determined that the tomatillo polyphenol oxidase enzyme was partially similar to the kinetic and characteristic properties of the same enzyme obtained from other plant sources.

Keywords: Tomatillo, polyphenol Oxidase, Enzyme, kinetic

INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION IN POST-EARTHQUAKE DEBRIS STUDIES

Prof. Dr. Şükrü Dursun

Konya Technical University, Engineering And Natural Science, Environmental Engineering
sdursun@ktun.edu.tr

Gonca Titirinli

Konya Technical University, Engineering And Natural Sciences, Environmental Engineering
goncatitirinli@gmail.com

Abstract

Data regarding the awareness of noise and noise-related problems in urban areas and the implementation of regulations by the competent authorities in this regard dates to the 6th century BC. It is known that since the 2000s, regulations and laws have been enacted in many countries, especially in the EU, to combat noise. In Turkey, the Environmental Law No. 2872 includes the statement “It is prohibited to create noise and vibration above the standards determined by the relevant regulations in a way that will disrupt the peace and tranquillity, physical and mental health of individuals.” In the EU, 12 thousand premature deaths and 48 thousand new heart disease cases have been encountered annually in those exposed to environmental noise for a long time. It has been adopted to update the EU noise policy and take measures to reduce the source of noise, including improvements in urban design considering the latest scientific information. Noise control is the process of reducing the sounds emitted from any sound source to an acceptable level, changing their acoustic properties, reducing the duration of the effect, and masking them with another sound that is pleasant or less disturbing, to completely or partially eliminate their harmful effects. Natural disasters, especially major earthquakes, deeply affect the physical infrastructure and environmental conditions. The transportation of debris and waste after an earthquake constitutes an important stage of the post-disaster recovery process. The effects of noise pollution caused by vehicles carrying excavation and debris collected in earthquake zones on the environment and existing buildings should be examined. While emphasizing the need to develop strategies to reduce post-disaster noise pollution, new approaches should also be investigated for public health and building safety.

Keywords: Natural Disasters, Earthquake, Debris Studies, Environmental Noise, Urban Areas

COMPUTER-BASED DECISION MAKING SYSTEMS IN THE MANAGEMENT OF DIABETES-RELATED COMPLICATIONS: MACHINE LEARNING

Yankı Başaran

Istanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry

yankibasaran2001@gmail.com

Assist. Prof. Dr. Büşra Yusufoglu

Istanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Chemistry

busrachemist@gmail.com

Abstract

Information technologies, which have recently become quite popular, are an essential part of the social change and transformation process. The term information technologies generally encompasses various applications, including artificial intelligence, which has been integrated into numerous clinical and industrial systems. One of the most critical application areas forming decision-making systems within these technologies is machine learning (ML). ML is defined as a set of algorithms that enable cognitive processes based on the results obtained from the examples and taught data entered into systems utilizing information technologies. Nowadays, complications related to diabetes are quite common. Among these diseases, diabetes and its complications, which have recently been frequently observed and are expected to increase in the future, stand out. In this context, the aim of this study is to compile potential applications that can leverage the power of data through ML technologies to facilitate faster diagnosis, accurate treatment, and more effective decision-making to prevent these complications. ML-based studies in the healthcare field not only contribute to early and accurate diagnosis, precise treatment, and aiding doctors in making the right decisions, but they can also provide an economic advantage by keeping healthcare expenditures to a minimum. In ML-based applications, information systems employ various methods such as artificial neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, and pattern recognition. These methods facilitate the modeling of diabetes-related macrovascular and microvascular complications through machine learning, thereby contributing to the protection of public health.

Keywords: Artificial Intelligence, Diabetes, Medicine

INVESTIGATION OF FAILURE STATUS OF PERFORATED CARBON FIBER PLATE USING HASHIN DAMAGE CRITERION

PhD. AHMET MURAT AŞAN

Dicle University, Faculty Of Engineering, Mechanical Engineering
ahmetmuratasan@hotmail.com

Abstract

Carbon fiber composite materials are advanced technological materials preferred especially in the aviation, automotive, and sports industries due to their high strength and lightness. These materials are generally formed by combining carbon fibers with epoxy and attract attention with their superior strength, low weight ratio. In addition, the corrosion resistance and thermal stability of carbon fiber composites make them suitable for use in harsh environmental conditions. In this study, the failure status of a carbon fiber plate with a circular hole in the middle was investigated numerically using the Hashin Damage Criterion. For this purpose, the ANSYS Workbench program was used. Failure results were obtained by applying two different displacements to the plate. As a result, as the displacement applied to the plate increased, the failure to the plate increased.

Keywords: Carbon Fiber Composite, Hashin Failure Criteria, Finite Element Method

STRUCTURAL, SPECTROSCOPIC, AND NLO PROPERTIES OF STILBAZOLIUM DERIVATIVE 3ETSI: A DFT STUDY

Lecturer PhD. NAZMİYE ÖNER

Sağlık Bilimleri University, Hamidiye Health Services Vocational School, Department Of Medical
Services And Techniques, Optician Program
nazmiye.oner@sbu.edu.tr

Prof. Dr. ADİL BAŞOĞLU

Sakarya University, Faculty Of Science, Physics Department
abasoglu@sakarya.edu.tr

Abstract

In recent years, organic nonlinear optical (NLO) materials have attracted significant attention due to their structural flexibility and rapid optical response times. Among these materials, stilbazolium derivatives, with their strong molecular nonlinearity, have emerged as promising candidates for advanced photonic applications. In this study, the molecular structure and nonlinear optical properties of (E)-4-(3-ethoxy-2-hydroxystilryl)-1-methylpyridinium iodide (3ETSI) were investigated using the B3LYP/LANL2DZ and HSEH1PBE/LANL2DZ methods. In addition to structural optimization, vibrational frequencies, ^1H and ^{13}C NMR, UV-Vis spectra, and frontier molecular orbital (FMO) analysis were performed. Both methods showed good agreement with previously reported experimental data for iodine-containing stilbazolium derivatives. The optimized geometry confirmed a stilbazolium-type structure composed of a pyridinium and benzene ring connected by an ethylene bridge, paired with an iodide anion. FMO analysis revealed significant intramolecular charge transfer, as evidenced by low energy band gaps ($\Delta\text{EB3LYP} = 0.663$ eV, $\Delta\text{EHSEH1PBE} = 0.425$ eV). Moreover, high chemical softness values ($\sigma\text{B3LYP} = 3.012$ eV, $\sigma\text{HSEH1PBE} = 4.694$ eV) suggest the compound's broad potential for various applications. The calculated NLO parameters of 3ETSI were found to be much higher than the reference compound para-nitroaniline, and Coulomb interactions between the cation and anion groups were observed to enhance the NLO response. These results demonstrate that the 3ETSI compound exhibits high nonlinear optical efficiency and holds promise for future optoelectronic applications.

Keywords: Dft, Stilbazolium, (e)-4-(3-ethoxy-2-hydroxystilryl)-1-methylpyridinium Iodide, Nlo Properties

IDENTIFICATION OF SECURITY VULNERABILITIES IN ENTERPRISE NETWORKS: A PENETRATION TESTING APPROACH

Assoc. Prof. Dr. İLKER KARA

Çankırı Karatekin University, Eldivan Vocational School, Medical Services And Techniques
karaikab@gmail.com

Abstract

The rapid increase in cyberattacks in recent years has made it imperative for organizations to implement proactive security strategies to protect their digital assets. Penetration testing, also known as ethical hacking, is a vital methodology that simulates real-world attack scenarios to uncover potential vulnerabilities before they can be exploited by malicious actors. These tests play a crucial role in evaluating the effectiveness of existing security controls and in identifying misconfigurations, outdated systems, or weak credentials that may serve as entry points for attackers. This study presents a comprehensive penetration testing process conducted on a mid-sized organization's internal network infrastructure. The methodology follows a systematic structure, covering four main phases: reconnaissance, scanning, gaining access, and privilege escalation. Each phase is discussed in detail, highlighting the techniques applied and the findings observed during the test. A combination of open-source and commercial tools including Nmap, Nessus, Metasploit Framework, and Burp Suite—was utilized to assess system vulnerabilities from both external and internal perspectives. The results of the case study reveal that the most critical threats originated from improperly configured services, lack of system updates, and the continued use of default credentials. These weaknesses could easily be exploited by attackers to gain unauthorized access to sensitive information or disrupt operations. Based on these findings, it is evident that conducting regular penetration tests is essential not only for identifying weaknesses but also for informing the implementation of effective security countermeasures. In conclusion, penetration testing should be considered an integral part of an organization's cybersecurity strategy, particularly in the context of growing digitalization and evolving threat landscapes. Regular assessments combined with prompt remediation actions significantly enhance the overall resilience of enterprise information systems.

Keywords: Penetration Testing, Cybersecurity, Vulnerability Assessment, Nmap, Metasploit, Enterprise Networks

PORTABLE AND COST-EFFECTIVE COLORIMETRIC GLUCOSE DETECTION SYSTEM FOR GLUCOSURIA MONITORING

Assist. Prof. Dr. FURKAN ŞAHİN

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
furkansahin@beykent.edu.tr

YAŞAR EFE AKBULUT

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
2103017012@student.beykent.edu.tr

MEHMET ULUSOY

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
2103017007@student.beykent.edu.tr

Abstract

The presence of glucose in urine (glucosuria) is an important clinical biomarker in diabetes mellitus and related metabolic disorders. Glucosuria manifests when the renal threshold is exceeded and plays a pivotal role in both the diagnosis of diabetes and the monitoring of treatment efficacy. However, the prevailing methodologies for the detection of glucosuria are encumbered by the necessity for costly, complex systems or professional laboratory environments. In this study, a low-cost and portable colorimetric detection system utilizing the redox indicator methylene blue (MB) was developed for the purpose of glucose detection. The presence of glucose is known to induce a reduction reaction in methylene blue, resulting in a discernible color change. The characterization of this colorimetric behavior was initially facilitated by employing UV/Vis spectroscopy as a reference measurement system. The reduction tendency of MB was observed through distinct absorbance peaks at wavelengths of 663–665 nm and 615–616 nm. The intensity changes in these bands were found to be directly correlated with glucose concentration ($R^2 = 0.99$). The design of a digital detection system was informed by an optical shift observed in MB. This system utilized a laser diode light source operating at 655 nm, which closely matched MB's maximum extinction coefficient, and a light-dependent resistor integrated into a microcontroller platform (Arduino). This configuration was employed to monitor MB's response to glucose. The developed optical system was then subjected to a series of tests using seven glucose solutions, ranging in concentration from 0.3125 to 20 mg/mL. The LDR data obtained were then subjected to normalization, after which a calibration curve was generated. This revealed a logarithmic linear relationship between glucose concentration and sensor response. The calibration equation for the measurement system is given as follows: $y = (0.18 \pm 0.02) \times x + (2.79 \pm 0.01)$. The curve demonstrated high accuracy, with an R^2 value of 0.94, indicating strong agreement with reference methods. The sensor system is composed of simple electronic components (LDR, laser diode, breadboard, etc.) and is highly cost-effective. In conclusion, the developed colorimetric system offers a portable and economically viable alternative for glucose monitoring, capable of providing both visual and quantitative data.

Keywords: Glucosuria, Glucose Detection, Colorimetric

BIOACTIVE NANO-CREAM FOR SKIN PROTECTION: A DUAL-FUNCTION STRATEGY

Assist. Prof. Dr. FURKAN ŞAHİN

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
furkansahin@beykent.edu.tr

İREM DEMİREL

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
2103017005@student.beykent.edu.tr

DURU AZAY

Beykent University, Faculty Of Engineering And Architecture, Biomedical Engineering
2103017008@student.beykent.edu.tr

Abstract

The health of the skin is subject to continuous challenge from a variety of environmental stressors. These include, but are not limited to, pathogenic microorganisms, UV radiation, and oxidative stress. All of these factors contribute to a state of inflammation, infection, and premature aging. The objective of this study was to develop a multifunctional topical formulation combining *Origanum minutiflorum* extract with green-synthesized silver nanoparticles (AgNPs) to provide antimicrobial and antioxidant protection. The synthesis of AgNPs was accomplished through the utilization of an aqueous extract of *O. minutiflorum*, and their characterization was facilitated by dynamic light scattering (DLS). This analysis yielded a Z-average particle size of 30.86 nm, signifying a homogeneous colloidal solution that possesses nanoscale properties, making it particularly well-suited for dermal application. The antioxidant activity was evaluated using the DPPH method. While the plant extract alone demonstrated 64.15% radical scavenging activity, AgNP-enriched formulations exhibited enhanced efficacy: 54.70% at 250 µg/mL, 60.57% at 500 µg/mL, and 67.52% at 1 mg/mL, suggesting a dose-dependent antioxidant potential. The antimicrobial efficacy of the particles was assessed against the bacterium *E. coli* and *S. aureus*, and the fungus *C. albicans* using both disk diffusion and minimum inhibitory concentration (MIC) methods. MIC values were found to be 62.5 µg/mL for *E. coli*, and 125 µg/mL for both *S. aureus* and *C. albicans*. At an AgNP concentration of 1000 µg/mL, the inhibition zones were measured as 13.2 ± 0.8 mm (*E. coli*), 11.4 ± 0.6 mm (*S. aureus*), and 11.1 ± 0.6 mm (*C. albicans*), thus confirming the broad-spectrum antimicrobial activity of the AgNP. A topical cream was formulated by incorporating AgNPs and *O. minutiflorum* extract into a base of vaseline, beeswax, and glycerin. The product's preparation exhibited a stable, homogenous texture, and it is hypothesized that it has the potential to be a dermo cosmetic product with moisturizing, protective and healing effects, which would make it suitable for use in conditions such as wounds, acne, eczema and fungal infections. The findings support the formulation's potential in both cosmetic and clinical applications as a biocompatible and eco-friendly alternative.

Keywords: Antioxidant, Antimicrobial, Silver Nanoparticle

VALORIZATION OF CORK POWDER WASTE FOR SUSTAINABLE (BIO)DYES IN TEXTILE INDUSTRY

Prof. Dr. Maria Nazaré Coelho Pinheiro

Polytechnic University of Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo,
3045-093 Coimbra, Portugal

Research Center for Natural Resources, Environment and Society (CERNAS), Polytechnic University
of Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

Transport Phenomena Research Center (CEFT), Faculty of Engineering, University of Porto, R. Dr.
Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal, *mnazare@isec.pt*, ORCID: 0000-0002-5710-7488

PhD Student, Filipa Duque Fonseca

Polytechnic University of Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo,
3045-093 Coimbra, Portugal

Research Center for Natural Resources, Environment and Society (CERNAS), Polytechnic University
of Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

Transport Phenomena Research Center (CEFT), Faculty of Engineering, University of Porto, R. Dr.
Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal, *ffonseca@isec.pt*

Prof., PhD., Lyudmyla Symochko

Department of Life Sciences, University of Coimbra, Calçada Martim de Freitas, 3000-456 Coimbra,
Portugal

Uzhhorod National University, Voloshyna Str.32, 88000 Uzhhorod, Ukraine

Institute of Agroecology and Environmental Management NAAS, Metrolohichna Str.12, 03143 Kyiv,
Ukraine

Research Center for Natural Resources, Environment and Society (CERNAS), Polytechnic University
of Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal, *lyudmilassem@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-
6698-3172

Abstract

Portugal is the world's largest producer of cork (*Quercus suber*), accounting for approximately 50% of global production. The country depends significantly on this sustainable natural resource, which is derived from cork oak forests. Although cork harvesting promotes biodiversity and carbon sequestration, the industrial processing phase produces a lot of waste, including cork powder, which is a by-product of manufacturing cork stoppers. Every year, thousands of tonnes of this residue are disposed of as waste, highlighting the potential for repurposing it into sustainable materials. Such innovations align with the principles of the circular economy, which prioritise resource efficiency and waste reduction in industrial systems.

This study explores the potential for using cork powder as an environmentally friendly alternative to synthetic dyes in the textile industry. We investigated aqueous extraction methods for obtaining natural bioactive compounds from cork powder, systematically examining variables such as extraction temperatures (30 °C and 100 °C) and concentrations (5 g/L, 10 g/L and 20 g/L). Three types of textile substrates (cotton, cationised cotton and wool) were dyed with the extracts, producing uniform brownish tones. The dyed textiles exhibited consistent colouring and notable resistance to wash and fading when exposed to light. In general, colour intensity increased with higher concentrations of cork powder and temperatures during extraction; wool and cationised cotton produced the most pronounced results.

The obtained results highlight the viability of upcycling cork waste into bio-dyes, providing a sustainable way to reduce reliance on chemical dyes and promote circular economy principles within the cork sector.

Keywords: Waste Valorization, Cork Powder, Natural Dye, Sustainability

MECHANICAL PERFORMANCE AND CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF AUTOMOTIVE FASTENERS MANUFACTURED FROM PA66-GF30 COMPOSITES WITH DIFFERENT RECYCLING RATES

HİKMET ULAŞ

Kocaeli University, Institute Of Science, Automotive Engineering
hikmet.ulas@araymond.com

Prof. Dr. Mehmet Uçar

Kocaeli University, Faculty Of Technology, Automotive Engineering
ucarm@kocaeli.edu.tr

Abstract

This study is an important research in line with the goals of sustainable material use and reducing environmental impacts in the automotive industry. It is aimed to reproduce 30% glass fiber reinforced Polyamide 6.6 (PA66-GF30) composite materials with recycled polymers and to evaluate the performance of these new materials, which are widely preferred in the production of fasteners used in cooling systems, especially in the engine and battery areas of vehicles. Since such fasteners operate in environments requiring high temperature and mechanical strength, the performance of the material used is of great importance. In the study, composite materials obtained by mechanical recycling method and containing different ratios (10%, 30%, 50% and 65%) of recycled PA66 were prepared. These materials were processed by injection molding method and turned into test specimens with a diameter of 16 mm. These specimens were subjected to various tests in accordance with automotive main industry standards. These tests included micro-cut analysis, tensile strength testing, ultrasonic welding strength measurements, process quality assessment and mechanical performance analysis after cold conditioning. Through these tests, the effects of increasing the proportion of recycled material on part performance were examined in detail. The findings revealed that although there was a limited decrease in some mechanical properties as the proportion of recycled PA66 increased, overall there was no significant decrease in part performance. This shows that recycled materials can be used in certain proportions instead of the original raw materials, thus supporting environmental sustainability in production processes. It is also emphasized that the carbon footprint can be significantly reduced by using recycled materials. In conclusion, this study shows that recycled polymers can be used effectively even in applications requiring high performance in the automotive sector and makes an important contribution in line with the principles of circular economy. Such research is of great importance in terms of both reducing environmental impacts and using economic resources more efficiently.

Keywords: Pa66, Carbon Foot-print, Glass Fiber, Sustainability Recyclability

A ONE-DIMENSIONAL CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODEL FOR ASSESSING STUDENT PERFORMANCE

MEHTAP DİLEK TOPAL

Amasya University, Faculty Of Education, Basic Training
mdilektopal@gmail.com

Assistant AHMET TOPAL

İstanbul Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Mathematics Engineering
atopal@itu.edu.tr

Abstract

Advances in artificial intelligence, especially in the domains of machine learning and deep learning, have opened up new and promising avenues for innovation in the educational field. Such technologies provide a robust framework for analyzing and predicting various factors of the educational process, including student engagement, satisfaction levels, academic achievement, and instructor effectiveness. Thus, the integration of artificial intelligence-based models enables a deeper and more systematic understanding of the dynamic nature of educational environments. This study utilizes the Turkey Student Evaluation dataset [1] to assess student performance and proposes a classification model based on a one-dimensional convolutional neural network (1D CNN) architecture. The model uses Q8, Q9, and Q10 as target variables representing student performance. Additionally, the input features that had the most significant impact on the model's predictions were identified, and this result clarified which factors most strongly influenced student performance. The experimental evaluation indicates that the proposed model attained accuracy rates of 82.738%, 79.427%, and 84.880%, and F1-scores of 83.190%, 79.068%, and 84.989% for Q8, Q9, and Q10, respectively. The findings revealed that the proposed model achieved results that were competitive with those of models reported in the literature [2,3]. It is worth noting that the CNN architecture, traditionally employed for image data, demonstrated strong classification performance when applied to tabular data for assessing student performance. [1] Ernest Fokoue and Necla Gunduz, "{UCI} Machine Learning Repository," University of California, Irvine, School of Information and Computer Sciences, 2013, Accessed: May. 14, 2025. [Online]. Available: <http://archive.ics.uci.edu/ml/index.php> [2] Almasri, A. R., Yahaya, N. A., & Abu-Naser, S. S. (2022). Instructor performance modeling for predicting student satisfaction using machine learning-preliminary results. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(19), 5481-5496. [3] F. Afrin, M. S. Rahaman, and M. Hamilton, "Mining Student Responses to Infer Student Satisfaction Predictors," Jun. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2006.07860>

Keywords: Student Performance Analysis, 1d Convolutional Neural Network (1d Cnn), Deep Learning, Educational Data Mining

PRODUCTION OF POLYMER-BASED METAL OXIDE MATRIX COMPOSITE MATERIALS AND DETERMINATION OF RADIATION CHARACTERISTICS

MUHAMMED ÇİMEN

Atatürk University, Faculty Of Science, Physics

camlikale@gmail.com

Assist. Prof. Dr. Esra CİNAN

Atatürk University, Faculty Of Science, Physics

esra.dari@atauni.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Aytaç LEVET

Atatürk University, İspir Hamza Polat Vocational School, Electric And Energy Department

aytaclevet@atauni.edu.tr

Abstract

In this study, polymer-based metal oxide matrix composite materials were produced at a low cost, and the radiation interaction properties of these materials were investigated in detail. The structural advantages of the composite materials were evaluated, particularly concerning their radiation absorption capacity; five different samples, from K1 to K5, were prepared with various contents (metal oxides such as Cr_2O_3 , NiO , Fe_2O_3 , and Kalekim and Colofer Solvent as binders). The Colofer Solvent and Kalekim mixtures used in the study consist of cement, glass fiber, sodium silicate, and various metal oxides, and have shown potential for alternative use as radiation shielding materials. The samples were subjected to 900 seconds of gamma-ray bombardment with Ba-133 and Am-241 radioactive sources, and their absorption capabilities were analyzed for the energy range of 30.9–384 keV. The mass absorption coefficient (MAC), linear absorption coefficient (LAC), half thickness (HVL), tenth thickness (TVL), effective atomic number (Z_{eff}), effective electron density (N_{eff}), effective conductivity (C_{eff}) and equivalent atomic number (Z_{eq}) values of the prepared samples were compared both theoretically and experimentally. Theoretical values were obtained using the WinXCom program. The findings revealed that especially K1 and K2 samples provided high shielding performance at low energy radiations. The need for alternative radiation shielding materials and the aim of reducing the dependency on toxic materials such as lead are gaining importance in light of the European Union's ROHS directives. As a result, this study contributes to developing environmentally friendly and low-cost composite shielding materials, paving the way for a new class of materials with high applicability in a wide range of sectors.

Keywords: Radiation Shielding, Composite Materials, Radiation Absorption Parameters

INTEGRATED MULTI-SENSOR REMOTE SENSING ASSESSMENT OF THE 2023 GREECE WILDFIRES

Hamed Tagharobinia

İstanbul Ticaret University, Information Institute, Geographical Information Technologies
tagharobinia20@itu.edu.tr

Prof. Dr. Elif Sertel

İstanbul Technical University, Construction Faculty, Geomatic Engineering
sertele@itu.edu.tr

Abstract

Forest fires have caused extensive damage worldwide, with the Mediterranean region being particularly impacted. In recent years, both fire intensity and burned area have increased markedly in this region. Greece, one of the most fire-prone countries in the Mediterranean, experienced its worst fire season on record in 2023, with more than 1 400 km² of forest burned. Among the nine major wildfires that year, those affecting the Alexandroupoli and Dadia–Lefkimmi–Soufli National Forest Parks were especially severe. In this study, we first compare monthly meteorological variables—relative humidity, wind speed, and temperature—derived from ground-based weather stations. We then use MODIS and VIIRS satellite products to quantify daily fire radiative power (FRP) and to reconstruct the temporal evolution of burned area. Tropospheric gas emissions (e.g., CO, NO₂) are estimated from Sentinel-5P TROPOMI imagery. Finally, Sentinel-2 multispectral data are employed to map burn severity using burn indices. Our results demonstrate how variations in pre-fire weather conditions influenced fire behavior, pollutant emissions, and post-fire vegetation loss. This research underscores the crucial role of integrated, multi-sensor remote sensing in wildfire impact assessment. The primary goal is to elucidate the interplay between monthly weather patterns, wildfire dynamics, air pollution, and forest ecosystem damage, thereby informing more effective fire management and mitigation strategies.

Keywords: Greece, Burn Severity, Remote Sensing, Wildfire, Gas Emissions

CHARACTERIZATION OF AGNP OBTAINED BY GREEN SYNTHESIS FROM COTINUS COGGYGRIA PLANT AND DETERMINATION OF ITS BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL

MELTEM TAŞTEKİN

Yıldız Technical University, Institute Of Science, Biotechnology
meltem.tastekin@std.yildiz.edu.tr

Prof. Dr. ENES DERTLİ

İstanbul Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
enesdertli@itu.edu.tr

Assistant PhD. SELMA KAYACAN ÇAKMAKOĞLU

Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
skayacan@yildiz.edu.tr

Abstract

Nanotechnology has become an important technology that has developed rapidly in the scientific world in recent years and has a wide range of applications. Nanoparticles are used in various fields thanks to their unique physicochemical properties and biological activities. When producing nanoparticles, it has become necessary to use more environmentally friendly approaches due to the use of various reducing chemicals, their toxic effects and biological damages. The green synthesis method has been preferred as the approach used in many studies because it is environmentally friendly, uses natural resources, has low cost, low toxicity and is easy to apply. In this study, it was aimed to produce silver nanoparticles (AgNP) by green synthesis method using *Cotinus Coggygia* (smoke tree) extract, which has various properties such as antimicrobial, anti-inflammatory and antiseptic, to characterize the nanoparticles produced and to determine their biotechnological potential. The produced silver nanoparticles were characterized using Transmission Electron Microscopy (TEM), Scanning Electron Microscopy (SEM), Ultra Violet Visible Region Spectroscopy (UV-Vis), X-Ray Diffractometer (XRD), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) analyzers. When SEM and TEM data of AgNPs size analysis were analyzed, it was determined that nanoparticles were produced and their sizes were in certain ranges. Absorbance was observed in UV-Vis analysis. Functional groups were determined by FTIR analysis and crystal structure was determined by XRD analysis. In addition, the nanoparticles were found to have antibacterial properties and AgNPs were found to have different inhibition zone diameters at different concentrations against bacteria. According to the characterization results obtained, it is proved that silver nanoparticles can be successfully produced using plant extract by green synthesis method. AgNPs produced by green synthesis offer effective and reliable solutions. They play a significant role in modulating various activities in the fields of biomedicine and biotechnology by contributing to the development of novel antimicrobial agents, antiviral and anticancer therapies, biomaterials and medical device coatings, drug delivery systems, therapeutic diagnostics and treatments, wound healing, tissue repair and regeneration materials, as well as nanobiorobots and nanobiodevices.

Keywords: Green Synthesis, Silver Nanoparticle (agnp), *Cotinus Coggygia*, Biotechnology

EVALUATION OF THE ANTICANCER EFFECTS OF ACTIVE COMPOUNDS IN OVARIAN CANCER IN RELATION TO THE PI3K-AKT-MTOR SIGNALLING PATHWAY

AYSU EKER

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
aysu.eker@std.yildiz.edu.tr

Assistant PhD. BURCU TÜRKÖĞLU

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
btuncer@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. BANU MANSUROĞLU

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
bmansur@yildiz.edu.tr

Abstract

Ovarian cancer is the deadliest gynaecological cancer, causing 207,252 deaths in 2020. Although surgery and chemotherapy remain the main treatment strategies, changes in the tumour microenvironment and signalling mechanisms negatively affect the treatment response, leading to resistance and recurrence. The PI3K-AKT-mTOR signalling pathway plays important roles in cell survival and tumour progression, and supports ovarian cancer growth through the regulation of immune cell function, angiogenesis, and tumour microenvironment interactions. The limited efficacy of current treatments necessitates the search for new agents that can target these molecular mechanisms. In this context, investigating the potential of natural compounds and repurposed drugs against ovarian cancer is a promising approach. Pirfenidone, an approved drug for idiopathic pulmonary fibrosis, inhibits TGF- β , suppresses glycolysis and epithelial-mesenchymal transition, induces caspase-associated apoptosis, and reduces vascular endothelial growth factor secretion. Methylhydroquinone, a marine-derived compound, has antiangiogenic properties associated with AKT. The combination of Pirfenidone and methylhydroquinone is aimed to show inhibitory synergistic effects on PI3K-AKT-mTOR signalling pathway. In this study, molecular docking analyses were performed to explore the interaction potential of Pirfenidone and methylhydroquinone with proteins involved in the PI3K-AKT-mTOR pathway. The stable complexes formed between both ligands and their target proteins, along with possible binding orientations, were studied. The three-dimensional structures of the ligands were retrieved from the PubChem, whereas the protein structures were obtained from the RCSB PDB. Molecular docking was performed using AutoDock version 4.2.6 (Scripps Research Institute, USA), and the results were visualised using BIOVIA Discovery Studio (Dassault Systèmes, USA). Results showed that methylhydroquinone exhibited interaction scores of -4.69, -4.21, and -4.89 with PI3K alpha, AKT1, and the kinase domain of mTOR, respectively. For Pirfenidone, the scores were -6.16, -5.87, and -6.73. In molecular docking analyses, binding affinities around -5 are considered moderate, while scores of -6 or lower suggest stronger and more stable protein-ligand interactions. These findings suggest that both compounds may have anticancer potential against ovarian cancer, and their combination may exert synergistic effects. Future studies are planned to investigate their effects on gene and protein levels related to the PI3K-AKT-mTOR signalling pathway.

Keywords: Ovarian Cancer, Pirfenidone, Methylhydroquinone, Molecular Docking

AN END-TO-END AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION SYSTEM BASED ON YOLOV12 AND TESSERACT OCR

Engineer Ali Kerem Güler

Kadir Has University, Faculty Of Engineering, Computer Engineering
aliguler@stu.khas.edu.tr

Engineer Ali Musa

Konya Technical University, Faculty Of Engineering, Computer Engineering
amusa@protel.com.tr

Abstract

This study develops and evaluates an end-to-end Automatic Number Plate Recognition (ANPR) system that integrates a YOLOv12-based object detector with the Tesseract OCR engine and controls a physical barrier through an IP-addressable relay. At the pilot site provided by Protel A.Ş., videos in MP4 format were recorded from a barrier-mounted camera under varying daylight, illumination, and color-saturation conditions. The videos were decomposed into frames, and only those containing vehicles were retained. To enlarge the dataset, geometric (horizontal flipping) and photometric (brightness adjustment, Gaussian noise) augmentations were applied, after which licence-plate regions were manually annotated. The trained YOLOv12 model operated within a region of interest (ROI) confined to the lower-central portion of each frame, reducing inference time while preserving accuracy. A preprocessing pipeline, consisting of denoising, grayscaling, adaptive thresholding, and slight blurring, was applied to the detected license plates to enhance character edges, from which alphanumeric strings were extracted using PyTesseract. These strings were then compared against registered license plates in a PostgreSQL database. Upon a match, the backend service sent a command to the relay driver, opening the barrier. In field tests, the system achieved a 96% recognition accuracy over 1,200 real vehicle entries, with an average end-to-end latency of 3.2 seconds per vehicle. The findings indicate that the combination of rapid YOLO-based detection, targeted image preprocessing, and stateless database verification provides a cost-effective ANPR solution for industrial access control scenarios.

Keywords: Automatic Number Plate Recognition (anpr), Yolov12, tesseract Ocr, Object Detection, Image Processing, Deep Learning, Machine Learning, Data Augmentation

APPROACH TO SPECIES SELECTION, COLLECTION, AND PURIFICATION OF FIG (FICUS CARICA L.) LATEX

Nisanur ALLAHVERDİ

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
nisaallahverdi55@gmail.com

Assistant PhD. Burcu TÜRKÖĞLÜ

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
btuncer@yildiz.edu.tr

Prof. Dr. Banu MANSUROĞLU

Yıldız Technical University, Faculty Of Arts And Sciences, Molecular Biology And Genetics
bmansur@yildiz.edu.tr

Abstract

Cervical cancer is one of the most common types of cancer among women worldwide, with the majority of cases strongly associated with high-risk human papillomavirus (HPV) infections. In addition to conventional treatment approaches, the investigation of alternative therapies containing bioactive compounds of natural origin is gaining increasing attention. In this context, latex derived from the fig plant (*Ficus carica* L.) is considered a potential anti-cancer agent due to its phytochemical constituents such as ficin, quercetin, gallic acid, and psoralen. In this study, the 'Beyaz Orak' fig variety, specific to the Anatolian region, was selected. Latex was collected from unripe fruits of this variety during the early morning hours of June and stored at low temperatures to preserve its biological activity. Different latex preparation methods were compared for characterization purposes. Although lyophilized latex powder was dissolved in various organic solvents, a homogeneous solution could not be achieved. Increasing the concentration of these solvents was deemed unsuitable due to their potential cytotoxicity in cell culture applications. Liquid latex was dissolved in ethanol, methanol, acetone, and culture medium; among these, the medium-based solution was found to be the most suitable in terms of solubility and biological compatibility. In the removal and sterilization steps, the liquid latex obtained from 'Beyaz Orak' figs was centrifuged at 13,000 rpm for 10 minutes at +4°C to separate the solid phase. The remaining liquid phase, referred to as fig latex milk, was diluted 1:2500 with complete culture medium and sterilized by filtration through a 0.22 µm membrane filter. As a result, a sterile and homogeneous latex solution was successfully obtained. This study outlines the selection of an appropriate fig variety and the preparation of plant-based natural latex for the evaluation of its anti-cancer potential in cell culture applications.

Keywords: *Ficus Carica*, Fig Latex, Hela Cell Line, Cervical Cancer, Phytochemicals, Anticancer Agent

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SILICA MESOPOROUS DRUG CARRIERS ON RETINAL SEGMENT EPITHELIAL CELLS SUBJECTED TO OXIDATIVE STRESS

İrem KENANOĞLU

Selçuk University, Faculty Of Science, Biotechnology
kenanoglu.irem2000@gmail.com

Assist. Prof. Dr. Mukaddes CAN

Konya Technical University, Faculty Of Engineering And Natural Sciences, Chemical Engineering
mcan@ktun.edu.tr

Assist. Prof. Dr. Pembegül UYAR ARPACI

Selçuk University, Faculty Of Science, Biotechnology
pembegul@selcuk.edu.tr

Abstract

Age-related macular degeneration (AMD) is a serious eye disease commonly seen in older adults, leading to central vision loss. The main symptoms include distortion of straight lines, dark spots in the central visual field, and reduced visual acuity. While age and genetic predisposition play significant roles in the disease's development, oxidative stress is also known to be a critical factor. The accumulation of free radicals in retinal pigment epithelial (RPE) cells triggers inflammation, resulting in cell damage and apoptosis. Model cells such as ARPE-19 become vulnerable when exposed to oxidative stress during this process. Therefore, biomaterial-based studies aimed at protecting cells from oxidative stress are being conducted. Among these, SBA-15 mesoporous silica stands out as a biocompatible material due to its high surface area and porous structure. In this study, SBA-15 mesoporous silica was surface-modified using 3-aminopropyltrimethoxysilane (APTMS) to produce a structure named S6-SBA-15. Various characterization techniques were employed to analyze its properties. Surface morphology was examined by scanning electron microscopy (SEM), while mesostructural order was investigated using small-angle X-ray scattering (SAXS). Functional groups were identified via Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). The specific surface area was determined using the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method, and pore size was calculated through the Barrett–Joyner–Halenda (BJH) technique. These analyses are crucial for understanding the interaction between SBA-15 and biological systems. To induce oxidative stress in ARPE-19 cells, the cells were seeded in 96-well plates and incubated with hydrogen peroxide (H_2O_2) at concentrations ranging from 100 to 500 μM for 4 hours, with the dose range determined by MTT assay. To evaluate the effect of S6-SBA-15, the stressed cells were treated with S6-SBA-15 at concentrations between 7.81 and 1000 $\mu g/mL$ and incubated for 24 hours. Cell viability was then assessed using MTT analysis. The results demonstrated that the oxidative stress model was successfully established and that S6-SBA-15 supported cellular recovery. It was concluded that surface modification of SBA-15 effectively preserves cell viability and reduces oxidative damage, highlighting its potential as a biomaterial candidate.

Keywords: Age Related Macular Degeneration (amd), Retinal Pigment Epithelium (rpe), Oxadative Stress, Arpe-19 Cell Line, Sba-15

CHARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF A LEVAN-TYPE EXOPOLYSACCHARIDE PRODUCED BY LIMOSILACTOBACILLUS FERMENTUM ATT06

ŞEYMA ARSLAN

İstanbul Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
arslansey17@itu.edu.tr

PhD. Ayşe Saygün

İstanbul Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
gocmenay@itu.edu.tr

Prof. Dr. Enes Dertli

İstanbul Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
enesdertli@itu.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Fatih Ortakci

İstanbul Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Food Engineering
ortakci@itu.edu.tr

Assoc. Prof. Dr. Hümeýra İspirli

Bayburt University, Faculty Of Engineering, Food Engineering
humeyraispirli@bayburt.edu.tr

Abstract

Exopolysaccharides (EPS) produced by lactic acid bacteria are important biopolymers in the fields of food, biomedicine and biotechnology. This study aimed to determine the EPS production potential of *Limosilactobacillus fermentum* ATT06 strain that was isolated from lactic acid-fermented turnip juice produced in Southern Anatolia. The genome of ATT06 strain was examined with in silico analyses using RAST (<https://rast.nmpdr.org/>) and it was determined bioinformatically that ATT06 strain carry genes related to EPS biosynthesis such as Undecaprenyl-phosphate galactose phosphotransferase, manganese-dependent protein tyrosine phosphatase, tyrosine-protein kinase and tyrosine-protein kinase transmembrane modulator. It was confirmed with in vitro fermentation studies that ATT06 can produce decent amounts of exopolysaccharides (~3.3 g/liter) when grown with BHI medium containing 30 g/liter sucrose. The EPS produced was cold ethanol purified and freeze-dried for further analysis such as ¹³C NMR and antioxidant activity tests. ¹³C NMR analysis revealed that the EPS produced by ATT06 was a levan-type exopolysaccharide which is a homo-exopolysaccharide, made of fructose molecules with a glucose residue linked by β -(2-6) glycosidic bonds at the end and has remarkable applications in the food and pharmaceutical industries due to its safety and biocompatibility. The scavenging activity of levan type-EPS was measured to be at 34% according to DPPH method showing promising antioxidant capacity of the EPS. Further analytical tests such as HPLC, NMR, FTIR and XRD are on the way to uncover physicochemical and morphological characteristics of this novel ATA06 encoded levan-type EPS. Ultimately present study aimed to contribute to functional food and health applications by revealing the biotechnological potential of the EPS.

Keywords: *Limosilactobacillus Fermentum*, Exopolysaccharide, Levan, Antioxidant

THE USE OF CHATGPT IN MATHEMATICS EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW

GÖKÇE KOÇAK

Maltepe University, Faculty Of Education, Mathematics And Science Education
kocakgokce272@gmail.com

Assistant YASEMİN ŞİMŞEK

Maltepe University, Faculty Of Education, Mathematics And Science Education
yaseminsimsek@maltepe.edu.tr

Assist. Prof. Dr. VİLDAN KATMER

Maltepe University, Faculty Of Education, Mathematics And Science Education
vildankatmer@maltepe.edu.tr

Abstract

Rapid developments in digital technologies have brought about fundamental changes in the field of education. The proliferation of artificial intelligence-based applications presents new opportunities and approaches, particularly in learning-teaching processes. In this context, large language models such as ChatGPT developed by OpenAI attract attention with their various functions including creating educational content, answering student questions, providing conceptual explanations, and supporting teachers. Mathematics education is one of the disciplines that most needs the support of technological tools due to its nature of dealing with abstract concepts and causing cognitive challenges for students. ChatGPT's natural language processing capacity, ability to interact with students and teachers, capability to offer multiple solution strategies, and provision of instant feedback hold significant potential for mathematics instruction. However, the effective use of this potential and its integration into educational processes can only be supported through comprehensive research. Studies on ChatGPT's role in education have increased in recent years. However, it is important to systematically evaluate how this technology is used specifically in mathematics education, in which areas it is effective, and what limitations it contains, in order to identify gaps in the literature and guide future studies. The purpose of this study is to analyze scientific research focusing on the use of ChatGPT in the context of mathematics education through systematic review methodology, to reveal current research trends, and to identify possible development areas. In this regard, a search was conducted in the Web of Science database through determined keywords, and studies with accessible full texts were examined. 37 studies meeting the determined inclusion criteria were included in the analysis. As a result of the systematic review, it was determined that the vast majority of the studies were conducted using qualitative research methodology. When study groups were examined, it was observed that the highest number of participants consisted of pre-service teachers, teachers, and students, respectively. Additionally, it was found that the most research on this topic was conducted in Turkey, followed by the United States. The findings obtained from the research showed that ChatGPT can be used as a digital learning tool for teachers and pre-service teachers and facilitates the lesson planning process. From the students' perspective, it was concluded that ChatGPT increases learning motivation, improves conceptual understanding level, and supports skills such as problem-solving and critical thinking.

Keywords: Mathematics Education, Chatgpt, Systematic Review

SUSTAINABLE ENERGY FROM ORGANIC WASTE: A CASE STUDY OF BIOGAS PRODUCTION

Prof. Dr. Lyudmyla Symochko

University of Coimbra, Coimbra, Portugal
CERNAS Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Portugal
Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine;
Institute of Agroecology and Environmental Management, Kyiv, Ukraine;
lyudmilassem@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6698-3172

Andrew Ravlikovsky

Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Ukraine
Nature Green Ukraine LLC, 89423 Uzhhorod, Ukraine
arravlikovsky@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9029-103X

Prof. Dr. Maria Nazaré Coelho Pinheiro

Polytechnic Institute of Coimbra, Coimbra Institute of Engineering, Department of Chemical and
Biological Engineering, Coimbra, Portugal
CEFT-Transport Phenomena Research Center, University of Porto, Porto, Portugal
CERNAS Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Portugal
mnazare@isec.pt, ORCID: 0000-0002-5710-7488

Abstract

Waste valorisation plays a crucial role in advancing sustainable development by transforming organic and industrial waste streams into valuable resources. Rather than viewing waste as an environmental burden, valorisation encourages the recovery of energy, nutrients, and materials, reducing reliance on non-renewable resources. This approach supports circular economy principles, mitigates environmental pollution, and promotes more resilient, resource-efficient systems. Spent Mushroom Substrate (SMS), commonly considered an agricultural waste by-product, possesses significant potential for renewable energy production through anaerobic digestion. Rich in organic matter and essential micronutrients, SMS can be effectively valorised as a feedstock for biogas generation, aligning with sustainability goals and circular economy principles. This case study investigates the performance of SMS in biogas production under mesophilic conditions, offering insights into its applicability as a sustainable energy resource. Anaerobic digestion experiments were conducted using untreated SMS mixed with inoculum under a mesophilic regime at 36.0 ± 0.1 °C for 38 days. The results showed a strong average biogas yield of 292.7 Nm³ per tonne of fresh SMS, with a methane concentration of 66.2%. Utilising SMS for biogas not only reduces waste disposal costs for the mushroom industry but also provides a renewable energy source for agricultural and rural communities. The valorisation of SMS through anaerobic digestion represents a sustainable, scalable, and eco-friendly approach to waste management and bioenergy production. Its integration into agricultural and energy systems contributes to greater environmental stewardship and supports global renewable energy transitions.

Keywords: Waste Valorisation, Anaerobic Digestion, Biogas Production, Circular Economy, Sustainable Waste Management

DETECTION OF ABDOMINAL AORTIC ANEURYSM FROM RADIOLOGICAL IMAGES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

SEMİH YÜCEL

Fırat University, Faculty Of Technology, Software Engineering
semihycl0@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. MUSTAFA ULAŞ

Fırat University, Faculty Of Engineering, Artificial Intelligence And Data Engineering
mustafaulas@firat.edu.tr

Abstract

Artificial intelligence has revolutionized the healthcare field with its increasing significance in medical imaging. This study aims to examine the effective use of artificial intelligence methods in the detection of Abdominal Aortic Aneurysm (AAA). AAA is a life-threatening condition if not diagnosed early. The main hypothesis of this study is based on the assumption that radiological images can be analyzed using AI-based techniques to detect AAA more quickly and accurately. In this study, data sets obtained from computed tomography (CT) scans were processed, and Convolutional Neural Network (CNN)-based deep learning models were applied. The data preprocessing phase included noise reduction, contrast enhancement, and feature extraction. The models used in the training and testing phases were analyzed in terms of sensitivity, specificity, and accuracy rates. The findings demonstrated that the proposed AI models achieved higher success rates compared to traditional methods. This study highlights the applicability of artificial intelligence technologies in radiological imaging processes and aims to contribute to the scientific knowledge in this field. Additionally, it has the potential to improve patient outcomes by reducing time and cost in medical diagnostics.

Keywords: Artificial Intelligence, Abdominal Aortic Aneurysm, Deep Learning, Radiological Imaging, Medical Diagnosis

PREDICTING WATER POTABILITY WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE: MACHINE LEARNING APPROACHES

ESİN ORUÇ

Fırat University, Faculty Of Engineering, Software Engineering
eoruc369@gmail.com

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Ulaş

Fırat University, Faculty Of Engineering, Artificial Intelligence And Data Engineering Department
mustafaulas@firat.edu.tr

Abstract

Clean drinking water is essential for public health and sustainable development. We present machine learning models that automatically predict water potability using ten physicochemical features: pH, hardness, total dissolved solids, chloramines, sulfate, conductivity, organic carbon, trihalomethanes, turbidity, and electrical conductivity. We train and evaluate these models on a dataset of 3,276 samples obtained from Kaggle. First, missing values are removed, the minority class of potable samples is balanced via resampling, and all features are normalized using standard scaling. The data are then split 80% for training and 20% for testing. Sixteen classifiers—including K-Nearest Neighbors, Decision Tree, Random Forest, AdaBoost, XGBoost, LightGBM, CatBoost, Support Vector Machines, and Naive Bayes variants—are trained and assessed using accuracy, precision, recall, and F₁-score metrics. Our results show that ensemble tree methods perform best: the Random Forest model achieves 83% accuracy and an F₁-score of 0.82, followed by LightGBM at 82% accuracy and XGBoost at 81%. These findings demonstrate that ensemble approaches can serve as fast, cost-effective, and reliable decision-support tools in real-time water quality monitoring and management systems.

Keywords: Artificial Intelligence, Water Quality, Potability Prediction, Machine Learning, Tree-based Models

EXAMINATION OF THE 2024 MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS CURRICULUM IN THE CONTEXT OF DIGITAL LITERACY SKILLS

RÜMEYSA YÜKSEL

Maltepe University, Faculty Of Education, Department Of Mathematics And Science Education
rmys.yksl25@gmail.com

SÜMEYYA ŞEYHANLIGİL

Maltepe University, Faculty Of Education, Department Of Mathematics And Science Education
sumeyyaseyhanligil@icloud.com

ZEYNEL SARI

Maltepe University, Faculty Of Education, Department Of Mathematics And Science Education
zeynelsari3325@gmail.com

Assist. Prof. Dr. VİLDAN KATMER

Maltepe University, Faculty Of Education, Department Of Mathematics And Science Education
vildankatmer@maltepe.edu.tr

Abstract

Digital literacy (DL), which is among the 21st-century skills, is gaining increasing importance in educational processes. Particularly in the context of mathematics education, the effective use of digital tools and resources both enriches teachers' instructional strategies and deepens students' learning experiences. DL encompasses not only the use of technology by individuals but also their conscious and critical attitude in the processes of accessing, evaluating, producing, and sharing information. In this context, DL plays an important role in many areas, from the visualization of mathematical concepts to the development of problem-solving skills through dynamic applications. In line with the knowledge and skills required by the digital age, the integration of DL into mathematics teaching curricula with a holistic approach has become inevitable. In this context, the purpose of this study is to examine the presence of DL skills in the middle school mathematics curriculum (MSMC). In this study, which adopts a qualitative research approach, the document analysis technique was used. MSMC adopted in 2024 was used as the data collection tool in the research. Through the document analysis conducted, DL elements in the curriculum were systematically scanned; digitally-oriented learning outcomes that were present explicitly and implicitly were evaluated. Additionally, the distribution of these learning outcomes according to grade levels and themes of MSMC was examined in detail. As a result of data analysis, it was determined that skills related to digital literacy were given limited inclusion in the learning outcomes of the MSMC, while these skills were largely included in the learning-teaching practices section of the curriculum. Within the scope of learning-teaching practices, statements directed toward DL skills were encountered at the highest rate in 5th and 6th grade levels, while it was determined that the grade level with the least inclusion of these statements was 7th grade. When the percentage distribution of content and concepts related to DL was examined on the basis of the curriculum's themes, the most frequently included themes were listed as Geometric Shapes, Numbers and Operations and Geometric Quantities. Additionally, it was observed that the most frequently encountered concepts related to digital literacy in the learning-teaching practices of the MSMC were "digital," "virtual," and "online", respectively.

Keywords: Digital Literacy, Middle School Mathematics Curriculum, Document Analysis

ADEQUACY OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS IN TURKEY FROM CONSUMER PERSPECTIVE: PERCEPTION AND REALITY

KÜBRA SÜMEYYE ALDEMİR

Kocaeli University, Institute Of Science, Electrical Engineering
ksaldemir@hotmail.com

Abstract

Vehicles, which have become an inseparable part of daily life, have undergone multiple changes throughout history and electric motor type vehicles have come to the forefront at the end of the 20th century and in the current century. However, according to information obtained from previous studies, it has been seen that EV (electric vehicle) is still not looked upon favorably. This study aims to evaluate the perceptions of electric vehicles and charging stations in Turkey from the perspective of consumers and to compare them with reality. Within the scope of the study, 424 participants were reached through various social media channels and a survey was conducted via Google Form. The answers of the participants who participated in this survey were evaluated and the answers of 372 participants were uploaded to the SPSS Statistics program and included in the analysis study. In line with the findings obtained, a comparison was made with the real data published by the Energy Market Regulatory Authority (EPDK) and an attempt was made to explain why the number of electric vehicles remains at lower levels compared to other motor type vehicles in the context of consumer perception.

Keywords: : Electric Vehicles, Charging Stations, Epdk, Spss, Consumer Perception, Purchase Intention

REMOVAL OF REMAZOL YELLOW RR FROM AQUEOUS MEDIUM USING MG/FE LAYERED DOUBLE HYDROXIDE MODIFIED WITH MORINGA OLEIFERA

Melis TUNAY

Eskişehir Osmangazi University, Institute Of Science, Chemistry
melis3-s@outlook.com

Prof. Dr. Sibel AKAR

Eskişehir Osmangazi University, Faculty Of Science, Chemistry
stunali@ogu.edu.tr

Abstract

In this study, a new composite material, Mg/Fe LDH@MO, was synthesized using the co-precipitation method with *M. oleifera*. The removal of RYRR dye from aqueous solutions by synthesized adsorbent was aimed. In this context, parameters such as pH, adsorbent amount, contact time, and initial concentration, which affect adsorption in a batch system, were investigated. The results obtained from the batch system experiments indicated that the optimum conditions yielded higher efficiency in an acidic environment. In the continuous system, the effects of flow rate and adsorbent amount on adsorption efficiency were evaluated. The results of continuous system experiments showed that the adsorbent amount did not significantly affect the efficiency, while a lower flow rate positively influenced the system's performance. Using the data obtained from the batch system, kinetic and isotherm parameters were calculated. The adsorption kinetics followed the pseudo-second-order model, and the isotherm fitted the Freundlich isotherm model. The structure of the adsorbent was characterized by SEM-EDX, BET, TG-DTA, XRD, and FTIR analyses. According to the characterization results, the modified LDH sorbent material exhibited a tenfold increase in specific surface area and pore volume compared to MO. Experimental findings show that the RYRR removal efficiency with Mg/Fe LDH@MO is around 90%. All experimental results support that Mg/Fe LDH@MO can be used as an effective, environmentally friendly, and economical adsorbent for dye removal from aqueous solutions.

Keywords: Layered Double Hydroxide, Ldh, Moringa Oleifera, Adsorption, Remazol Yellow Rr

FULL TEXT PAPERS

In this area, there are full-text papers sent to the Incohis 2025 Spring congress that meet the conditions of the congress.

DYNAMIC ANALYSIS OF A SHOP CRANE AND DESIGN MODIFICATION FOR CONSTRUCTION ENVIRONMENT

Özgür Hamsici

Altınbas University, Mechanical Engineering Department
2137223322@ogr.altinbas.edu.tr, ORCID: 0009-0002-8135-5622

Assoc.Prof.Dr. Süleyman Baştürk

Altınbas University, Mechanical Engineering Department
suleyman.basturk@altinbas.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9016-8397

Abstract

Lifting and carrying equipment have a considerable place among the construction equipment. Tower cranes, mobile cranes, crawler cranes, construction telehandlers, electric hoists, back hoe loaders and even excavators are examples of lifting and carrying machines. Scissor lifts, cherry pickers are also other machines. All these machines have variable power sources, variable lifting capacities and different work spaces. Floor cranes are also used on construction sites and this is for the applications of glass facade placements and such specific installation tasks. Floor cranes might have little lifting capacities from 200 kg and can reach up to a capacity of 1500 kilograms. The capacity depends on the required working load. The target of this study is to investigate the possibility of using mini floor crane of 250 kg lifting capacity on a multistorey building construction, specifically for carrying and lifting operations on reinforced concrete slabs or newly poured fresh reinforced concrete slabs in order to carry, load and unload rebar frames, formwork pieces and falsework pieces. A dynamic and a structural analysis are performed based on static and dynamic loads for modification of a shop crane in order to obtain a light crane assembly to be used in the construction environment.

Keywords: Floor Crane, Shop Crane, Crane Dynamic

BİR ATÖLYE VİNCİNİN DİNAMİK ANALİZİ VE İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANILACAK ŞEKİLDE MODİFİKASYONU

Özet

Kaldırma ve taşıma ekipmanları inşaat ekipmanları arasında önemli bir yere sahiptir. Kule vinçler, mobil vinçler, paletli vinçler, inşaat telehandler'ları, elektrikli vinçler, kazıcı yükleyiciler, makaslı platformlar, sepetli vinçler ve hatta ekskavatörler kaldırma ve taşıma makinelerine örnektir. Tüm bu makinelerin değişken güç kaynakları, değişken kaldırma kapasiteleri ve farklı çalışma alanları vardır. Öte yandan, zemin veya atölye vinçleri, çoğunlukla fabrikalarda, atölyelerde, açık lojistik depolarında vb. olmak üzere endüstriyel çalışma ortamlarında kullanılan bir tür Mobil Vinç'tir. Zemin vinçleri ayrıca inşaat sahalarında da kullanılır ve bu, cam cephe yerleştirme uygulamaları ve bu tür özel kurulum görevleri içindir. Zemin vinçlerinin kaldırma kapasiteleri 200 kg'dan az olabilir ve 1500 kilograama kadar çıkabilir. Kapasite, gerekli çalışma yüküne bağlıdır. Bu makalenin hedefi, çok katlı bir bina inşaatında, özellikle betonarme döşemeler veya yeni dökülmüş taze betonarme döşemeler üzerinde taşıma ve kaldırma işlemleri için, demir donatıyı, kalıp parçalarını ve iskele parçalarını taşımak, yüklemek ve boşaltmak için 250 kg kaldırma kapasiteli mini zemin vinci kullanma olasılığını araştırmaktır. Hafif bir vinç tertibatı elde etmek için bir atölye vincinin modifikasyonu için statik ve dinamik yüklere dayalı bir dinamik ve yapısal analiz gerçekleştirilmiştir.

Keywords: Atölye Vinci, Motor Vinci, Vinç Dinamik Analizi

1. INTRODUCTION

In the sector of the construction industry, recently, demand for mobile cranes shows a significant ascent. Amid the mobile crane operations on a site, rigging light loads (100 kg – 300 kg) that arises from lifting formworks, falseworks, reinforcements, timbers etc. holds an important place.

In this study, it is considered whether a floor crane with less payload capacity around 250 kg has validity, efficacy and applicability to be operated on a newly poured fresh floor of a multi-story building construction. It is aimed to clear out the ambiguity of utilizing a 4 meters-long mast, lightweight, detachable floor crane on a freshly poured concrete without giving rise to concrete microcracks or concrete large cracks or a decrease in the ultimate strength of the floor concrete.

This construction equipment will be frequently placed on the reinforced concrete slab but mainly after assuring that the concrete slab is adequately hardened, cured and gained 70% of its compressive and flexural strength.

Utilizing floor cranes on a construction site might have the following advantages; the floor crane is more ergonomic than a mobile crane, it could be placed in any corner or side of a floor compared to a mobile crane which requires a location of assembly, it doesn't make traffic obstruction around the construction site, it is possible to operate for fine finishing works inside a story when boom length of the floor crane is modified and shortened, it could be placed on roof for facade and steel works, easy to operate with any lectured labor, it doesn't need an operator as a mobile crane, it is more cost-effective than a mobile crane as can be used in any time of the work hours, daily or weekly, as a crane it is more efficient with less payload below 1 ton weights with no need of high machine power, it has no need of path preparation as a mobile crane, the floor crane operates right on the concrete slab, it doesn't make a traffic obstruction as a mobile crane to the residential units, roads, nearby traffic flow, the floor crane on a slab might reduce the risk of workers to get injured by lifting heavy loads, in the absence of another crane on site the floor crane is an identical spare equipment for handling the duties of the primary crane that is absent or out of order.

Utilizing a floor crane on a construction site has the following disadvantages; it is also impossible to operate floor cranes on narrow aisles or through narrow walls and door gaps, in case of a distraction of the operator, the machine might hit anything or a person in the vicinity, the load capacity is lower, when it is necessary to lift heavy weights, the floor crane cannot do it, for example steel bundles, steel hot rolled or cold rolled profiles etc., there is the danger of the machine to fall down from the floor, the floor crane cannot be sufficient and efficient as a mobile crane when a loaded truck of construction material is going to be unloaded on site, it cannot reach every point on the slab, especially the edges of the slab where there is risk of falling, the columns and shear walls outside facades, nearby the spacings like staircases, shaft gaps of the floors etc., it cannot be operated in rough terrain and needs smooth surfaces for the rubber tyres.

According to Duragkar et al. for carrying loads within a short distance, floor cranes seemed to be one of the most effective ways [1]. The mini cranes are also efficient as a low-cost alternative to other types of mobile cranes according to Jadhav et al. [2]. Urbas et al. [3] presented a thorough dynamic analysis of crane loading and unloading motion by taking into consideration different geometrical types of loads instead of using a lumped mass, boom and drive flexibility and different rope sling systems. Fujioka [4] investigated the tip-over stability analysis of a mobile crane under different conditions. Chukwulozie et al. [5] presented design and fabrication of a mini floor crane of 1000 kg. Towarek [6] inspected the dynamic stability of a crane placed on a flexible soil during the rotation motion of the boom. Dawid and Pawel [7] focused on a deformable rope system of Kevin-Voigt model. Jadhav et al. [2] presented an optimization of a rotating hydraulic crane and the equipment was manufactured and tested for several conditions as strength, cost efficiency and load range. Safarzadeh et al. [8] realized the design and manufacture of a self-propelled crane. Romanello [9] developed a Matlab code as a mathematical model for determination of outriggers of a mobile crane. Posiadala [10] was the first to integrate the behavior of the crane support system to the equations of dynamic motion matrix. Umut and Mete [11] dealt the same subject of the crane mathematical modelling of dynamic equations and implement a PID Control to the mathematical model.

In order to carry out hoisting operations with a floor crane, a dynamic analysis is a necessity together with the finite element method structural design. The dynamic analysis of a floor crane under translational motion will be an appropriate enrichment in the literature that will provide additional information about floor crane dynamics.

1.1. Operating a Floor Crane on a 1 Day Age Concrete Slab

In the early stages of the setting process, the bonding between the reinforcement steel and concrete is low. Chapman and Shah [12] called this phenomenon as the bond-slip behavior of early age concrete. Cooper stated that early ages loading of concrete may result in excessive deflection and cracking [13]. Taking into consideration the bond-slip and the cracking behavior in the early stages, it is merely the flexural strength of concrete but not the contribution rebars that will bear the bending and the tensile forces exerted on a slab. The conducted tests by Song et al. [14] identifies that early loading might result in severe deflection and concrete cracking on the concrete slabs and beams. Wheel loads cause critical flexural tensile stresses at the bottom of the slab below the neutral axis and flexural compressive stresses above the neutral axis. According to Cole and Okamoto [15], for typical concrete slabs in new construction and unbonded concrete overlays, it is commonly accepted that traffic loads bring in critical flexural tensile stresses at the bottom of the slab and flexural compressive stresses at the top.

Loading a freshly poured reinforced slab is not a construction operation that can be realized without hesitation. According to Cavalline et al. [16], the compressive strength required for pavement openings typically ranges from 2,200 to 3,500 psi (15.2–24.1 MPa) when intended for construction vehicle traffic, and increases to between 3,000 and 4,500 psi (20.7–31.0 MPa) for standard traffic loads. Similarly, flexural strength values generally fall between 500 and 650 psi (3.4–4.5 MPa) for both construction and regular traffic conditions. Cavalline et al. [16] also states that Minnesota State Highway guidelines specify a required flexural strength between 350 and 500 psi (2.4–3.4 MPa), with the exact value contingent on the thickness of the concrete slab.

Several concrete admixtures in order to obtain High-Early-Strength are available on the construction materials market. Compressive strength of fresh concrete with different early-strength admixture proportions by Tezel et al. [17] identifies that when a new-age early-strength admixture is added to the concrete mix design with different proportions, it is possible to attain half the compressive strength of concrete within 12 hours. These compressive strength values can provide enough flexural strength to open the fresh 1-day aged concrete to construction traffic.

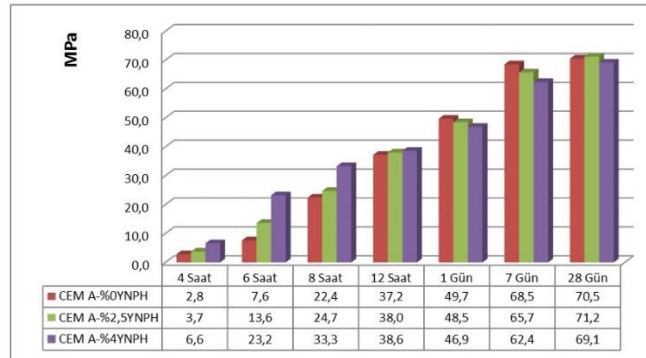


Figure 1: Concrete Compressive Strength-Time Diagram for Different Proportions of Early-Strength Admixture [17].

2. MATERIAL AND METHOD

The payload for design is taken as 250 kg and it is factored to 350 kg for the initial design. An approximated 100 kg horizontal load is also assigned to the analysis that is representing any lateral load. Under these loading conditions, the crane structural sections are determined as 100x100x5 mm box sections.

FEM 1.001 [18] is a standard that covers the designation for Erection and Dismantling Cranes for power Stations, shop cranes etc. in its appliance group A2-A4 and the designation of Workshop Cranes in its appliance group A3-A5 [Table T2.1.2.5 FEM 1.001]. As a result, especially the design load multiplication factors are taken from this standard. The crane width and length are taken as 1.5 m and 1.5 m, allowing it to wander around construction obstacles, columns walls, timber pile or steel pile easily while reaching any narrow corners in order to install a column reinforcement or a shear wall

reinforcement or concrete forms for these members. The length of jib is selected as 1.6 m and the spacing between the two side frames of the chassis 1.5 m provides a 1.5 m x 1.3 m projected area for the load that will be stuffed into this gap, hoisted and carried to the final position.

The Figure 2 shows the design dimensions, loads and moment arms of the shop crane.

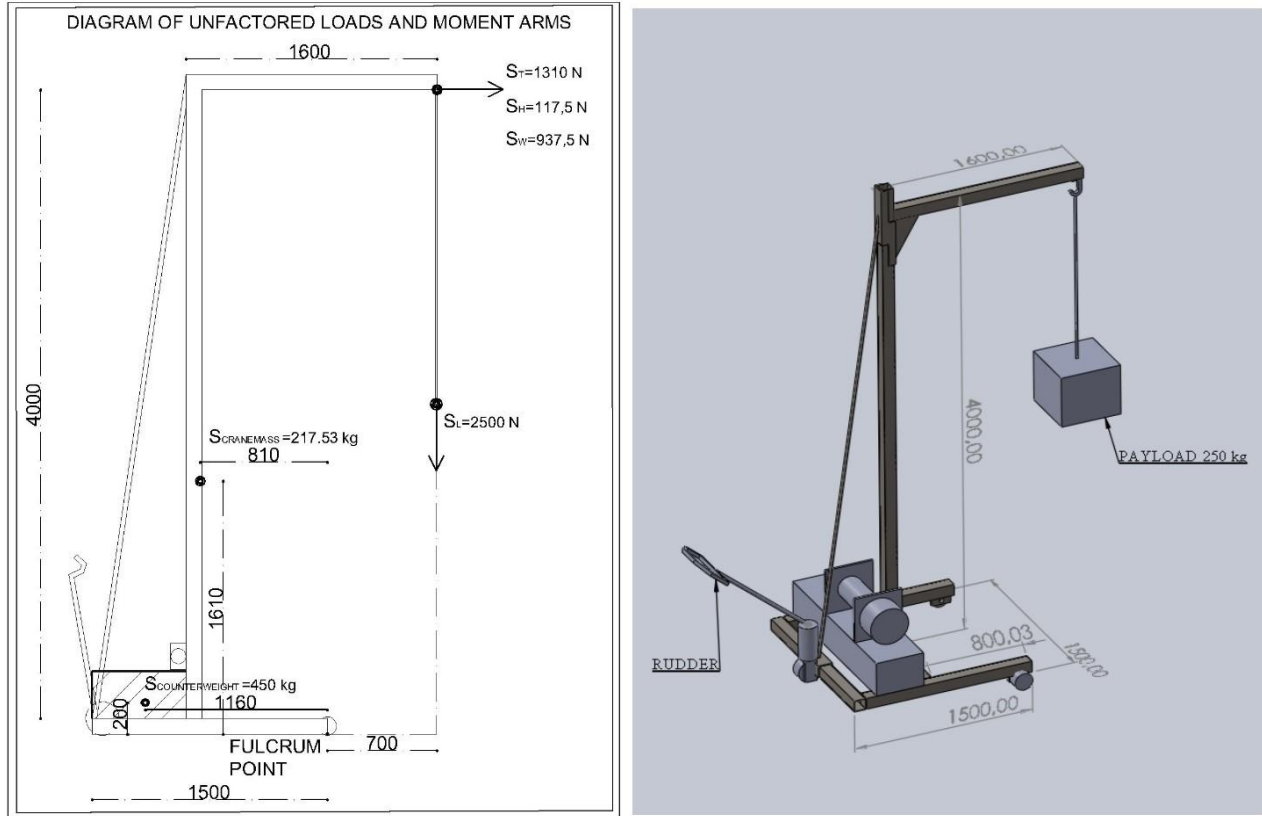


Figure 2: Shop Crane Dimensions, Structural Sections and Design Loads.

2.1. High Strength Low Alloy Steel and its Fatigue Properties

High Strength Low Alloy Steel (HSLA) is a steel type which has better mechanical properties and better corrosion resistance. It has a higher strength-weight ratio that makes automobile, agriculture equipment, transport equipment and lifting equipment industries to prefer this material. The high strength to weight ratio advantage of this steel provides the products to be manufactured lighter in the range of 20 to 30%. Therefore, the HSLA 1100 MPa is selected for the manufacture of the crane.

The jib, mast and chassis sections of the crane are welded connections. As a result, it has to be concerned deeply for the fatigue failure of these weak sections. Leitner et al. [19] conduct the fatigue analysis of the welded area subjected to High-Frequency-Mechanical-Impact-Treatment (HFMI) combined with Post-Heat-Treatment (PHT). HFMI is a mechanical post-weld-treatment that reduces the geometrical notch, emerges a compressive residual stress and increases the local hardness. The research covers the two HSLA Steels S690 and S960. The search is conducted under the strong recommendation of International Institute of Welding (IIW) that the fatigue strength of welded structures is independent of the base metal which is an HSLA Steel for the case. Therefore, enhancement in the weld area is an obligation before the welding as preheated and inter-pass or post HFMI-treatment.

A similar weld fatigue behavior test is conducted by Jonsson et al. [20] for 1100 MPa yield strength HSLA steel. The results of them are also similar to that of Leitner et al. [19] for HFMI-treated welded steel. From the below Figure 3, formula is driven for general Logarithmic Equation as;

$$A.X^N = Y \text{ Therefore it is found } 4551,40. (\text{Number of Cycles})^{-0,20} = \text{Nominal Stress}$$

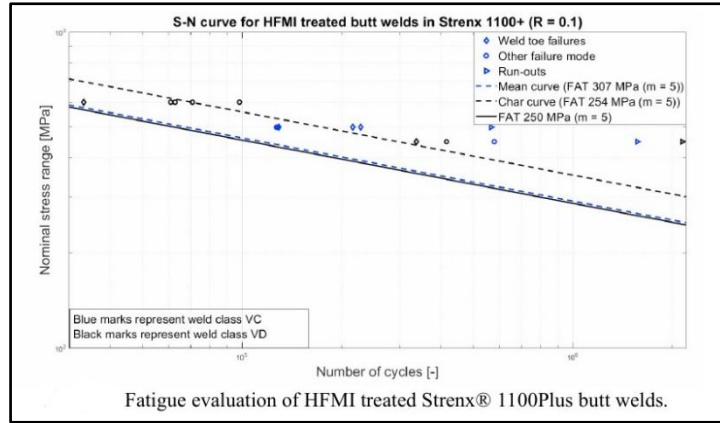


Figure 3: S-N Curve by Jonsson et al. for STRENGTH-1100 [20].

Table 1 below gives some of the values for the above equation.

Table 1: S-N Curve Values for STRENGTH1100 HSLA derived from logarithmic curve formula.

Stress [MPa]	N (Cycles)
250,00	$2 \cdot 10^6$
287,17	$1 \cdot 10^6$
300,28	$8 \cdot 10^6$
378,93	$2,5 \cdot 10^6$
455,14	$1 \cdot 10^6$
721,34	$1 \cdot 10^6$
1100	0

S-N Curve data for 1100 MPa HSLA steels prove that for the fatigue case of welded HSLA steel members, the base metal strength is not an exact parameter and the weld fatigue strengths mainly depend on other factors such as preheating temperature, inter-pass times, consumable metal, base metal composition, hydrogen cracking, notches etc. For the Static-Structural ANSYS Analysis, a 1100 MPa Steel strength can be selected with a fatigue data inserted from Table 1. Please notice that for 250.000 cycles, the maximum allowable stress is 378,93 MPa.

2.2. Design Load Combinations and Overturning Moment Check

In second chapter of FEM 1.001 [18] Standard, loads subjected to the structure and mechanism of the hoisting appliances is clarified separately. The floor crane loads are determined via this standard [18]. Primarily, the following abbreviations should be presented to eliminate the confusions.

Table 2: Forces and Force Multiplication Factors that are considered in the structural design.

Force	Description
S_G	All Dead Weights in the Crane including Self Weight, Counter-weight etc.
S_L	Design Payload of the Crane = Payload = 250 kg.
S_H	Horizontal Inertial Effect Contribution of the Payload
S_W	Wind Force on Payload and Crane
S_{WMAX}	Maximum Wind Force for the Case of Gust-Sudden Wind

S_T	Buffer Load, i.e., Collision Impact Load
q	Wind Pressure
g_C	Load Amplifying Coefficient from Table T.2.3.4. FEM 1.001 [18]
r_1	Dynamic Test Coefficient for Hoisting Motion Acceleration from Clause 8.1.1. FEM
r_2	Dynamic Test Coefficient for Hoisting Motion Acceleration from Clause 8.1.2. FEM
y	Dynamic Coefficient of Vertical Payload for Hoisting Motion Acceleration
x	Flexible Jib Crane Experimentally Determined Coefficient from Section 2.2.2. FEM

The load combinations and with the corresponding coefficients for each are as follows;

$$CASE\ 1 = \gamma_C(S_G + \psi S_L + S_H)$$

$$CASE\ 2 = \gamma_C(S_G + \psi S_L + S_H) + S_W$$

$$CASE\ 3 = Max(S_G + S_{WMAX}; S_G + S_L + S_T; S_G + \psi \rho_1 S_L; S_G + \rho_2 S_L)$$

$$CASE\ Fatigue = (S_G + \psi S_L + S_H)$$

$r_1=1.2$ and $r_2=1.4$ according to Item 8.1.1. and 8.1.2. [18].

According to International Organization for Standardization standard ISO 12482-1:1995 **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**, cranes are designed for a finite lifetime duty and this lifetime is typically 10 to 20 years for industrial cranes. FEM 1.001 [18] also arranges the crane design based on a specific design lifetime. The table T.2.1.2.5. [18] identifies the shop crane classification as A3 class, A4 class and A5 class. The class quality increases with the numeration. For the lifetime of an A4 class workshop crane, the standard then directs the user to table T.2.1.4. [18] where the maximum allowable load cycle class for a moderate loading regime is U4 and for a moderate to heavy loading regime is U3. When one refers to table T.2.1.1. [18] once again, U4 class defines a life cycle of maximum 250.000 cycles. Over a rough exaggerated estimation of using the crane 40 times a day, 310 days a year and for a lifetime of 20 years, this makes $40 \times 310 \times 20 = 248.000$ cycles. This life time in the yearly base is very close to that suggested by ISO 12482-1:1995 **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** Moreover, regarding a construction environment, an average per day hoist loading cycle might be considered 20 cycles as well which then corresponds to class U3 in the specification [18]. General load coefficient g_C is then determined from Table 2.3.4. [18] based on the class. For the selected A4 class g_C is found as 1.11 from Table 2.3.4. [18].

$g_C=1.08$ according to Item 2.3.4. [18].

y is the Dynamic Coefficient Factor for the vertically hoisted working load. The coefficient is calculated according to Item 2.2.2.1.1 of the spec [18]. The item clearly identifies a factor for jib cranes as $x=0.3$. As a safe assumption, a hoist motor of $V_L=1$ m/s vertical motion is selected.

$$\psi = 1 + \xi V_L \quad \xi = 0.3 \text{ for Jib Crane } \psi = 1 + 0.3 \times 1 = 1.3$$

In conclusion, the combinations with amplification factors applied are the following;

$$CASE\ 1 = 1,08. (S_G + 1,3. S_L + S_H)$$

$$CASE\ 2 = 1,08. (S_G + 1,3. S_L + S_H) + S_W$$

$$CASE\ 3 = Max(S_G + S_{WMAX}; S_G + S_L + S_T; S_G + 1,3 * 1,2. S_L; S_G + 1,4. S_L)$$

$$CASE\ Fatigue = (S_G + 1,3. S_L + S_H)$$

2.3. Determination of Wind Load S_W and Maximum Wind Load S_{WMAX}

The standard FEM 1.001 table T2.2.4.1.2.1.[18] defines 3 types of wind condition. These 3 types and the related wind speed values are given in table below;

Table 3: Wind Speeds.

Equipment Type	Operational Wind Speed
Equipment in low wind conditions and erection activities	14
Typical cranes deployed in open-air environments	20
Appliances intended for sustained use in adverse wind	28

The FEM Standard defines [18] the dynamic wind pressure correlated with wind speed by the formula where wind speed V_s is in m/s and wind pressure q is in N/m^2 . $V_s=14$ m/s and the related wind pressure q as $125 N/m^2$.

$$q = 0.613 V_s^2 \text{ and } q = 0.613 \times 14^2 \cong 125 N/m^2$$

The action of the wind on the hook is related with projected wind area of the load;

$$S_W = 2,5 \cdot A \cdot q \text{ and } S_W = 2,5 \times 3 \times 125 = 937,5 N$$

Table T.2.2.4.1.2.2 [18] clarifies the out-of-service wind pressure limit as $800 N/m^2$ up to heights of 20 m. elevation.

$$q_{WMAX} = 800 N/m^2$$

2.4. Determination of Horizontal Inertia Load S_H

Matlab results of uncontrolled system from Dynamic Analysis show that for a mean $0.33 m/s^2$ acceleration or deceleration to stop or to pace the crane to $1 m/s$ velocity in 3 seconds, the maximum acceleration of the total crane and 250 kg suspended load system is computed as;

$$a_{max} = 0,47 m/s^2 \text{ and } F_{inertia} = m \cdot a, \text{ therefore } S_H = 250 \cdot 0,47 = 117,5 N$$

2.5. Comparison of Force S_H of Matlab and Recommended Value of FEM 1.001

“Section A2.2.3.-Calculation of Loads Due to Acceleration of Horizontal Motions” [18] in standard describes an identical method to find out the inertia effect of payload during a horizontal motion with the above variables computed one by one.

T_m : Mean Duration of Deceleration = 3 seconds

L : Length of the Suspended Load= 2 meter

T_L : Period of Oscillation of the Suspended Load

$$T_L = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{l}{g}\right)^{0,5} \quad T_L = 2,84 \text{ seconds}$$

m : Total Mass of the Crane System Other Than the Load = 667 kg (rotational inertias negligible)

m_1 : Mass of Payload = 250 kg, F_{cm} : Mean Inertia Load, J_m : Mean Acceleration or Deceleration = $0,33 m/s^2$

$$\mu = \frac{m_1}{m} \quad \mu = \frac{250}{667} = 0,375, \beta = \frac{T_m}{T_L}, \beta = \frac{3,00}{2,84} = 1,056$$

ψ_h : Load Amplification Factor for Inertia Load

$$\psi_h = 2 \text{ for } \mu < 1, F_{cm} = m_1 \cdot J_m, F_{cm} = 250 \times 0,33 = 82,5 kg \cdot m/s^2$$

$$F_{cmax} = \psi_h \cdot F_{cm} \quad F_{CMAX} = S_H = 2 \times 82,5 = 165 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

S_H found from the Matlab Simscape Multibody Analysis for uncontrolled system is 117,7 N and S_H derived from FEM 1.001 Standard [18] is 165 N. The value of S_H for static-structural analysis is taken as 117,7 N for ANSYS calculations.

2.6. Description of Buffer Load S_T

According to the FEM 1.001 [18] Standard Item 2.2.3.4, “it can be computed by considering that the horizontal force applied at the lever of the load which is capable of causing two of the crab wheels to lift”. This load is calculated from moment arm equilibrium with taking into consideration the total counter weight load as $S_{counterweight}=450$.

$$S_T \cong 131.00 \text{ kg} = 1310 \text{ N}$$

$$S_T = \frac{S_{COUNTERWEIGHT} * \text{MomentArm}_{S_{CW}} + S_G * \text{MomentArm}_{S_G} - S_L * \text{MomentArm}_{S_L}}{\text{MomentArm}_{S_T}}$$

2.7. Overturning Moment Calculations and Specifying the Counterweight

The design working load or in other words payload of the crane is $S_L = 250 \text{ kg} \cong 2500 \text{ N}$. The total counterweight of the crane consists of an additional ballast that will be mounted separately, a lithium-ion battery, an AC type driving electric motor and a hoist motor. The counterweight is determined as 450 kg but the ANSYS design is executed with 800 kg counterweight so that if required, the overturning factor of safety might be increased. The inertial effects are included with an acceleration of magnitude as $0,47 \text{ m/s}^2$. The counter-weight is over-turning check is held for Case 2 as it is the most inconvenient loading case.

$$\text{CASE 2} = 1,08 \cdot (S_G + 1,3 \cdot S_L + S_H) + S_W$$

The table below shows the unfactored design loads and corresponding moment arms;

Table 4: Unfactored Design Loads and Moment Arms.

Type of	Force (N)	X Moment Arm about Fulcrum	Y Moment Arm about Fulcrum
S_G	$217 \cdot 9,81$	+0,82	-1,61
$S_{COUNTERWEIG}$	$450 \cdot 9,81$	+1,16	-0,20
S_L	$250 \cdot 9,81$	-0,70	—
S_H	117,5	—	-4,00
S_W	937,5	—	-4,00

Overturning Moment Calculation About Fulcrum:

$$\text{Stabilizing Moments/Overturning Moments} \geq 1,5 \quad \text{According to FEM 1.001[18]}$$

The overturning FoS is 1.4 for $S_{Counterweight}=450 \text{ kg}$ and it can be increased to FoS=1.5 with an additional 50 kg counterweight, making $S_{Counterweight}=500 \text{ kg}$.

3. FINITE ELEMENT METHOD STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS

The crane is supported by 3 cylindrical supports in the location of rubber wheels. The desired life-time of the crane is selected as 250.000 cycles and a fatigue analysis is run for 250.000 cycles. An overall Fatigue Strength Factor is taken as $K_f=0,60$. The fatigue analysis S-N curve is taken from Table 1 by Jonson et al. [20]. The computed fatigue analysis safety factor for 250.000 cycles is FS=1,47. Mesh damage is not observed as all damage results for 250.000 cycles.

The closest loading combination to real-time operation is Fatigue-Case loading and maximum payload loading of Case 3. The deformations of the jib in the vertical direction are found as 29,99 mm and 34,62 mm respectively with the bending of the jib cantilever. The maximum stress value appears in the Case 2 loading where wind direction is applied both in plane and toward the out of plane as 385,86 MPa in the jib-mast joint. This value corresponds to a Factor of Safety $FS=2,85$ for static loading cases for a 1100 MPa HSLA steel. The minimum stress value appears in the Gust Wind Loading Case while the crane is out of service. Minimum stress value is 116,86 MPa. This value corresponds to a Factor of Safety $FS=9,41$.

For Fatigue Loading Case, the maximum Alternating Equivalent Von Mises' Stress is calculated as 247,43 MPa. Safety Factor $FS=1,47$ for 250.000 cycles. The minimum safety factors appear near the jib-mast connection where dense welding and HFMI-treatment is going to be applied.

The following table illustrates the Equivalent Von Mises Stresses and Maximum Deformation on the edge of the crane jib for all separate loading combination cases.

Table 5: Amplified Design Forces and Total Deformation for Case 1 Loading

CASE 1 Loads	CASE 1 Deformation	CASE 1 Stress
Payload $S_{L_Y}=3500$ N	32,015 mm	283,93 MPa
Brake Load $S_{H_X}=126,9$ N		
CASE 2 Wind_X Loads	CASE 2 Wind_X	CASE 2 Wind_X Stress
Payload $S_{L_Y}=3500$ N	36,961 mm	356,64 MPa
Brake Load $S_{H_X}=126,9$ N		
Wind Load $S_{W_X}=937,5$ N		
CASE 2 Wind_Z Loads	CASE 2 Wind_Z	CASE 2 Wind_Z Stress
Payload $S_{L_Y}=3500$ N	79,647 mm	366,83 MPa
Brake Load $S_{H_X}=126,9$ N		
Wind Load $S_{W_Z}=937,5$ N		
CASE 2 Cross Wind Loads	CASE2 Cross Wind Deformation	CASE 2 Cross Wind Stress
Payload $S_{L_Y}=3500$ N	63,373 mm	385,86 MPa
Brake Load $S_{H_X}=126,9$ N		
Wind Load $S_{W_X \text{ AND } Z}$		
CASE 3-Collision Loads	CASE 3-Collision	CASE 3-Collision Stress
Payload $S_{L_Y}=2500$ N	30,311 mm	320,37 MPa
Collision Load $S_{T_X}=1310$ N		
CASE 3-Max. Wind Loads	CASE 3-Max. Wind Deformation	CASE 3-Max. Wind Stress
Payload $S_{L_Y}=2500$ N	15,412 mm	116,86 MPa
Wind Pressure $q=800$ N/m ²		

CASE 3 Maximum Payload Loads	CASE 3 Maximum Payload Deformation	CASE 3 Maximum Payload Stress
Payload $S_{L_Y}=3900$ N	34,620 mm	315,59 MPa
Fatigue Loads	Fatigue Deformation	Fatigue Stress
Payload $S_{L_Y}=3252,5$ N	29,992 mm	247,43 MPa
Brake Load $S_{H_X}=1310$ N		

The following figures are the ANSYS structural analysis results for Fatigue Case Loading;

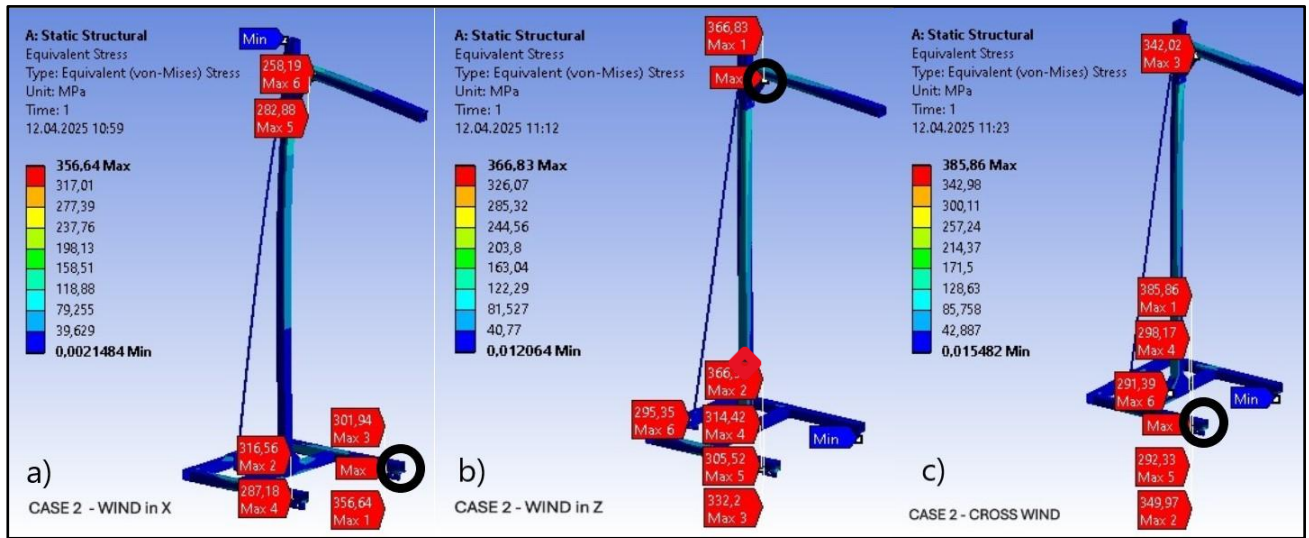


Figure 4: Equivalent Von Mises' Stress. a) Case 2-Wind X Loading b) Case-2 Wind Z Loading c) Case 2-Cross Wind Loading.

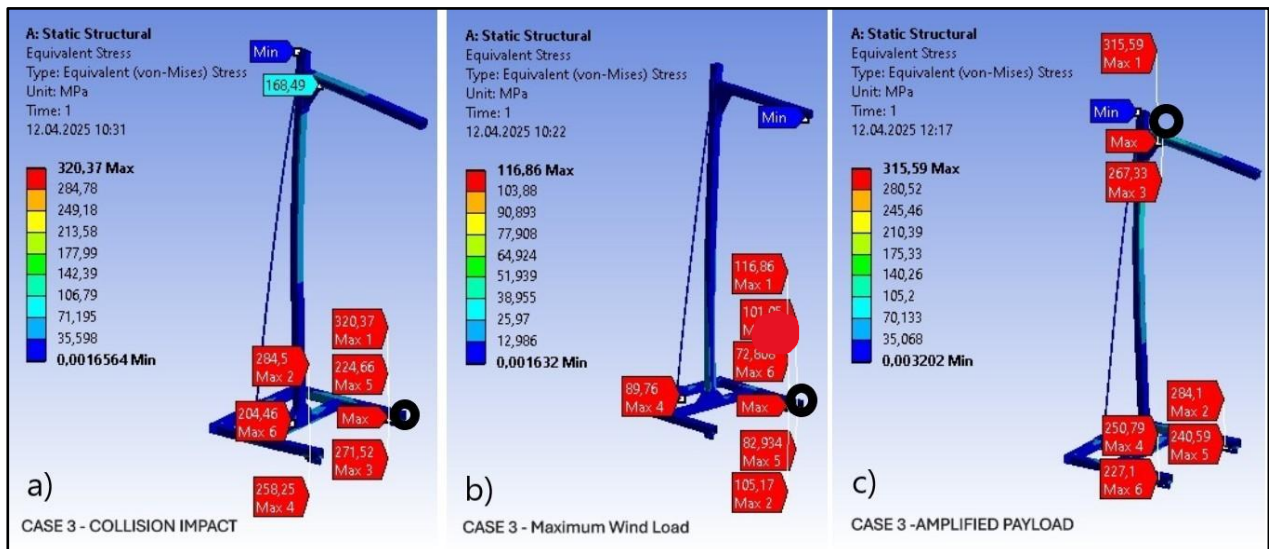


Figure 5: Equivalent Von Mises' Stress. Case 3-Collision Loading b) Case 3-Maximum Wind Load c) Case 3-Maximum Payload.

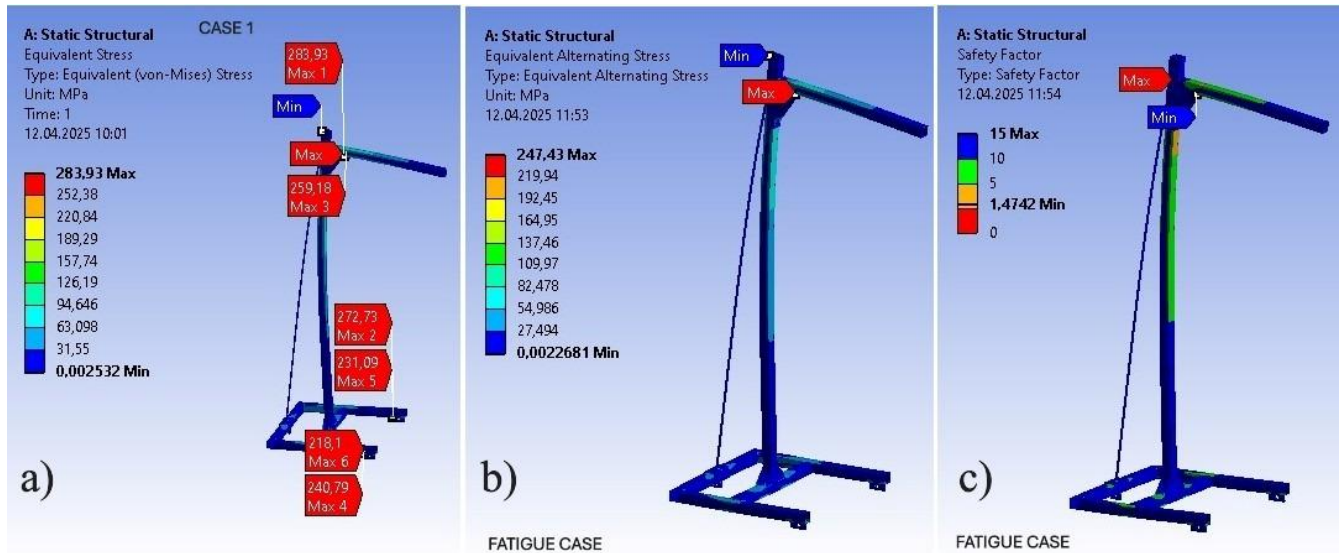


Figure 6: a) Equivalent Von Mises' Stress. Case 1 Loading. b) Equivalent Alternating Von Mises' Stress. Fatigue Case Loading. c) Safety Factor for 250.000 Cycles. Fatigue Case Loading.

3.1. Summarization of Loading Combination FEM Analysis Results

So far, all the loading combinations are executed in the computation. The table below gives a brief result and comparison of finite element analysis for all cases;

Table 6: Safety Factor, Stress and Deformation Values for all loading cases.

Case	Deformation (mm)	Stress (MPa)	F.S.
Case 1	32,015	283,93	3,87
Case 2 -Wind X	36,961	356,64	3,08
Case 2-Wind Z	79,647	366,83	3,00
Case 2-Cross Wind	63,373	385,86	2,85
Case 3-Collision	30,311	320,37	3,43
Case 3-Max. Wind	15,412	116,86	9,41
Case 3-Max. Payload	34,620	315,59	3,49
Fatigue Case	29,992	247,43	1,47

The selected design material Strenx-1100 has a yield strength 1100 MPa. None of the stress values in Table 6 reaches this value. The design is considered safe in the static loading.

S-N Curve by Jonsson et al. for STRENX-1100 [20] displays an endurance limit as 250 MPa. In Table 6, it is clear that Fatigue Case Maximum Stress is under Endurance Limit of the selected design material.

4. DYNAMIC ANALYSIS RESULTS

The dynamic analysis of the shop crane is carried out by computer software MATLAB Simulink environment. The maximum acceleration to be applied as the inertial force in the Static-Structural design is derived from Matlab results and the related inertial force S_H is later computed with implementing this acceleration. The acceleration and deceleration values are such that the operating velocity of the crane 1 m/s is reached in 3 seconds in acceleration or the crane stops from operating velocity 1 m/s to 0 m/s in 3 seconds.

The analyses are repeated for a system with a double-pendulum model and a system with a single-pendulum model. The single pendulum system has a 1 mass with m_1 and a weightless rope with length l_1 . The double-pendulum system has 2 point-masses m_1 and m_2 with different rope length l_1 and l_2 .

4.1. Dynamic Analysis Results for Uncontrolled Model

The crane is reaching to the desired operation maximum velocity in 3 seconds. The crane is breaking down to stop in 3 seconds. Average acceleration in both speed-up and break-down is $0,33 \text{ m/s}^2$. In these results, system is not controlled with any P-I-D factor.

The single pendulum model is provided by modeling a single string between the crane jib and the load.

The double pendulum model is provided by modeling two strings between the crane jib and the load. The strings are connected to each other by revolute joint.

The Table 7 summarizes the Double-Pendulum Dynamic Analysis;

Table 7: Dynamic Analysis Results for Double Pendulum Model.

Double Pendulum Loading			
Speed Up Motion to 1 m/s Operation Velocity		Break Down Motion to V=0 m/s	
Maximum Speed-Up Acceleration	0,47 m/s^2	Maximum Break Down Deceleration	-0,47 m/s^2
Reaching Time to 1 m/s Velocity	3 seconds	Stopping Time	3 seconds
Maximum Pendulum Oscillation	12,89 cm	Maximum Pendulum Oscillation	12,97 cm

The Table 8 below summarizes the Single-Pendulum Dynamic Analysis;

Table 8: Single Pendulum Loading Dynamic Analysis.

Single Pendulum Loading			
Speed Up Motion to 1 m/s Operation Velocity		Break Down Motion to V=0 m/s	
Maximum Speed-Up Acceleration	0,47 m/s^2	Maximum Break Down Deceleration	-0,47 m/s^2
Reaching Time to 1 m/s Velocity	3 seconds	Stopping Time	3 seconds
Maximum Pendulum Oscillation	12,62 cm	Maximum Pendulum Oscillation	12,76 cm

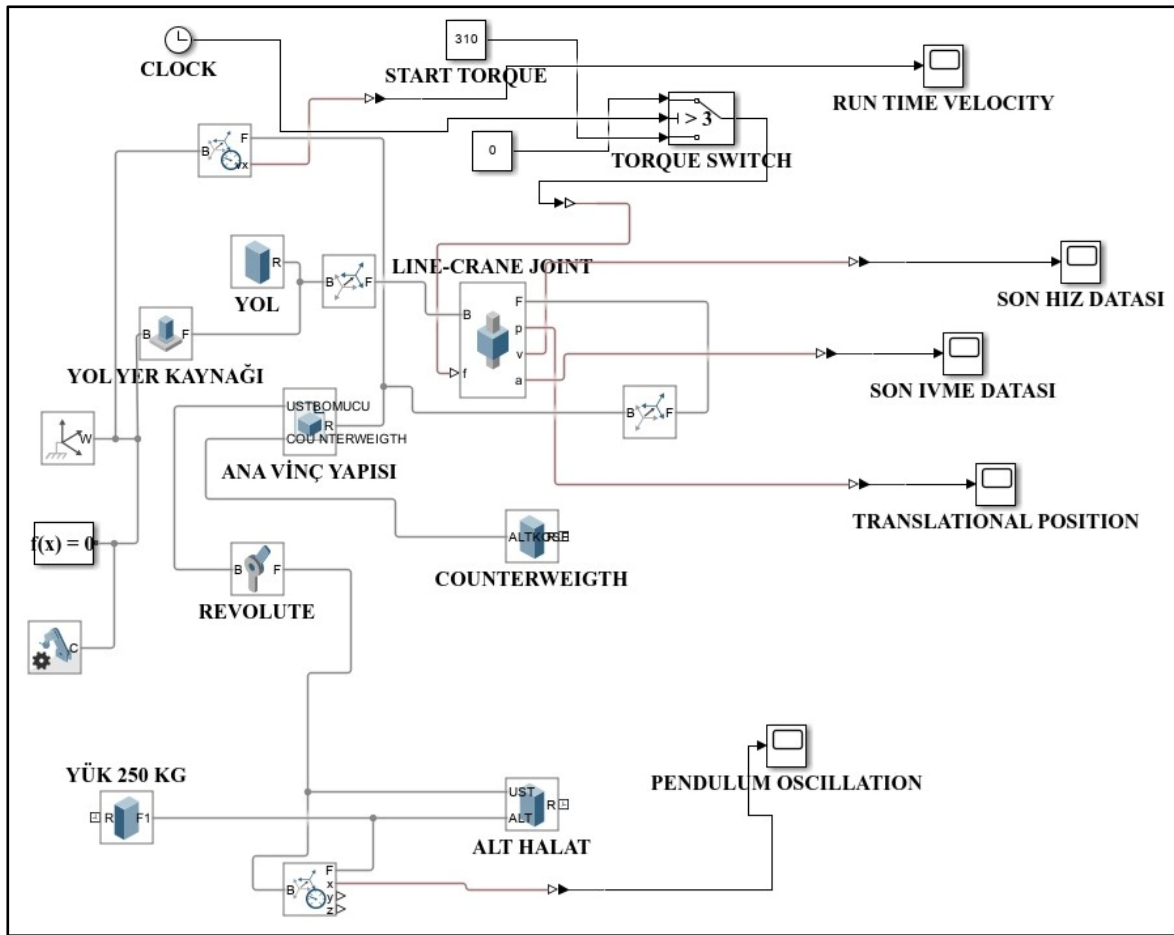


Figure 7: Single Pendulum Speed-up Simulink Diagram. Uncontrolled Constant Torque System.

The Figure 7 demonstrates Single Pendulum Speed-up Simulink Diagram. There is no proportional, derivative or integral control. The constant start torque terminates after the required operation velocity is reached.

The method for modelling a double pendulum and a single pendulum are the same. There is one revolute joint between the pendulum strings and the load and there is another revolute joint between the pendulum strings and the crane jib frame end. Only difference is that in the double pendulum, the string is composed of two separate springs which are likewise connected with revolute joint.

The following figure demonstrates the oscillation, velocity and acceleration time graphs for the models in speed-up motion.

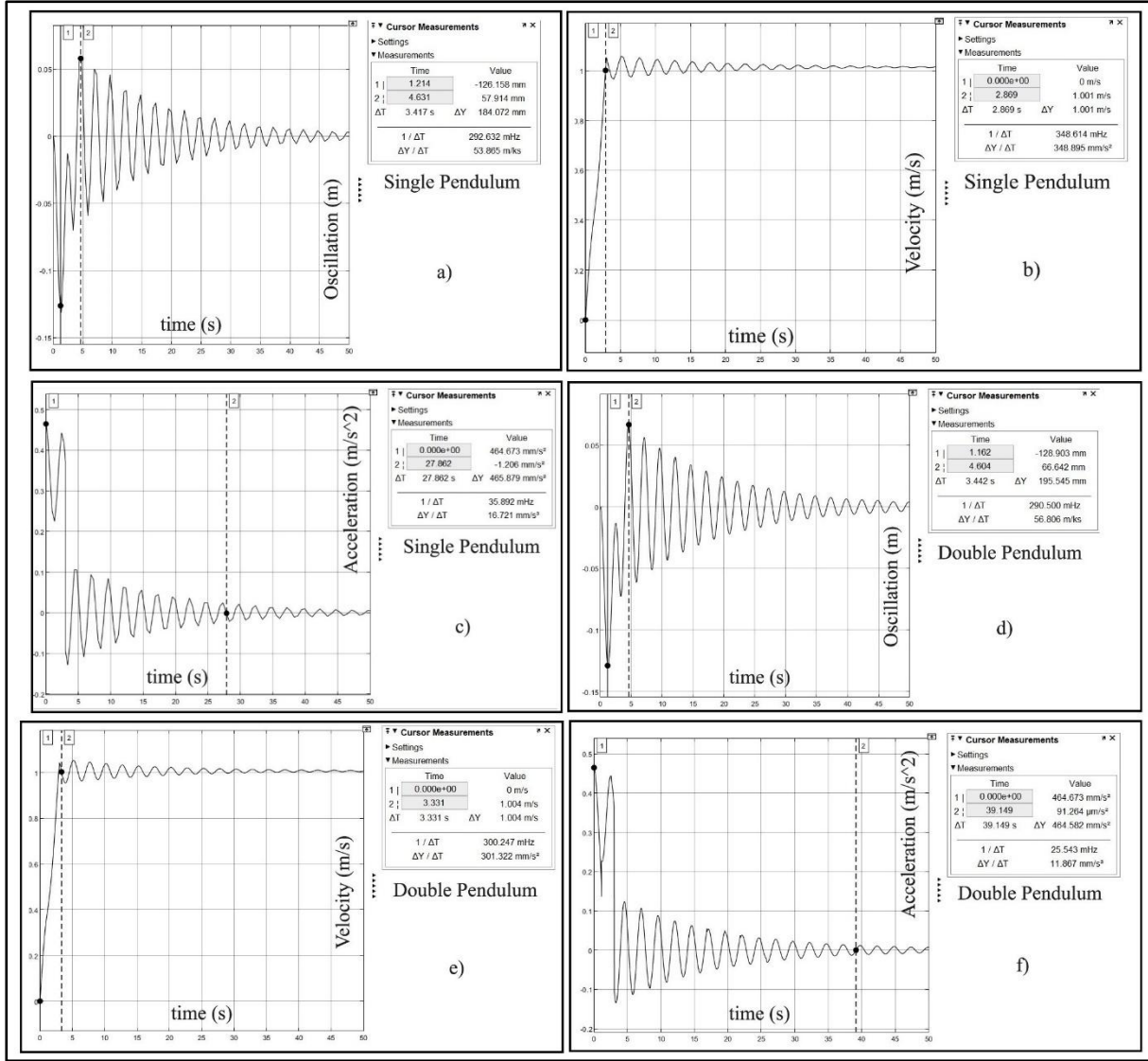


Figure 8: a) Single Pendulum Model Oscillation-Time Graph. b) Single Pendulum Model Velocity-Time Graph. c) Single Pendulum Model Acceleration-Time Graph. d) Double Pendulum Model Oscillation-Time Graph. e) Double-Pendulum Model Velocity-Time Graph. f) Double-Pendulum Model Acceleration-Time Graph. All Graphs are for the Speed-Up Acceleration Condition.

4.2. Matlab Dynamic Analysis for S_T Collision Impact (Buffer) Load of FEM 1.001 Standard

The S_T collision impact load is derived previously from. As might be remembered, it is the minimum horizontal inertia load exerted by the carried payload to overturn the crane during a sudden collision with surrounding obstacles. In this section, a reverse engineering approach is adopted to verify or assess the collision scenario of FEM 1.001 standard [18].

$S_T=131,00$ kg, $m_{PAYLOAD}=250$ kg. Using Newton's Second Law of Motion,

$$F = m \cdot a, \text{ therefore } S_T = m_{PAYLOAD} \cdot a_{COLLISIONIMPACT}$$

Maximum Deceleration at Collision Case is $a=-5,2$ m/s² at time $t=0$ s. (putting $m=250$ and $S_T=131$ kg at the right above formula)

In the next step of reverse engineering, the deceleration of collision which is $a=-5,2$ m/s² is searched in the overall Multibody Simscape model. The force necessary to break the crane at exactly a deceleration of this $a=-5,2$ m/s² rate from 1 m/s operating velocity to 0 m/s is implemented on the model and the following results are obtained.

Crane Reaching to stop at collision case, $V=0$ m/s at time $t \leq 0,2$ s.

Maximum pendulum oscillation at collision break-down case is 43,30 cm

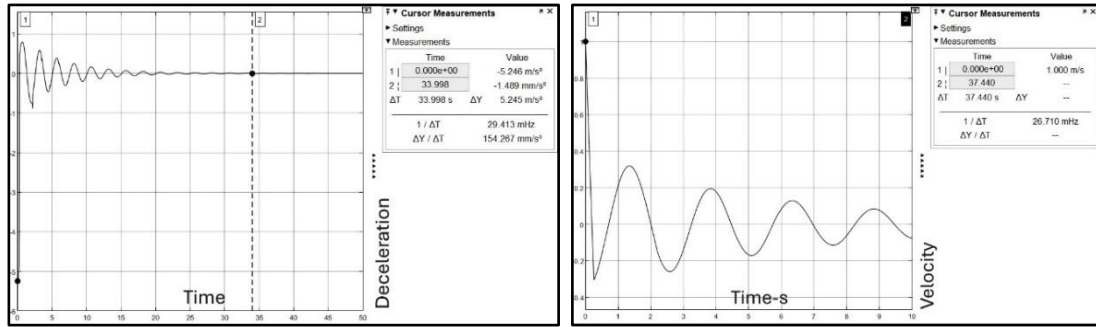


Figure 9: Buffer Load Deceleration vs. Time Graph and Velocity vs. Time Graph for Collision Case.

The figures above prove that S_T load urges the crane to stop less than a quarter of a second.

4.3. Matlab Analysis Improvement After Results Obtained

The Matlab results display that the algorithm of the systems may be enhanced in the way of adding some control to the system for velocity targets. The breaking and acceleration torques in the analysis are applied for a specific time duration to attain the target values but not controlled after the target is reached. Therefore, the additional pendulum in the overall system had a significant oscillation effect on the velocity values. To eliminate these oscillations and to obtain a smooth target value, a PID control is attached to the system to attain target velocity.

After the PID Control Attachment, the maximum acceleration is measured as 0,619 m/s².

The maximum pendulum oscillation is measured as 19,20 cm.

Reaching time to 1 m/s operation velocity is 3 seconds.

The following diagrams show the controlled system of the single pendulum model;

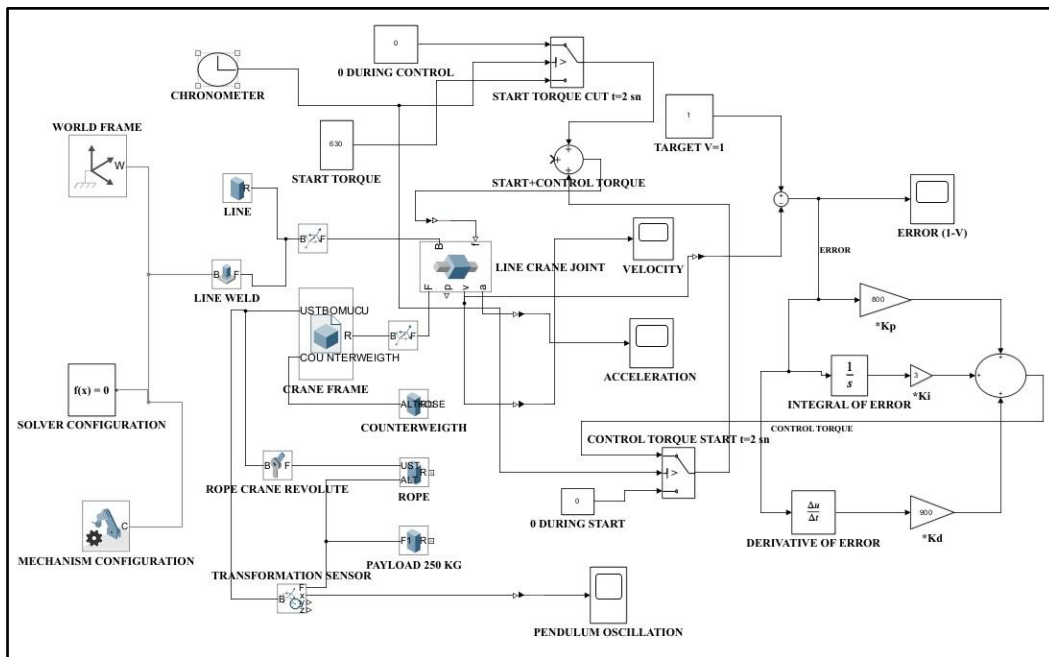


Figure 10: Single Pendulum Speed-up Simulink Diagram. Manual- PID.

The Table 9 summarizes the Single-Pendulum Dynamic Analysis for PID Controlled System;

Table 9: Single Pendulum Loading Dynamic Analysis.

Single Pendulum Loading with PID System			
Speed Up Motion to 1 m/s – Manual PID		Speed Up Motion to 1 m/s – Auto PID	
Maximum Speed-Up Acceleration	0,619	Maximum Speed-Up Acceleration	0,619 m/s ²
Reaching Time to 1 m/s Velocity	3 seconds	Reaching Time to 1 m/s Velocity	3 seconds
Maximum Pendulum Oscillation	18,60 cm	Maximum Pendulum Oscillation	19,20 cm

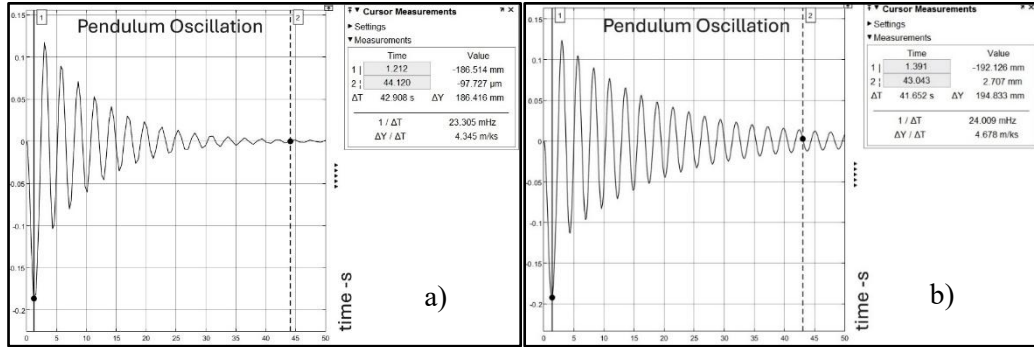


Figure 11: Single Pendulum Oscillation vs. Time Graph for Speed-up Case. a) Manual PID and b) Auto-PID.

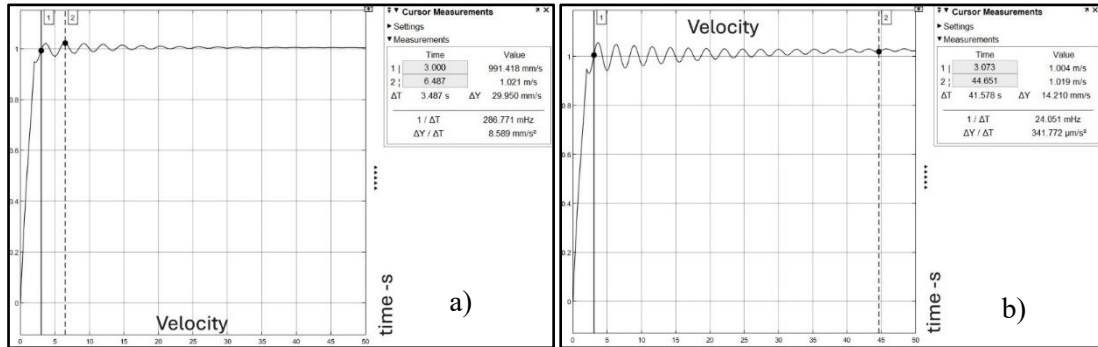


Figure 12: Single Pendulum Velocity vs. Time Graph for Speed-up Case. a) Manual PID and b) Auto-PID.

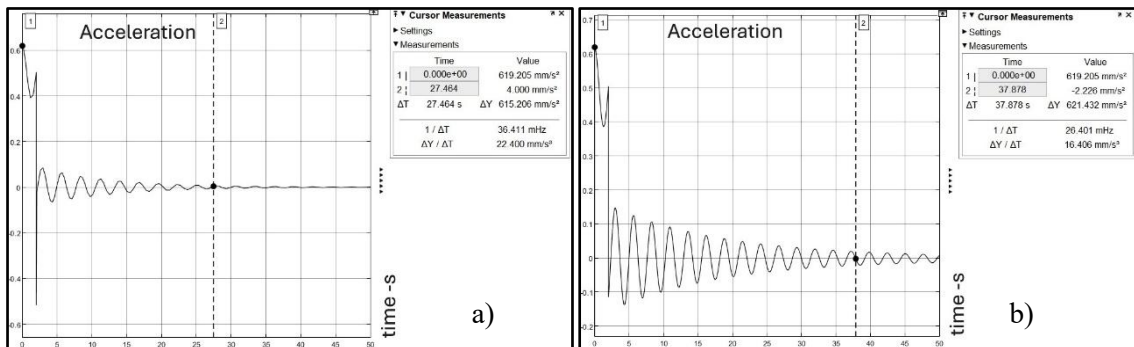


Figure 13: Single Pendulum Acceleration vs. Time Graph for Speed-up Case. a) Manual PID and b) Auto-PID.

Manual PID and Auto-PID Matlab results are almost the same. Auto-PID is added for checking the Manual PID system.

5. DISCUSSIONS and CONCLUSIONS

5.1. Structural Design

Material selection of HFMI-treated HSLA-1100 proves a minimum factor of safety 2,85 for steel box sections under loading combinations of FEM 1.001 [18] for CASE2 General Combination.

For the fatigue design case, with a minimal $K_f=0,6$, the minimum safety factor appears as 1,47 in the welded regions by reaching a life-time of 2×10^5 cycles. HFMI treatment is necessary as critical region is the weld area.

It is also observed that making traffic load with this equipment on a fresh concrete surface without taking the necessary precautions of additional curing and admixture is not possible.

To finalize, a light-weight crane is obtained with a main chassis of 217 kg. Keeping the counterweight unit separate and modular with ballasts, motors and batteries together, it is possible to hoist this chassis with a 250 kg capacity construction hoist. The modification of an engine crane or a shop crane or in other words floor crane to a mobile construction crane can be deemed as completed successfully.

5.2. Dynamic Analysis

The maximum oscillation displacement of the payload appears on the implementation of buffer load S_T (131 kg) as 39,20 cm. In operating speed-up and operating break-down cases, the oscillations are almost equal, in the range of 12-13 cm.

The impact model is derived based on a dynamic behavior in which a horizontal load that will generate a $-5,24 \text{ m/s}^2$ deceleration on the suspended payload is applied to the system which is previously operating at a 1 m/s velocity and causes the system to stop to 0 m/s velocity abruptly. The sudden stopping time is calculated below 0,25 second. The standard has a good approach in estimating a possible collision impact load effect both in the time criteria as well as the force criteria.

The double-pendulum and single-pendulum inertia loads do not differ too much in the cases of acceleration or deceleration. For both cases, the maximum acceleration or deceleration is almost $0,464 \text{ m/s}^2$. The reason for this is the short length of the rope. Both cases have similar pendulum oscillations for 2 m rope length.

The counter-weight is exactly positioned in the model similar to its original real place. The ratio of suspended load mass to the ratio of crane body mass has a large role in the generation of the inertia load that stems from the suspended load. Thus, the counterweight is positioned delicately in the Matlab Simscape Multibody model. The more the system shifts energy to particles with less constraint, the more will be their unconstrained effects on the system.

The PID S_H force can be calculated as 154,75 N. This value is almost the same with the S_H recommendation of FEM Standard [18] 165 N. Difference between S_H of ANSYS design and last enhancement is only 40 N or 4 kg. This is a negligible amount to alter the design as the design loads increased up to 100 kg by load factors.

It might be concluded that an operating velocity of 1 m/s is an appropriate selection for the available crane size optimization as moving further from this speed endangers the crane stability in case of a collision impact load. Furthermore, it will necessitate installing huge counterweights.

The dynamic analysis of a floor crane in translation is an addition to the academic literature in the era of dynamic analyses of floor cranes and shop crane's utilization on construction sites.

Future studies might be held out for their safe operation in construction areas, some railing and guiding assemblies might be studied against the risk of falling the equipment from high construction working areas such as slabs on high stories and additional safety assemblies might be inspected as additional appliances to the crane for safe operation on building construction areas.

REFERENCES

- [1] R. Duragkar, S. N. Sakhale, M. S. Lande, " A Review: Floor Cranes for Industrial Use," *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, e-ISSN: 2319-1163, vol. 05, Issue 7, Jul. 2016. Available: <http://ijret.esatjournals.org>.
- [2] Jadhav, M. Kachroo, M. Hegde, R. Mantri, & H. Ratnaparkhi, " Optimization in design of rotating hydraulic crane," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, ISSN 2249-8958.
- [3] Urbaś, K. Augustynek, J. Stadnicki, " Dynamics analysis of a crane with consideration of a load geometry and a rope sling system," *Journal of Sound and Vibration*, ISSN 0022-460X, vol. 572, no. 118133, Jul. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2023.118133>.
- [4] D. Fujioka, "Tip-over stability analysis for mobile boom cranes with single-and double-pendulum payloads," Doctoral dissertation, Mech. Eng. Dept., G.I.T. , Georgia, 2010.
- [5] O. P. Chukwulozie, O. E. Nnaemeka, A. O. Andrew, S. J. Ebieladoh, " Steel Work Design and Analysis of a Mobile Floor Crane," *British Journal of Applied Science & Technology*, ISSN: 2231-0843, vol. 13, Issue 5, pp. 1-9, 2022. doi: 10.9734/BJAST/2016/23079. [Online].
- [6] Z. Towarek, " The Dynamic Stability of a Crane Standing on Soil During the Rotation of the Boom," *International Journal of Mechanical Science*, vol. 40, no. 6, pp. 557-574, 1997.
- [7] D. Cekus, P. Kwiaton, " Effect of the rope system deformation on the working cycle of the mobile crane during interaction of wind pressure," *Mechanism and Machine Theory*, ISSN 0094-114X, vol. 153, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.104011>. [Online].
- [8] D. Safarzadeh, S. Sulaiman, F. A. Aziz, D. B. Ahmad, G. H. Majzoobi, " The design process of a self-propelled floor crane," *Journal of Terramechanics*, ISSN 0022-4898, vol. 48, Issue. 2, pp. 157-168, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2010.12.002>.
- [9] G. Romanello, "Stability Analysis of Mobile Cranes and Determination of Outriggers Loading," *Journal of Engineering, Design and Technology*, vol. 16, no. 6, pp. 938-958, 2018. Accessed: Sept. 19, 2018.
- [10] B. Posiadala, "Influence of Crane Support System on Motion of the Lifted Load," *Mech. Mach. Theory*, PII: S0094-114X(96)00044-4, vol. 32, no. 1, pp. 9-20, 1997.
- [11] U. Yılmaz, M. Kalyoncu, " Mobil Hidrolik Teleskobik Vinçlerde Yük Salınım Kontrolü," *Selçuk Univ. J. Eng. Sci. Tech.*, e-ISSN: 2147-9364, vol. 2, no. 2, 2014.
- [12] R. Chapman, S. Shah, " Early age bond strength in reinforced concrete," *ACI Mater J*, vol. 84, no. 6, pp. 501-510, 1987.
- [13] W. Cooper, "Determination of early strength of singly and doubly reinforced beams," Department of Civil Engineering, North Carolina State, 1975.
- [14] X. Song, Y. Wu, C. Chen, " Bond behaviour of reinforcing steel bars in early age concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 94, pp. 209-217, 2015. Accessed: Jun. 29, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.060>
- [15] L. W. Cole & P. A. Okamoto, " Flexural Strength Criteria for Opening Concrete Roadways to Traffic," *Transportation Research Record*, vol. 1478.
- [16] T. L. Cavalline, B. Q. Tempest, R. B. Biggers, A. J. Lukavsky, M. S. McEntyre & R. A. Newsome, "Durable and Sustainable Concrete Through Performance Engineered Concrete Mixtures," State of California Department of Transportation, 2020.
- [17] O. Tezel, İ. Bektaş, İ. Gökalp & M. Tarhan, "Properties of High Early Strength Concretes Manufactured with New Generation Hardening Accelerators," pp.359-366.
- [18] *FEM 1.001-Rules for the Design of Hoisting Appliances*, 3rd ed., Federation Europeenne de la Manutention Section 1, 1998.
- [19] M. Leitner, S. Gerstbrein, M. Ottersböck, M. Stoschka, "Fatigue Strength of HFMI-treated and Stress-Relief Annealed High-Strength Steel Weld Joints," in *6th Fatigue Design Conference*, Leoben, 2015, pp. 477–484. doi: 10.1016/j.proeng.2015.12.618.
- [20] T. Jonsson, T. Narström, Z. Barsoum, "Fatigue and Ultimate Strength Assessment of Post-Weld Treated Strenx 1100 Plus Butt Welds," in *9th Edition of the International Conference on Fatigue Design*, Stockholm, 2021, pp. 411–417.
- [21] Iso 12482:2014(en). Cranes- Monitoring for Crane Design Working Period. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:12482:ed-1:v1:en>

TOMATİLLO (*Physalis Philadelphica*) BİTKİSİNDEN SAFLAŞTIRILAN POLİFENOL OKSİDAZ ENZİMİNİN BAZI KİNETİK VE KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Köksal ÇAP

Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim-Nano Mühendislik Ana Bilim Dalı

koksalcap@outlook.com, ORCID: 0000-0001-6139-5198

Prof. Dr. Mustafa ERAT

Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim-Nano Mühendislik Ana Bilim Dalı

Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri
Bölümü

eratm@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8411-3157

Özet

Tomatillo, Amerika kıtası başta olmak üzere, dünyanın tropikal ve subtropikal iklimlerine sahip bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Geleneksel tıpta öksürük, ateş, diyabet gibi bazı rahatsızlıkları hafifletmek için kullanılan tomatillo bitkisi ve meyveleri vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler, fizaliner ve steroidler gibi zengin içeriğe sahip bir gıda maddesidir.

Bu çalışmada, fizyolojik olarak hasar gören sebze meyvelerin korunmasında görev yapan, ancak esmerleşme tepkimelerinin nedeni olduğu için de gıda teknolojisi bakımından aktivitesi arzu edilmeyen polifenol oksidaz enzimi tomatillo meyvelerinden izole edilerek bazı kinetik ve karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla Atatürk Üniversitesi Hobi Bahçelerinde özel koşullarda yetiştirilen tomatillo meyveleri ekstrakte edilerek ham ekstrakt hazırlandı. Sonra saflaştırma yöntemlerinden amonyum sülfat çöktürmesi ve jel filtrasyon kromatografisi uygulandı. Elde edilen kısmi saf enzim üzerinde optimum pH 5,5, optimum sıcaklık 25 °C, optimum iyonik şiddet 0,13 M, optimum substrat konsantrasyonu 1,2 mM ve stabil pH 6,0 olarak uygun aktivite ve stabilite koşulları belirlendi. Ayrıca katekol substratı ile K_M ve V_{max} gibi kinetik parametrelerin belirlenmesi için Lineweaver-Burk grafikleri çizildi ve K_M değeri 0,0158 mM, V_{max} değeri de 0,0683 EÜ/ml x dak olarak hesaplandı. İzole edilen enzim üzerinde askorbik asitin inhibisyon etkisi yaptığı belirlendi. Bu inhibitör için farklı inhibitor konsantrasyonlarında yapılan çalışmalarla elde edilen grafiklerden IC_{50} değeri 0,141 mM, K_i sabiti ortalama 0,0525 mM, inhibisyon tipinin de yarışmalı olduğu tespit edildi.

Tomatillo polifenol oksidaz enzimi, diğer bitkisel kaynaklardan elde edilen aynı enzimin kinetik ve karakteristik özellikleri ile kısmen benzerlik gösterdiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Tomatillo, polifenol oksidaz, enzim, kinetik

SOME KINETIC AND CHARACTERISTIC PROPERTIES OF POLYPHENOL OXIDASE ENZYME PURIFIED FROM TOMATILLO (*Physalis Philadelphica*) PLANT

Abstract

Tomatillo is widely grown in tropical and subtropical regions of the world, especially in the American continent. The tomatillo plant and its fruits, used in traditional medicine to alleviate some ailments such as cough, fever, and diabetes, are a foodstuff rich in vitamins, minerals, phenolic compounds, physalins, and steroids.

In this study, the polyphenol oxidase enzyme, which functions in the protection of physiologically damaged vegetables and fruits but is not desired in terms of food technology because it causes browning reactions, was isolated from tomatillo fruits and some of its kinetic and characteristic properties were determined. For this purpose, tomatillo fruits grown under special conditions in Atatürk University Hobby Gardens were extracted and crude extract was prepared. Then, ammonium sulfate precipitation

and gel filtration chromatography were applied as purification methods. The optimum pH 5.5, optimum temperature 25 °C, optimum ionic strength 0.13 M, optimum substrate concentration 1.2 mM and stable pH 6,0 were determined for the obtained partially pure enzyme and appropriate activity and stability conditions. In addition, Lineweaver-Burk graphs were drawn to determine kinetic parameters such as K_M and V_{max} with catechol substrate and the K_M value was calculated as 0.0158 mM and the V_{max} value as 0.0683 EU/ml x min. It was determined that ascorbic acid had an inhibitory effect on the isolated enzyme. From the graphs obtained with studies conducted at different inhibitor concentrations for this inhibitor, the IC_{50} value was 0.141 mM, the K_i constant was 0.0525 mM on average and the type of inhibition was determined to be competitive.

It was determined that the tomatillo polyphenol oxidase enzyme was partially similar to the kinetic and characteristic properties of the same enzyme obtained from other plant sources.

Keywords: Tomatillo, polyphenol oxidase, enzyme, kinetics

1. GİRİŞ

Tomatillo, *Physalis* cinsine ait, özellikle Meksika ve Guatemala'da sıkça kullanılan yıllık bir bitkidir. Amerika kıtası başta olmak üzere, dünyanın tropikal ve subtropikal iklimlerine sahip bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Plata, 1984). Meyveleri ve bitkileri birçok ülkede önemli bir besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Geleneksel tıpta öksürük, ateş, diyabet gibi bazı rahatsızlıkları hafifletmek için kullanılan tomatillo bitki ve meyveleri zengin içeriğe sahiptir. Vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler, fizalinler ve steroidler (steroidal laktonlar) gibi ikincil metabolitler barındırmaktadır (Petruzzello, 2025).

Polifenol oksidaz (PFO), oksidoredüktaz sınıfına ait bir enzimdir. Bu enzim bitki, mantar ve bazı mikroorganizmalar dahil olmak üzere birçok canlıda yaygın olarak bulunur. Bu enzim moleküler oksijen varlığında 2 tür reaksiyonu katalizlemektedir. Bu reaksiyonlar; monofenollerin hidroksilasyonu ile o-dihidroksifenollere yükseltgenmesi (kresolaz aktivitesi) ve o-dihidroksifenollerin o-kinonlara yükseltgenmesidir (katekolaz aktivitesi) (Fuerst vd., 2006). Bu reaksiyonlarla fenolik bileşiklerin oksidasyonu sonucu melanin gibi pigmentler oluşur. Buyüzden PFO aktivitesi özellikle meyve ve sebzelerde esmerleşme süreçlerinde önemli rol oynar. Bu reaksiyonlarla oluşan kinonların polimerizasyonu sonucu ortaya çıkan koruma kılıfı bitki fizyolojisi açısından önemlidir ve hasar gören dokuyu koruma rolü üslenir. Ancak, olaya gıda teknolojisi penceresinden bakıldığında gıda maddesinin rengi önemlidir ve esmerleşme arzu edilmez. Bu yüzden sebze ve meyvelerdeki PFO aktivitesinin inhibisyonuna yayınlarda sıkça rastlanmaktadır (Lee vd., 2005).

PFO için bilinen birçok inhibitör bulunmaktadır. Günümüzde esmerleşmeyi önlemek amacıyla bu inhibitörlerin bazıları kullanılmaktadır. Kullanılan inhibitörler, gıdalarda enzimatik esmerleşmeyi engelleyebilme kapasitesine sahip, yiyecek kalitesini etkilemeyen ve zararlı olmayan maddeler olmalıdır (Sui vd., 2023).

Esmerleşme reaksiyonlarını inhibe edebilen bazı bileşikler arasında sülfidler, askorbik asit, okzalik asit, sitrik asit ve tiyol bileşikler sayılabilir (Vamos-Vigyazo, 1995; Doğan vd., 2006). 2-hidroksi-4-metoksi benzaldehid, sinnemaldehid, aris aldehid ve 3,4-dihidroksi sinnamik asit ile kumik asit gibi çok sayıda aldehit ve türevlerinin PFO (polifenol oksidaz) için potansiyel inhibitör maddeler olduğu belirlenmiştir (Kubo vd., 1998; Lee, 2002).

Sülfidler, PFO'nun inhibisyonunda yaygın olarak kullanılan inhibitörlerdir. Bunlar, hem enzimatik hem de enzimatik olmayan esmerleşmeyi önlemenin yanı sıra mikroorganizmaların gelişimini kontrol etme, ağartıcı olarak görev yapma ve oksidasyonu önleme gibi işlevlere de sahiptir. Ancak sülfid kullanımının doku yumuşaması ve tatsızlık gibi bazı dezavantajları vardır. (McEvily vd., 1991).

En çok üzerinde çalışılan inhibitörlerden biri askorbik asittir. Bunun yanı sıra, sitrik asit, sitrik-askorbik asit ve benzoik-sorbik asit karışımlarının uygulanması da minimum düzeyde işlenmiş patateslerde

olumlu sonuçlar vermiştir. Karides, elma ve patates için 4-hekzilrezorsinol, etkili bir enzimatik esmerleşme inhibitörü olarak öne çıkmaktadır (Castaner vd., 1996). PFO'nun bir diğer etkili inhibitörü sistein olarak bilinmektedir. Sistein, oluşan o-kinonları ilgili fenollere indirgenmesi yoluyla inhibisyon sağlamaktadır (Singh, vd., 2018). Potansiyel PFO inhibitörleri arasında kuampferol, kuarsetin, kukarinon ve kusnol gibi bitkilerden izole edilen flavonoidler yer almaktadır (Kubo vd., 1992; Chen vd., 2002).

Bu çalışma ile literatürde karşılaşmadığımız tomatillo PFO enziminin saflaştırılması, bazı karakteristik özelliklerinin elirlenmesi ve askorbik asitin enzim üzerindeki inhibisyon kinetiğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METODLAR

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan tomatillo (*Physalis Philadelphica*) Atatürk Üniversitesi Hobi Bahçelerinde (Erzurum, Turkey) özel koşullarda hazırlanan parselde yetiştirildi, Ağustosta hasat edildi, sıvı azotla şok dondurma yapıldı ve derin dondurucuda korundu. Kolon materyali olarak Sephadex G-100, askorbik asit, katekol ve diğer kimyasallar Merck'ten satın alındı. İnhibitör ve subst stok çözeltileri saf ve deiyonize su ile taze hazırlandı.

2.2. Metodlar

2.2.1. Enzim Ekstraksiyonu ve Saflaştırma

50 gram tomatillo meyvesi alındı, küçük parçalara bölündü, bir behere konuldu, üzerine %0.5 oranında polyvinylpyrrolidone (PVP) içeren 50 ml 0,1 M potasyum fosfat tamponu pH 6,0 eklendi ve ultratüraks ile homojenize edildi. Karışım 30 dakika boyunca 12.000 g'de santrifüj edildi. İşlem 4 °C'de gerçekleştirildi. Süpernatant, katı $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ile uygun doyma noktasını bulmak için %0-20, %20-40, %40-60 ve %60-80 nötral tuz konsantrasyonlarında çöktürüldü. Enzimin uygun doygunluğunun %0-60 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ fraksiyonunda olduğu belirlendi. Çökelti 10 ml 0,1 M fosfat tamponunda (pH 6,0) çözülde ve 5 saat 10 mM potasyum fosfat tamponunda (pH 6) diyaliz edildi. İleri saflaştırma için diyalizat Sephadex G-100 jel ile doldurulmuş bir kolona (2,5-70 cm) uygulandı ve 50 mM KCl içeren 50 mM fosfat tamponu pH 6,0 ile dengelendi. Enzim, peristaltik bir pompa vasıtasıyla denge tamponuyla elüe edildi. Akış hızı 10 mL/saate ayarlandı. (Erat vd., 2010). Elüatlar 2 mL hacimli test tüplerinde toplandı ve 280 nm'de sıfır absorbans elde edilene kadar elüsyona devam edildi. 280 nm'de absorbans gösteren her elüat fraksiyonu PPO aktivitesi için test edildi. A280 ve enzim aktivitesi tüp numarasına göre grafik çizildi. PPO aktivitesine sahip fraksiyonlar toplandı ve saflaştırma derecesi saflaştırmadan önce ve sonra özgül aktivite ölçülerek belirlendi. Özgül aktivite PPO aktivitesinden ve elde edilen kantitatif protein verilerinden belirlendi.

2.2.2. Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Polifenol oksidaz aktivitesi, katekol substratı ile 420 nm'de Beckman Spektrofotometresi (DU 730) ile absorbanstaki artış ölçülerek belirlendi (Erat vd., 2006). Referans küvetler, enzim hariç tüm bileşenleri içeriyordu ve son hacimleri 1 mL idi. Ölçüm koşulları altında 1 dakikada 0,001'lik bir absorbans değişikliği, bir enzim ünitesi (EU) olarak tanımlandı.

2.2.3. Protein Ölçümü

Saflaştırma basamaklarında protein tayini, standart olarak sığır serum albümini kullanılarak Bradford yöntemine göre 595 nm'de spektrofotometrik olarak gerçekleştirildi (Bradford, 1976). Kalitatif protein tayini ise Segel yöntemine göre 280 nm'de gerçekleştirildi (Segel, 1968).

2.3. Optimum Aktivite Koşullarının Belirlenmesi

2.3.1. pH'ın Etkisi

Tomatillo PFO aktivitesi, 1.2 mM katekol substratı ile belirlendi. Enzimin optimum pH'nın belirlenmesi için uygun olan, pH 3,5-5,0 için asetat ve pH 5,5-7,5 için fosfat, tamponları kullanıldı. Bu deneyden elde edilen optimum pH değerleri, sonraki tüm deneylerde kullanıldı.

2.3.2. Sıcaklığın Etkisi

Enzim aktivitesi, enzimin optimum sıcaklığını belirlemek için katekol kullanılarak 5 ila 40 °C aralığında farklı sıcaklıklarda ölçüldü. İstenen sıcaklık koşulları, bir Polyscience banyosu (Model 9105) kullanılarak sağlandı.

2.3.3. İyonik Şiddetin Etkisi

İyonik şiddetin enzim üzerindeki etkisi, katekolün optimum pH'ında 0,065-2,33 M konsantrasyonlarda fosfat tamponu kullanılarak uygun substrat konsantrasyonuyla incelendi.

2.3.4. Substrat Konsantrasyonlarının Etkisi

PFO aktiviteleri, pH, iyonik kuvvet ve sıcaklığın optimum koşulları altında enzimin en iyi aktivitesini belirlemek için değişen katekol konsantrasyonlarda ölçüm yapıldı.

2.3.5. pH Kararlılığı

Enzimin pH kstabilitesini belirlemek için uygun tamponların (pH 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 ve 5.5'te asetat, pH 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5'te fosfat ve 8.0, 8.5, 9.0, 9.5 ve 10.0 tris) ve izole edilmiş enzimin eşit hacimleri karıştırıldı ve bir buzdolabında (+4 °C) 12 gün boyunca saklandı. Enzim aktivitesi, optimum aktivite koşulları altında substrat olarak katekol kullanılarak başlangıçta ve her bir günün sonunda ölçüldü.

2.3.6. İnhibisyon Çalışması

Tomatillo PFO enzimi üzerinde askorbik asidin inhibisyon etkisi incelendi. Enzimin aktivitesi, inhibitör olmadan ve inhibitörün (askorbik asit) farklı konsantrasyonlarında katekol substratı ile belirlendi. Bu sonuçlardan yüzdelik aktivite grafikleri çizilerek IC₅₀ değerleri bulundu.

Daha sonra, katekolün 5 farklı konsantrasyonu kullanılarak, askorbik asitin iki sabit konsantrasyonunda enzim aktiviteleri ölçüldü. Elde edilen değerlerle Lineweaver-Burk grafiği çizildi. Bu grafik K_i sabitini ve inhibisyon tipini belirlemek için kullanıldı.

3. SONUÇ

3.1. Enzim Ekstraksiyonu ve Saflaştırma

PFO enzimi tomatillodan %0,5 lik PVP içeren 0,1 M fosfat tamponunda pH 6,0'da ekstrakte edildi, amonyum sülfat çöktürmesi ve Sephadex G-100 jel filtrasyon kromatografisi kullanılarak izole edildi. Enzim aktivitesinin %0-60 (NH₄)₂SO₄ çöktürmesinde en yüksek olduğu bulundu. Jel filtrasyon kolonundan elde edilen eluatların aktivite gösterenleri birleştirildi. PFO'nun saflaştırılmasına ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

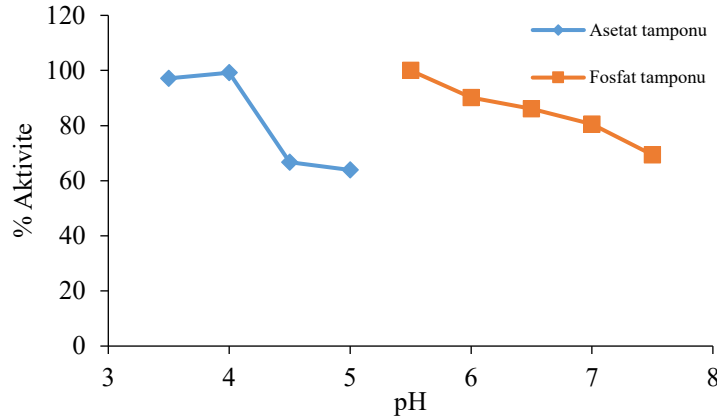
Tablo 1: Tomatillo polifenol oksidaz enziminin saflaştırılması

Saflaştırma basamakları	Total hacim (mL)	Aktivite (EU/mL)	Total aktivite (EU)	Protein (mg/mL)	Total protein (mg)	Spesifik aktivite (EU/mg)	Verim (%)	Saflaştırma katsayısı
Homojenat	35	2,28	79,8	1,33	46,55	1,71	100	1,00
A.S. çöktürmesi	8	7,50	60,0	2,90	23,20	2,58	75,18	1,51
Jel filtrasyon kromatografisi	10	2,50	25,0	0,02	0,20	125	31,32	73,10

Saflaştırma tablosuna bakıldığında, amonyum sülfat çökelmesi ve jel filtrasyon kromatografisinden sonra 73,10 kat saflaştırma gerçekleştirilmiştir. Ham ekstrakttaki spesifik aktivite 1,71 U/mg protein ve izole edilmiş numunedeki spesifik aktivite 125 EU/mg'dır. Ham ekstrakttaki spesifik aktivite değerlerinin önceki raporlarda 1,6 ve 1,8 U/mg protein (Fuerst vd., 2006) olduğu bildirilmiştir.

3.2. Optimum Aktivite Koşulları

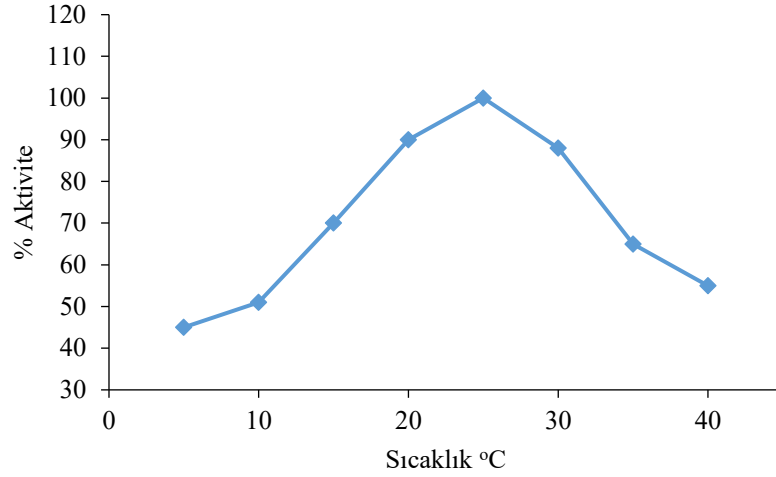
Tomatillo PFO aktivitesi, asetat ve fosfat tamponlarının farklı pH değerlerindeki çözeltilerinde katekol substratı ile ölçüldü. En yüksek aktivite fosfat tamponunun pH:5.5 değerinde elde edildi (Şekil 1).



Şekil 1: Tomatillo polifenol oksidaz enziminin optimum pH çalışması

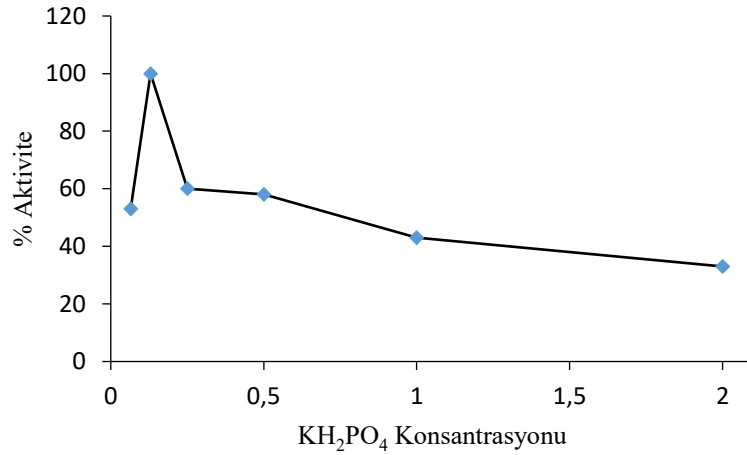
Literatürde çeşitli kaynaklardan elde edilen PFO için farklı optimum pH'lar bildirilmiştir. Sebze ve meyveler genellikle nötr pH da veya yakınında maksimum aktivite gösterir (Siddiq vd., 1992). Farklı substratlarla yapılan çalışmalarda maydanoz (Doğru vd., 2012) için 4.0, üzüm (Lee vd., 1983) için 6.0, çilek (Wesche-Ebeling, 1990) için 5.5, Amasya elması (Oktay vd., 1995), patlıcan (Doğan vd., 2002), Yali armutu (Zhou vd., 1991) ve Ferula (Erat vd., 2006) için 7.0, ve Allium (Arslan vd., 1997) için 7.5 olduğu bildirilmiştir. PPO aktivitesi, nispeten geniş bir pH aralığında enzim ve substrat kaynağına göre değişir. Çoğu durumda, pH optimumları 4,0 ile 7,0 arasında değişmektedir.

Tomatillo PFO enziminin aktivitesi için en uygun sıcaklığın belirlenmesi, katekol substratı ile yapıldı. (Tablo 2). Tabloda görüldüğü gibi, optimum sıcaklık değeri 25 °C olarak tespit edildi. Optimum sıcaklık değerlerinin Amasya elması 15 °C (Oktay vd., 1995), patlıcan için 30 °C (Doğan vd., 2002), Ferula türü için 12 °C (Erat vd., 2006) Çin lahanası için 40 °C (Nagai., 2001), olduğu rapor edilmiştir. Farklı kaynaklardan elde edilen PFO lar için optimum sıcaklık değerlerinin genellikle 15 °C ile 40 °C arasında değiştiği rapor edilmiştir.



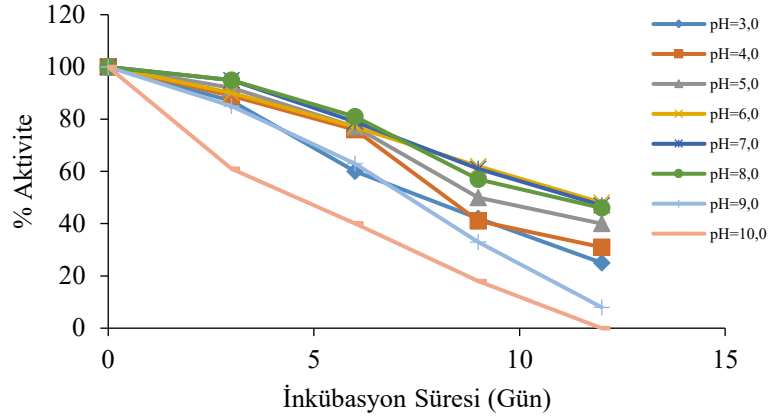
Şekil 2: Tomatillo PFO enzimi için optimum sıcaklık çalışması

Enzimin optimum pH değerindeki farklı konsantrasyonlarındaki fosfat tamponuyla yapılan ölçümlerde en iyi aktivite 0,13 M fosfat tamponunda elde edilmiştir. Ölçümler katekol substratı ile gerçekleştirildi (Şekil 3).



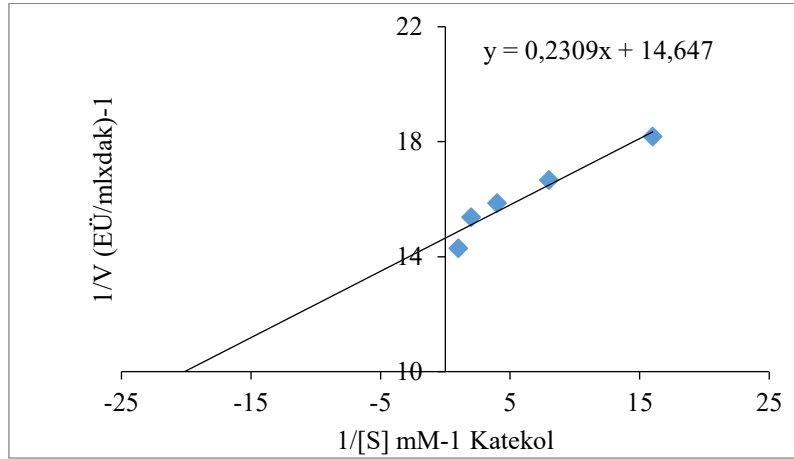
Şekil 3: Tomatillo PFO enziminin optimum iyonik şiddet çalışması

Tomatillo PFO aktivitesinin stabilitesi, 12 gün boyunca pH değeri 3,0-10,0 arasında değişen tamponların kullanılmasıyla belirlendi. Belirlenen sürenin sonunda en yüksek enzim aktivitesi pH 6,0 değerinde olduğu tespit edildi (Şekil 4).



Şekil 4: Tomatillo PFO enziminin pH stabilitesi

Tomatillo PFO enziminin katekol substratıyla yapılan çalışmada K_M ve V_{max} değerlerinin belirlenmesi için farklı substrat konsantrasyonlarında ölçümler yapıldı. Elde edilen verilerle çizilen Lineweaver-Burk grafiklerinden K_M değeri 0,0158 mM, V_{max} değeri de 0,0683 EÜ/ml x dak olarak hesaplandı (Şekil 5).

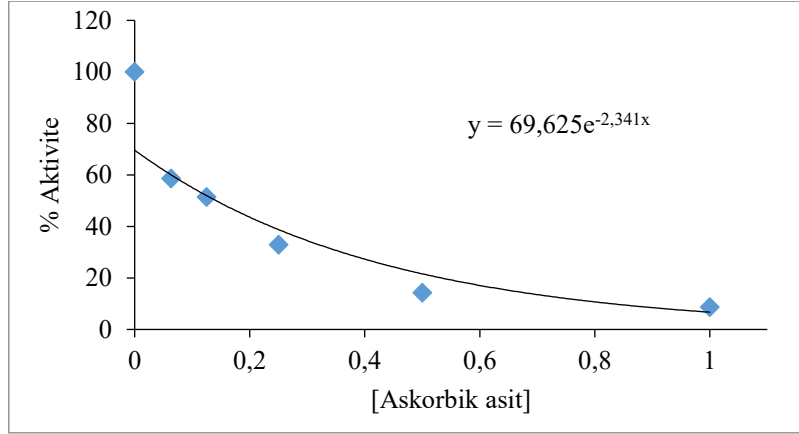


Şekil 5: Tomatillo PFO enzimi için katekol substratı ile yapılan çalışmalardan, K_M değeri 0,0158 mM, V_{max} değeri de 0,0683 EÜ/ml x dak olarak hesaplandı

Tablo 2: Tomatillo polifenol oksidaz enziminin katekol substratı ile belirlenen optimum aktivite koşulları, pH stabilitesi, K_M ve V_{max} değerleri

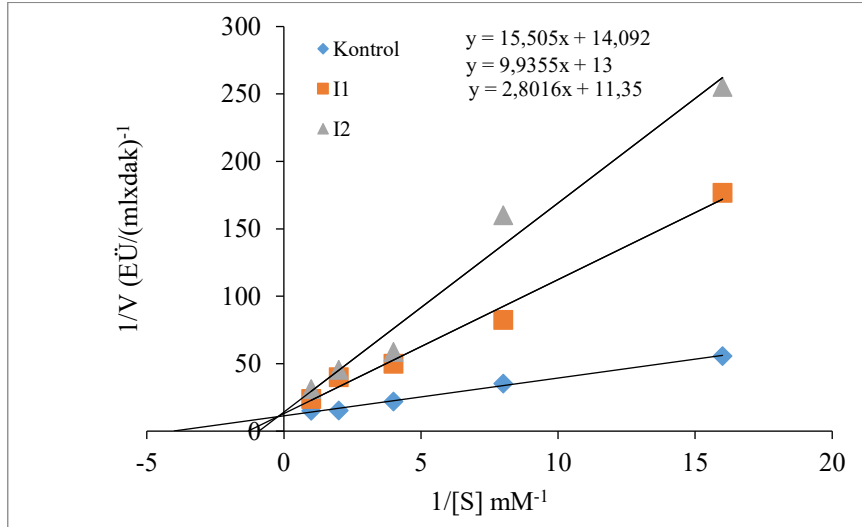
Substrat	Optimum pH	Optimum sıcaklık (°C)	Optimum iyonik şiddet (M)	Optimum substrat konsantrasyonu (mM)	Stabil pH	K_M (mM)	V_{max} (U/mLmin)
Katekol	5,5	25	0,13	1,2	6,0	0,0158	0,0683

Tomatillo PFO enzimi üzerinde askorbik asidin inhibisyon etkisi incelendi. Gıda maddelerinin esesmerleşmesinin önlenmesi için kullanılacak inhibitörün sağlık açısından sakıncalı olmaması gerekir. Bu bakımdan bir vitamin olan askorbik asidin kullanılması uygun olabilir. Önceki yayınlarda rapor edildiği gibi askorbik asit tomatillo PFO için de bir inhibitör olduğu belirlendi. Bu inhibitör için IC_{50} ve K_i sabitlerini belirlemek için grafikler çizildi. Farklı inhibitör konsantrasyonlarında yapılan ölçümlerle elde edilen grafikten IC_{50} değeri 0,141 mM olarak bulundu (Şekil 6).



Şekil 6: Tomatillo PFO enzimi için farklı inhibitör konsantrasyonları ile elde edilen %Aktivite- [İnhibitör] grafiğinden I_{50} değeri askorbik asit için 0,141 mM olarak hesaplandı

Belirlenen sabit inhibitör konsantrasyonlarında, değişen substrat konsantrasyonlarıyla yapılan ölçümlerden çizilen Lineweaver-Burk grafikleri yardımıyla K_i sabiti de 0,0525 mM olarak hesaplandı. İnhibisyon tipi de yarışmalı idi (Şekil 7).



Şekil 7: Tomatillo polifenol oksidaz enzimi üzerinde askorbik asitin K_i sabitlerini belirlemek için yapılan çalışma

Araştırmacılar tarafından enzimatik esmerleşmeyi önlemek için çok sayıda inhibitör belirlenmiştir. Bunlardan bazıları, askorbik asit, L-sistein, sodyum azit, tannik asit, benzoik asit ve β -merkaptotanol (Erat vd., 2006), sodyum metabisülfid (Lee vd., 1983), glutatyon (Doğan vd., 2002), sodyum dietilditiyokarbamatır (Şakiroğlu vd., 1996).

Bu inhibitörlerden askorbik asit, kinonları hidrokinonlara indirger ve PPO'yu doğrudan engellemez. Sadece çözülmüş formda mevcut olduğu süreç enzimatik esmerleşmeyi önleyecektir. Bu, önemli ara bozulmaların önlenmesi ve oksidazın çözümlerinin engellenmesidir (Schwartz vd., 2001). Glutatyon, enzimi doğrudan etkilemiyor gibi görünür ve oksijen alımı, oksitlenen belirli fenole bağlı olarak uyarlanabilir veya engellenebilir (Doğan vd., 2007). L-sistein, kinonlarla kolayca kompleksler oluşturur ve dolayısıyla genel oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarını engeller. Ayrıca bir indirgeyici madde olarak da hareket edebilir (Wesche-Ebeling, 1990).

Sonuç olarak tomatillo polifenol oksidaz enzimi AS çöktürmesi ve jel filtrasyon kromatografisi vasıtasıyla 73,10 kat 125 spesifik aktivite ile saflaştırılmıştır. Saflaştırılan enzim ile yapılan optimal aktivite çalışmalarından elde edilen veriler literatürde yer alan verilerle kısmen benzerlik göstermektedir.

Yayınlarda askorbik asitin inhibisyon tipi genellikle yarışmasız olarak rapor edilmişken (Doğru vd., 2012) tomatillo PFO enzimi üzerinde yarışmalı inhibitör olduğu belirlendi. Diğer gıda maddelerinin enzimatik kararmasının önlenmesinde kullanımının uygun olabileceki askorbik asit, tomatillo meyvelerinin renginin korunmasında da kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Arslan, O., Temur, A. & Tozlu, I. (1997). Polyphenol Oxidase from *Allium* sp. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 2861-2863.
- Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72, 248-251.
- Castaner, M., Gil, M. I., Artes, F. & Tomas-Barberan, F. A. (1996). Inhibition of browning of harvested head lettuce. Journal of Food Science, 61, 314-316.
- Chen, Q. X. & Kubo, I. (2002). Kinetics of mushroom tyrosinase inhibition by quercetin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 4108-4112.
- Dogan, M., Arslan, O. & Dogan, S. (2002). Substrate specificity, heat inactivation and inhibition of polyphenol oxidase from different aubergine cultivars. International Journal of Food Science Technology, 37, 415-423.
- Dogan, S. & Salman, U. (2007). Partial characterization of lettuce (*Lactuca sativa* L.) polyphenol oxidase. European Food Research Technology, 226, 93-103.
- Dogan, S., Turan, P. & Dogan, M. (2006). Some kinetic properties of polyphenol oxidase from thymra (*spicata* l. var. *spicata*). Process Biochemistry, 41, 2379-2385.
- Doğru, Y.Z. & Erat, M. (2012). Investigation of some kinetic properties of polyphenol oxidase from parsley (*Petroselinum crispum*, Apiaceae). Food Research International, 49, 411-415
- Erat, M., Sahin, Y.N., Aksoy, G. & Demirkol, A. (2010). Partial characterization of polyphenoloxidase from a hybridized wheat (*Triticum aestivum* L.) European Food Research Technology 231, 899-905.
- Erat, M., Şakiroğlu, H. & Kufrevioğlu, O.I. (2006). Purification and characterization of polyphenol oxidase from *Ferula* sp. Food Chemistry, 95, 503-50.
- Fuerst, E.P., Anderson, J.V. & Morris, C.F. (2006) Polyphenol oxidase in wheat grain: whole kernel and bran assays for total and soluble activity. Cereal Chem 83, 10-16.
- Fuerst, E.P., Anderson, J.V. & Morris, C.F. (2006). Polyphenol oxidase in wheat grain: Whole kernel and bran assays for total and soluble activity. Cereal Chemistry, 83:10-16.
- Kubo, I. & Kinst-Hori, I. (1999). Flavanols from saffron flower: Tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4121-4125.
- Kubo, I. & Yokokawa, Y. (1992). Two tyrosinase inhibiting flavanol glycosides from *Buddleia coriacea*. Phytochemistry, 31, 1075-1077.
- Lee, C.Y., Smith, N.L., & Penesi, A.P. (1983). Polyphenoloxidase from de Chaunac grapes. Journal of Science of Food & Agriculture, 34, 987-991.
- Lee, H.S. (2002). Tyrosinase inhibitors from *Pulsatilla cernua* root-derived materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 1400-1403.
- Lee, M.K., & Park, I. (2005). Inhibition of potato polyphenoloxidase by maillard reaction product. Food Chemistry, 91(1), 57-61.
- McEvily, A.J., Iyengar, R. & Otwell, S. (1991). Sulfite alternative prevents shrimp melanosis. Food Technology, 45, 80-86.
- Nagai, T. Suzuki, N. (2001). Partial purification of polyphenol oxidase from Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 3922-3926.
- Oktay, M., Kufrevioğlu, I., Kocacaliskan, I. & Şakiroğlu, H. (1995). Journal of Food Science, 60, 495-499.
- Petruzzello, M. (2025, Nisan 11). Tomatillo. [Tomatillo | Description, Plant, History, & Uses | Britannica](#)
- Plata, Edith Metcalfe de. (1984). Mexican Vegetarian Cooking, Inner Traditions/Bear, p.17 ISBN 978-0-89281-341-4.

- Schwartz, B., Olgin, A.K. & Klinman, J.P. (2001). The role of copper in topa quinone biogenesis and catalysis, as probed by azide inhibition of a copper amino oxidase from yeast. *Biochemistry* 40:2954–2963.
- Segel, I.H. *Biochemical Calculation*; New York, 1968; 403 pp
- Siddiq, M., Sinha, N.K. & Cash J.N. (1992). Characterization of polyphenoloxidase from Stanley plums. *Journal of Food Science*, 57, 1177-1179.
- Singh, B., Suri, K., Shevkani, K., Kaur, A., Kaur, A. & Singh, N. (2018). Enzymatic browning of fruit and vegetables: A review: Improvements and innovations. *Enzymes in Food Technology*, P. 63-78.
- Sui X., Meng Z., Dong T., Fan X. & Wang Q. (2023) Enzymatic browning and polyphenol oxidase control strategies, *Current Opinion in Biotechnology*, 81:102921.
- Vamos-Vigyazo, L. (1995) Prevention of enzymatic browning in fruits and vegetables—A Review of principles and practice. *Enzym Brown Prevent*, 600:49-62.
- Wesche-Ebeling, P. & Montgomery, MW. (1990). Strawberry polyphenoloxidase: extraction and partial characterization. *Journal of Food Science*, **55**,1320-1325.
- Zhou, H.W. & Feng, X. (1991). Polyphenol oxidase from yali pear (*Pyrus bretschneideri*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57(3), 307-313.

INVESTIGATION OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION IN POST-EARTHQUAKE DEBRIS REMOVAL WORKS

Prof.Dr. Şükrü Dursun

Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of
Environmental Engineering, Konya, Turkey.

sdursun@ktun.ed.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9502-1178>

Gonca Titirli

Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences,
goncatitirli@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1125-5066>

Abstract

Data on the awareness of noise and noise-related problems in urban areas and the regulation of this issue by the competent authorities date back to before Christ. It is known that regulations and laws have been enacted in many countries, especially in the European Union, since the beginning of the twentieth century to combat noise. In Turkey, the Environmental Law No. 2872 includes the statement “It is prohibited to create noise and vibration above the standards determined by the relevant regulations in a way that will disrupt the peace and tranquillity, physical and mental health of individuals.” under the title of noise. In the EU, 12 thousand premature deaths and 48 thousand new heart disease cases have been encountered annually in those exposed to environmental noise for a long time. It has been adopted to update the European Union noise policy and take measures to reduce the source of noise, including improvements in city design in light of the latest scientific information. Noise control involves the procedures carried out to completely or partially eliminate the harmful effects of sounds emitted from any sound source, which have the nature of noise, by reducing them to an acceptable level, changing their acoustic properties, reducing the duration of the effect, and masking them with another sound that is pleasant or less disturbing. Natural disasters, especially major earthquakes, deeply affect physical infrastructure and environmental conditions. The transportation of debris and waste after an earthquake constitutes an important stage of the post-disaster recovery process. The effects of noise pollution caused by vehicles carrying excavation and debris collected in earthquake zones on the environment and existing buildings should be examined. While emphasizing the need to develop strategies to reduce post-disaster noise pollution, new approaches should also be investigated for public health and building safety. In this study, the importance of environmental noise generated during post-disaster debris removal operations was emphasized and suggestions were made for studies aimed at reducing noise.

Keywords: Natural disasters, Earthquake, Debris Studies, Environmental Noise, Urban areas.

DEPREM SONRASI ENKAZ ÇALIŞMALARINDA ÇEVRESEL GÜRÜLTÜ KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Özet

Kentsel alanlarda gürültü ve gürültü kaynaklı sorunların farkına varılıp bu konuda yetkili otoriteler tarafından düzenleme yapıldığına ilişkin veriler milattan öncesine kadar uzanmaktadır. Yirminci yy başlarından itibaren başta Avrupa Birliği olmak üzere birçok ülkede gürültü ile mücadele için yönetmelik ve kanunların yürürlüğe girdiği bilinmektedir. Türkiye’de 2872 sayılı Çevre Kanunu’nu gürültü başlığı altında “Kişilerin huzur ve sükûnunu, beden ve ruh sağlığını bozacak şekilde ilgili yönetmeliklerle belirlenen standartlar üzerinde gürültü ve titreşim oluşturulması yasaktır.” ifadesine yer verilmiştir. AB’de çevresel gürültüye uzun süreli maruz kalanlarda yılda 12 bin erken ölüm ve 48 bin yeni kalp hastalığı vakasına rastlanmıştır. Avrupa Birliği gürültü politikasının güncellenmesi, en son bilimsel bilgiler ışığında şehir tasarımıındaki iyileştirmeler de dahil olmak üzere gürültü kaynağını azaltmak için önlemler alınması benimsenmiştir. Gürültü kontrolünde herhangi bir ses kaynağından yayılan, gürültü niteliğine sahip sesleri kabul edilebilir seviyeye indirmek, akustik özelliğini değiştirmek, etki süresini azaltmak, hoş giden veya daha az rahatsız eden bir başka ses ile maskelemek gibi yöntemlerle zararlı etkilerini tamamen veya kısmen yok etmek için yapılan işlemlerdir. Doğal afetler, özellikle büyük depremler, fiziksel altyapıyı ve çevresel koşulları derinden etkilemektedir.

Deprem sonrası yaşanan enkaz ve atıkların taşınması, afet sonrası iyileşme sürecinin önemli bir aşamasını oluşturmaktadır. Deprem bölgelerinde toplanan hafriyat ve enkaz atıklarını taşıyan araçların oluşturduğu gürültü kirliliğinin çevre ve mevcut binalar üzerindeki etkilerini incelemesi gerekmektedir. Afet sonrası gürültü kirliliğini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilmesi gerektiğini vurgularken, aynı zamanda halk sağlığı ve bina güvenliği için yeni yaklaşımlar araştırılmalıdır. Bu çalışmada afet sonra enkaz çalışmalar sırasında oluşan çevresel gürültünün önemi vurgulanmaya çalışılmış ve gürültünün azaltılmasını yönelik çalışmalar için öneriler getirilmiştir..

Anahtar kelimeler: Doğal afetler, Deprem, Enkaz Çalışmaları, Çevresel Gürültü, Kentsel alanlar

1. INTRODUCTION

Noise is a sound spectrum with a random structure and is defined as a subjectively unwanted sound form. Sound is a physical event that occurs as a result of fluctuations in air pressure caused by a vibrating source and that arouses the sense of hearing in humans. These sounds can negatively affect people's natural life and cause environmental disturbances. Noise consists of various sources such as vehicles, machines, industrial activities, construction works, airports, entertainment venues, etc. (Önder & Gülgün, 2010). Noise pollution is the situation where the noise level in the environment increases excessively and negatively affects people's health and quality of life. This is considered a type of pollution and is considered a serious environmental problem because the sounds in the environment disturb people, create restlessness and cause various health problems. The effects of noise pollution on health can include stress, insomnia, hearing loss, concentration disorders and cardiovascular diseases. For this reason, noise pollution has become an important issue in terms of environmental management and various measures are being taken to reduce this pollution. Noise pollution is becoming more apparent, especially in densely populated cities, industrial zones and areas with dense transportation routes. Increasing noise due to technological developments, industrialization and unplanned urbanization has become a significant health problem today. If it is not possible to prevent noise, necessary studies should be carried out to reduce its effect in the spreading area. Noise curtains come into play in this regard. Landscape plants should be preferred in the installation of these curtains due to their other ecological, aesthetic and economic benefits. Properly installed plant noise curtains reduce noise by up to 12 dB (A) (Önder & Gülgün, 2010). In some studies, the effects of noise, noise curtains and the installation of plant noise curtains are explained. In order to prevent noise pollution caused by vibration, it is useful to take measures to reduce or dampen the reception. Data regarding the awareness of noise and noise-related problems in urban areas and the regulation made by the competent authorities in this regard dates back to the 6th century BC. First of all, it is known that potters, tinsmiths and roosters were driven out of the city in Sybaris (Southern Italy), a Greek city of the time, because they made excessive noise (Yaman, 2021). Later, in 44 BC, Julius Caesar banned two-wheeled carriages from being on the roads at night in Ancient Rome. The first important legal regulation on noise control was the London Noise Regulation of 1595. Accordingly, beating one's servant or wife and singing in a way that would disturb neighbors at night were prohibited. The first person to report a health problem caused by noise in 1831 was Dr. John Fosbroke. He revealed that the reason for blacksmiths' deafness was noise. In 1864, as a result of the campaign carried out by Charles Babbage, Charles Dickens and Michael Bass, the "Act for the Better Regulation of Street Music" came into force in London, and with this law, noise was accepted as a significant health problem (Yaman, 2021). Mary Walton managed to reduce railway noise in New York by installing boxes filled with cotton and sand covered with asphalt on the rails in 1879. Lord Rayleigh invented the first noise measuring device in 1880. It is known that since the 2000s, regulations and laws have been enacted in many countries, especially in the EU, to combat noise. It has been reported that the majority of Europeans are exposed to different health problems due to high levels of noise, and the goal has been to significantly reduce noise pollution in the EU by 2020 and approach the levels recommended by the World Health Organization (WHO). In order to achieve this goal, it has been adopted to update the EU noise policy and take measures to reduce the source of noise, including improvements in city design in light of the latest scientific information (Yaman, 2021).

Turkey's Noise Policy It is known that there were articles on combating noise in different laws and regulations before an independent noise regulation came into force in Turkey. The regulation directly addressing noise pollution in Turkey, the "Noise Control Regulation", came into force in 1986. Later,

in 2005, this regulation was repealed, and a new regulation was published under the name of "Regulation on Assessment and Management of Environmental Noise 2002/49/EC". This regulation constitutes a phase of the harmonization of the environment chapter in the EU harmonization process. The same regulation was renewed in 2008 and 2010. The main purposes of this regulation include determining the measures to be taken to prevent the problems encountered by people exposed to environmental noise, informing the public about the effects of environmental noise, and preparing Environmental Noise Action Plans and Strategic Noise Maps to change according to the population and annual vehicle numbers of the provinces. As required by this regulation, noise maps were completed in 25 of the cities with a population of more than 100,000 and a population density of more than 1000 people/km² as of 2017, and studies are ongoing in 41 provinces (Bayhan, 2015). Earthquakes, which have very limited estimation and precautionary measures among natural disasters, are also prominent natural events in terms of their destructive effects and loss of life. As they have caused throughout history in many parts of the world, Turkey is located in a prominent earthquake zone and causes many deaths and injuries in addition to the collapse of structures. Turkey has experienced very large destructive earthquakes in the twentieth century, primarily the 1939 Erzincan earthquake and the 1999 Marmara earthquake. However, it should be noted that the major earthquakes that occurred on February 6, 2023, the first centered in Pazarcık and the second in Elbistan, have been recorded as the largest earthquake disasters that the Turkish nation has ever faced in history (Çiftçiöğlu, 2024). The aim of this study is to draw attention to the potential damage that construction debris resulting from earthquakes can cause to the environment, especially substances such as asbestos, and the importance of recycling construction and demolition waste in the debris for the country's economy by conducting a general literature review and academic studies conducted in this short period of one year after the earthquake, primarily by using the data in the "Post-Earthquake Assessment Report" published by the Presidency of Strategy and Budget in March 2023 and the "Kahramanmaraş and Hatay Earthquakes Reconstruction and Development Reports" published in January 2024 by the Republic of Turkey Presidency (url-1; url-2). Considering that not many academic studies have been conducted on the subject in the short period after the earthquake, it is thought that the study will be beneficial to academic circles, relevant institutions and organizations related to the subject. It was carried out in regions where debris removal and excavation transportation were intensively carried out after the major earthquake in Türkiye in 2023 (url-3). The study was conducted in the province of Malatya, which was affected by the earthquake. The main Noise measurements were made in arteries, debris transportation routes and areas close to residential areas. In the first stage, noise measurements were made at 10 different points in this region. The points were selected as the areas where debris transportation is most intense, where heavy traffic flow is seen and where quiet living areas are located. Noise measurements were made at different time zones of the day at each point. (url -4, 5) It is important to examine the effects of noise pollution caused by vehicles carrying excavation and debris waste collected in earthquake zones on the environment and existing buildings. This study aims to show the levels of noise pollution caused by the removal of debris after earthquakes and to evaluate the precautions and suggestions that can be taken. This research, which aims to fill this gap in the literature, will comprehensively address the effects of noise pollution caused by debris transportation vehicles on environmental health and the structural condition of buildings. While this study emphasizes the need to develop strategies to reduce post-disaster noise pollution, new approaches and suggestions for public health and building safety will also be evaluated.

2. MATERIAL AND METHOD

Natural disasters, especially major earthquakes, deeply affect physical infrastructure and environmental conditions. The transportation of debris and waste after an earthquake constitutes an important stage of the post-disaster recovery process (Özçelik et al., 2023). However, these cleaning and transportation processes create significant effects not only structurally but also environmentally and socially (Guerrero-Miranda & Luque Gonzalez, 2021). Noise pollution, especially caused by vehicles carrying debris, can negatively affect environmental health and the structural integrity of existing buildings in post-disaster areas. Noise pollution not only harms human health but can also lead to the disruption of the environmental balance and structural damage to buildings over time (Hemmat et al., 2023). At this point, noise pollution caused by debris transportation processes after earthquakes can have a stressful effect on human psychology and negatively affect the surrounding structures. The existing literature (Mavroulis et al., 2023; Öze, 2023) has several studies examining the environmental impacts of post-

earthquake debris management and transportation. Most studies have focused on the effects of debris transportation operations on air pollution, road safety, and traffic density (Bektaş, 2024). However, the effects of noise pollution created by debris-carrying vehicles on environmental health and structures have been less addressed. Excessive noise created by debris-carrying vehicles on the road not only disrupts people's quality of life but can also cause vibrations that can damage the structural integrity of buildings. Especially in old and damaged buildings, such noise and vibrations can cause further structural weakening and long-term damage (Begashvilli, 2016). Studies examining the relationship between post-earthquake noise pollution and building health are limited in the literature, and no in-depth analysis has been conducted in this area. Turkey has experienced very large destructive earthquakes in the twentieth century, primarily the 1939 Erzincan earthquake and the 1999 Marmara Earthquake. However, it should be stated that the massive earthquakes that occurred on February 6, 2023 at 04:17 and 13:24, the first central in Pazarcık and the second in Elbistan, were recorded as the biggest earthquake disasters we have faced as the Turkish nation in historical process. The aim of this study is to draw attention to the potential damage that construction debris resulting from earthquakes can cause to the environment, especially substances such as asbestos, and the importance of recycling construction and demolition waste in the debris for the country's economy, by conducting a general literature review and academic studies conducted in the short period of one year after the earthquake, primarily by using the data in the "Post-Earthquake Assessment Report" published by the Presidency of the Republic of Turkey's Strategy and Budget Presidency in March 2023 and the "Kahramanmaraş and Hatay Earthquakes Reconstruction and Development Reports" published in January 2024. Considering that not many academic studies have been conducted on the subject in the short period after the earthquake, it is thought that the study will be beneficial to academic circles, relevant institutions and organizations on the subject (Çiftçiöğlu, 2024). The earthquake map of Türkiye is seen in Figure 1 (url-6).

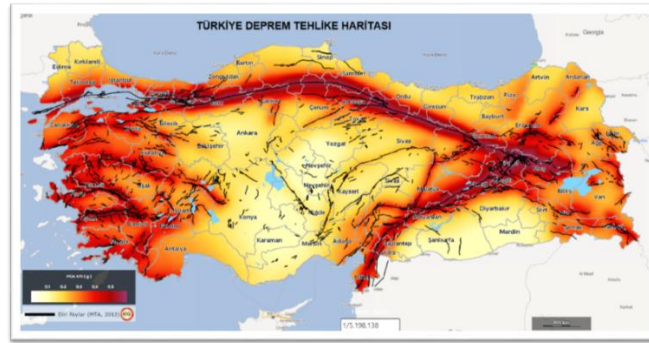


Figure 1. Earthquake map of Türkiye (url-6)

3. FINDINGS

Natural disasters, especially major earthquakes, deeply affect physical infrastructure and environmental conditions. The transportation of debris and waste after an earthquake constitutes an important stage of the post-disaster recovery process (Özçelik et al., 2023; Marangoz & İzci 2023). However, these cleaning and transportation processes create significant effects not only structurally but also environmentally and socially (Guerrero-Miranda and Luque Gonzalez, 2021). Noise pollution, especially caused by vehicles carrying debris, can negatively affect environmental health and the structural integrity of existing buildings in post-disaster areas. Noise pollution not only harms human health, but can also lead to environmental balance disruption and structural damage to buildings over time (Hemmat et al., 2023). At this point, noise pollution caused by debris transportation processes after earthquakes can create a stressful effect on human psychology and negatively affect the surrounding structures. The existing literature (Mavroulis et al., 2023; Öze, 2023) has several studies examining the environmental impacts of post-earthquake debris management and transportation. Most studies have focused on the effects of debris transportation operations on air pollution, road safety, and traffic density (Bektaş and Shmlls, 2024). However, the effects of noise pollution created by debris-carrying vehicles on environmental health and structures have been less addressed. Excessive noise created by debris-carrying vehicles on the road not only disrupts people's quality of life but can also cause vibrations that

can damage the structural integrity of buildings. Especially in old and damaged buildings, such noise and vibrations can cause further structural weakening and long-term damage (Begashvilli, 2016). Studies examining the relationship between post-earthquake noise pollution and building health are limited in the literature, and no in-depth analysis has been conducted in this area. Turkey has experienced very large destructive earthquakes in the twentieth century, primarily the 1939 Erzincan earthquake and the 1999 Marmara Earthquake. However, it should be stated that the massive earthquakes that occurred on February 6, 2023 at 04:17 and 13:24, the first central in Pazarcık and the second in Elbistan, were recorded as the biggest earthquake disasters we have faced as the Turkish nation in historical process. The aim of this study is to draw attention to the potential damage that construction debris resulting from earthquakes may cause to the environment, especially substances such as asbestos, and the importance of recycling construction and demolition waste in the debris for the country's economy, by conducting a general literature review and academic studies conducted in this short period of one year after the earthquake, primarily by using the data in the "Post-Earthquake Assessment Report" published by the Presidency of the Republic of Turkey's Strategy and Budget Presidency in March 2023 and the "Kahramanmaraş and Hatay Earthquakes Reconstruction and Development Reports" published in January 2024. Considering that not many academic studies have been conducted on the subject in the short period after the earthquake, it is thought that the study will be beneficial to academic circles, relevant institutions and organizations related to the subject. This study aims to examine the effects of noise pollution caused by vehicles carrying excavation and debris waste collected in earthquake zones on the environment and existing buildings.

3.1. Excavation and Debris Waste Transportation Process

Post-earthquake debris cleaning requires the transportation and disposal of large amounts of construction waste. The trucks, construction equipment and other transportation vehicles used in this process create a significant source of noise due to the heavy traffic and labor requirements. Excavation and debris transportation operations generally include the following stages:

Collection of debris: The debris of the buildings is collected with various construction equipment (url-9).

Transportation: The collected debris is removed from the earthquake zone by trucks.

Disposal: The debris is disposed of in special areas or regular storage areas.

The use of loud vehicles during these operations can create significant noise pollution in the environment, especially in densely populated areas.

3.2. Excavation and Debris Waste Transportation Process

If it is understood that the noise level resulting from the planned activity will exceed the standards, the necessary precautions should be taken. There are three basic approaches to sound and noise control. These approaches and control methods are as follows.

Reducing noise at its source; methods such as controlling noise with planning and maintenance, using silencers, making material and design changes at the source, vibration insulation, covering vibrating surfaces with vibration-absorbing material,

- Reducing noise in the propagation area; methods such as separating the area where the noise source is located with sound-insulating material, increasing the distance between the receiver and the source, using sound barriers, controlling noise in the propagation area,

- Taking precautions at the point where noise is perceived; methods such as moving people affected by noise to sound-insulated areas, using ear protectors. Especially in urban settlements where the population and technological development are very dense, reducing noise at its source and taking precautions at the point where it is perceived is often not economical and may not be possible in terms of applicability (Önder & Gülgün, 2010).

3.3. Obstacle created with natural landscape elements

Noise curtains made with artificial elements do not go beyond adding a new one to the unnatural environment of cities consisting of petrified, concreted, steel and glass piles. Curtains made of plants have more advantages. Plants, with their constantly changing aesthetic structures, have significant positive effects on the physiological and psychological needs of the local people with their improvement of the climate, shading, dust filtering, erosion prevention, resting opportunities and cultural effects. They are cheaper and more aesthetic compared to noise curtains made of artificial elements. In the establishment of the noise strip, starting from the noise direction, first the bushes should be started and shrubs and short trees should be used towards the inside, and tall leafy and coniferous tree species should be used in the innermost. Density is very important in reducing noise (Figure 4). For example, it is known that the noise reduction degree of a dense tree group with a width of 30 m is equal to the noise reduction degree of a 140 m wide park consisting of sparse plants and trees (Önder & Gülgün, 2010)

3.4. Regulations and Legal Arrangements

- There are various regulations and laws to control noise pollution in Türkiye and around the world (BYHY, 2021, EU. 2020; EEA 2010):

- Environmental Law and Noise Regulation (Turkey): The Noise Control Regulation, issued under the Environmental Law dated 2003, aims to control various noise sources. This regulation is also valid in extraordinary situations such as earthquakes and foresees that noise levels are kept within certain limits.

- Construction and Excavation Waste Regulation (Turkey): This regulation, updated in 2021, determines standards on how construction and demolition waste will be collected, transported and disposed of. It requires taking special precautions to minimize the damage it may cause to the environment during debris transportation (url-10; 11).

- International Regulations: Regulations such as the European Union's Environmental Noise Directive (2002/49/EC) set certain noise limits in urban planning, industrial activities and transportation to combat noise pollution (url-12, 13). These regulations aim to manage noise levels in a controlled manner and to minimize environmental damage in disaster situations such as earthquakes.

4. CONCLUSION

While debris transportation after an earthquake helps cities recover quickly, it can also cause significant damage to the environment with high noise levels. In this context, although current regulations are an important tool in terms of controlling noise levels, there are also difficulties encountered in practice. Inadequate transportation infrastructure, especially in large cities, further increases noise levels. In addition, if the hours when debris transportation is carried out are shifted to the night, nighttime noise pollution can also become a significant problem.

Here are some solutions suggested to minimize the effects of noise pollution in earthquake zones:

Use of Advanced Technology: The use of electric or low-noise transportation vehicles can significantly reduce noise pollution.

Time Restrictions: Debris transportation operations can be shifted to morning or afternoon hours when noise levels are less effective.

Noise Barriers and Insulation: Noise barriers can be built along the routes where transportation vehicles pass, thus reducing the noise emitted to the environment.

Education and Inspection: Training on noise control should be provided to transportation and construction companies, and the activities of these companies should be inspected.

5. SUGGESTIONS

- Noise-cancelling technologies: Using noise-cancelling technologies in excavation vehicles (for example, using special tires, implementing engine noise-reducing systems) can help reduce noise levels.
- Road arrangements and route planning: Routes with the lowest noise levels can be determined. Roads away from densely populated areas can be preferred to prevent damage to buildings.
- Regulation of debris transportation hours: Debris transportation work should not be done, especially at night. Working during the hours when noise levels are at their lowest can prevent disturbing people in the vicinity.
- Monitoring and regulation of noise levels: Noise levels in the earthquake zone should be constantly monitored and specified limits should not be exceeded.
- Noise insulation: Sound insulation measures should be taken in buildings and residential areas, and infrastructures that minimize noise should be developed.
- Alternative transportation methods: Working hours of excavation and debris transportation vehicles should be regulated, and transportation methods that reduce noise levels should be preferred.

REFERENCES

- AB. (2020) Avrupa Birliği
https://ec.europa.eu/environment/basics/healthwellbeing/noise/index_en.htm
- AÇA (2010) Avrupa Çevre Ajansı, <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>
- Bayhan B, (2015) evre ve Şehircilik Bakanlığı 23 İlin Gürültü Haritasını Çıkartıyor.
<https://www.arkitera.com/haber/cevre-ve-sehircilik-bakanligi-23-ilin-gurultu-haritasini-cikartiyor/>
- Begashvili S., (2016) Improving quality of life in urban areas: a decision support frame for air and noise pollution. Master's thesis, Universidade do Porto, Portugal.
- Begashvilli S, (2016) Improving quality of life in urban areas: a decision support frame for air and noise pollution. MSC thesis. FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Department Of Cıvıl Engineering. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/87505/2/161459.pdf>
- Bektaş N, (2024) Earthquake-Induced Waste Repurposing: A Sustainable Solution for Post-Earthquake Debris Management in Urban Construction. Buildings 2024, 14(4), 948; <https://doi.org/10.3390/buildings14040948>.
- BYHY, (2021). Binaların Yıkılması Hakkında Yönetmelik.
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211013-1.htm> (Retrieved June, 2025).
- Çiftçiöğlü, H, (2024) The Importance of Recycling and Disposal of Construction and Demolition Waste Emerging After the 6 February Kahramanmaraş Earthquakes in Terms of Environment and Economy. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 21(2) 656–669.
- Çiftçiöğlü, H. (2024) The Importance of Recycling and Disposal of Construction and Demolition Waste Emerging After the 6 February Kahramanmaraş Earthquakes in Terms of Environment and Economy. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2024 21(2) 656–669
- Çiftçiöğlü, H. (2024) The Importance of Recycling and Disposal of Construction and Demolition Waste Emerging After the 6 February Kahramanmaraş Earthquakes in Terms of Environment and Economy. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2024 21(2) 656–669
- Erdoğan E. Yazgan M. E. (2007) Kentlerde Trafik Gürültüsü Sorununu Azaltmada Peyzaj Mimarlığı. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 4 (2) 201-210.
- Guerrero-Miranda ve Luque Gonzalez, (2021) Social Responsibility, Sustainability, and Public Policy: The Lessons of Debris Management after the Manabí Earthquake in Ecuador. Int J Environ Res Public Health . 2021 Mar 27;18(7):3494. doi: 10.3390/ijerph18073494.
- Hemmat WW, Hesam AM. Atifnigar H., (2023). Exploring Noise Pollution, Causes, Effects, and Mitigation Strategies: A Review Paper. www.ejtas.com 2023 | Volume 1 | Number 5
- Marangoz M, & İzci Ç, (2023) Doğal Afetlerin Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkilerinin 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler Bağlamında. J. Social Sci. and Humanities Res. 24 (52) 1-30.

- Mavroulis S, Mavrouli M, Lekkas E, Tsakris A, (2023) Managing Earthquake Debris:: Environmental Issues, Health Impacts, and Risk Reduction Measures . *Environments* 2023, 10(11), 192; <https://doi.org/10.3390/environments10110192>
- Önder, S, Gülgün, B. (2010) Gürültü Kirliliği ve Alınması Gereken Önlemler: Bitkisel Gürültü Perdeleri. *Ziraat Mühendisliği*. Temmuz-Aralık I Sayı: 355: 54-60.
- Özçelik AE, Çorbacı Ö, Yüksek T, (2023) Kahramanmaraş Merkezli Depremden Etkilenen Kentlerde Yer Alan Yeşil Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Deprem Duyarlılığına Göre Konumsal/Mekânsal Analizi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*. 8, (3), (273-282) . <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3100036>.
- Öze N, (2024) Kahramanmaraş Merkezli Depremlerde Enkaz Altında Kalan Kıbrıs Türk Voleybol Takımı Haberlerinde Doğruluk Sorunu: Enformasyon, Misenformasyon, Dezenformasyon. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*. 15: 515 - 543, <https://doi.org/10.54688/ayd.1385620>.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (Hemmat et al., 2023). At this point, noise pollution created by debris transportation processes after earthquakes can create a stressful effect on human psychology and negatively affect the surrounding structures.
- url-1 <https://csb.gov.tr/ss/cevresel-gurultu-yonetimi> (Retrieved June, 2025)
- url-10 <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC038002/> (Retrieved June, 2025)
- url-11. <https://deprem.saglik.gov.tr/depo/deprem/rehberler/hsgm-deprem-Cevre-sagligi-rehberi.pdf> (Retrieved June, 2024)
- url-12 https://haberler.itu.edu.tr/docs/default-source/default-document-library/2023_itu_deprem_on_raporu.pdf (Retrieved June, 2025)
- url-13 <https://raporbulteni.com/sbb-2023-kahramanmaras-ve-hatay-depremleri-raporu/> (Retrieved June, 2025)
- url-2 <https://raporbulteni.com/sbb-2023-kahramanmaras-ve-hatay-depremleri-raporu/> (Retrieved June, 2025)
- url-3 https://haberler.itu.edu.tr/docs/default-source/default-document-library/2023itu_deprem_on_raporu.pdf (Retrieved June, 2024)
- url-4 <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/malatyada-enkaz-kaldirma-calismalari-devam-ediyor/2833808> (Retrieved June, 2024)
- url-5 https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/fed21205db99c2d_ek.pdf (Retrieved June, 2025).
- url-6- <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi> (Retrieved June, 2025)
- url-7 <https://www.testo.com.tr-TR/urunler/gurultu-seviyesi-olcum/> (Retrieved June, 2025)
- url-8 <https://novel.com.tr/isg-cevre-gurultu-ses-olcum-ve-analiz-cihazlari.html>. (Retrieved June, 2025)
- url-9 https://www.skdturkiye.org/files/yayin/yikinti-atiklari-yo-netimi-rehberi-26-haziran-2024-low_2.pdf. (Retrieved June, 2025)
- Yaman, K. (2021) Avrupa Birliği ve Türkiye’de Gürültü Kirliliği Sorunu The Problem of Noise Pollution in European Union and Turkey. *Journal of Karabuk University Faculty of Economics and Administrative Sciences (UNIKA Society & Science)* 1(1); 12-17

FARKLI GERİ DÖNÜŞÜM ORANLARINA SAHİP PA66-GF30 KOMPOZİTLERDEN ÜRETİLEN OTOMOTİV BAĞLANTI ELEMANLARININ MEKANİK PERFORMANSI VE KARBON AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ

Makine Mühendisi. Hikmet ULAŞ

Kocaeli Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği
hikmet.ulas@araymond.com,

Prof. Dr. Mehmet UÇAR

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği
ucarm@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, araçların motor ve batarya bölgesinde yer alan soğutma sistemlerinde kullanılan bağlantı elemanlarının üretiminde tercih edilen %30 cam elyaf katkılı Poliamid 6.6 (PA66-GF30) kompozit malzemelerin, farklı oranlarda geri dönüştürülmüş polimerlerle yeniden üretilmesi ve bu malzemelerin performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mekanik geri dönüşüm yöntemiyle elde edilen %10, %30, %50 ve %65 oranlarında geri dönüştürülmüş PA66 içeren kompozitlerden enjeksiyon kalıplama yöntemiyle 16 mm çapında parçalar üretilmiş ve bu parçalar, otomotiv ana sanayi standartlarına uygun olarak çeşitli mekanik ve yaşlandırma testlerine tabi tutulmuştur. Testler arasında mikro-kesim, koparma, ultrasonik kaynak dayanımı, proses kalitesi ve soğuk şartlandırma sonrası mekanik performans analizleri yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, geri dönüştürülmüş malzeme oranı artsa dahi parça performansında ciddi bir düşüş olmadığını ve bu malzemelerin orijinal hammadde yerine kullanılmasının karbon ayak izini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: PA6.6, geri dönüştürülmüş, karbon ayak izi, cam elyaf, sürdürülebilirlik

MECHANICAL PERFORMANCE AND CARBON FOOTPRINT ASSESSMENT OF AUTOMOTIVE FASTENERS MANUFACTURED FROM PA66-GF30 COMPOSITES WITH DIFFERENT RECYCLING RATES

Abstract

In this study, it was aimed to reproduce 30% glass fiber reinforced Polyamide 6.6 (PA66-GF30) composite materials with different ratios of recycled polymers and to evaluate the performance of these materials, which are preferred in the production of fasteners used in cooling systems in the engine and battery areas of vehicles. Injection molding of composites containing 10%, 30%, 50% and 65% recycled PA66 obtained by mechanical recycling method was used to produce 16 mm diameter parts and these parts were subjected to various mechanical and aging tests in accordance with automotive main industry standards. Tests included micro-cutting, tear-off, ultrasonic welding strength, process quality and mechanical performance analysis after cold conditioning. The results show that there is no significant degradation in part performance even when the proportion of recycled material is increased, and that using these materials instead of the original raw material significantly reduces the carbon footprint.

Keywords: PA6.6, carbon foot-print, glass fiber, sustainability recyclability

1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisinde, yüksek sıcaklık ve mekanik yüke maruz kalan sistem bileşenlerinde kullanılan mühendislik termoplastiklerinin performansı kadar çevresel etkileri de giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, cam elyaf takviyeli Poliamid 6.6 (PA66-GF30) kompozitler, özellikle motor ve batarya bölgesinde yer alan soğutma sistemlerinin bağlantı elemanlarında, üstün mekanik özellikleri, termal kararlılığı ve kimyasal dirençleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. (Witik et al., 2011) (Osswald & Menges, 2012)

Ancak, bu tür yüksek performanslı polimerlerin üretimi sırasında ortaya çıkan çevresel etkiler, özellikle

karbon ayak izi açısından değerlendirildiğinde, sürdürülebilir üretim yaklaşımlarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, mekanik geri dönüşüm yöntemiyle elde edilen farklı oranlardaki geri dönüştürülmüş PA66 içeren kompozit malzemelerin, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle yeniden işlenerek bağlantı elemanları üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretilen parçalar, otomotiv ana sanayi tarafından talep edilen mekanik ve çevresel dayanım kriterlerine göre test edilmiş; geri dönüşüm oranının, malzeme performansı ve karbon ayak izi üzerindeki etkileri sistematik olarak analiz edilmiştir. (Ehrenstein, 2001)

Bu kapsamda, geri dönüştürülmüş PA66-GF30 kompozitlerin döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmesi hem malzeme mühendisliği hem de sürdürülebilir üretim stratejileri açısından önemli bir katkı sunmaktadır. (Hopewell, Dvorak, & Kosior, 2009)

2. Materyal ve Metot

2.1 Malzeme Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan temel malzeme, %30 oranında cam elyaf takviyesi içeren Poliamid 6.6 (PA66-GF30) kompozittir. Deneysel çalışmalarda, farklı geri dönüşüm oranlarına sahip PA66 bazlı kompozitler kullanılmıştır. Geri dönüştürülmüş PA66 içeriği ağırlıkça %10, %30, %50 ve %65 olacak şekilde hazırlanmıştır. Referans olarak, işlem görmemiş (orijinal) PA66-GF30 malzemesi kullanılmıştır.

2.2 Numune Üretimi

Tüm malzemeler, enjeksiyon kalıplama yöntemiyle 16 mm çapında bağlantı elemanları şeklinde üretilmiştir. Üretim parametreleri, PA66-GF30 için önerilen standartlara uygun olarak optimize edilmiştir. Kalıplama sırasında, geri dönüştürülmüş malzeme oranına bağlı olarak viskozite ve dolun davranışları gözlemlenmiş ve proses stabilitesi değerlendirilmiştir.

2.3 Test Yöntemleri

Üretilen numuneler, otomotiv ana sanayi tarafından talep edilen kalite ve dayanım kriterlerine göre aşağıdaki testlere tabi tutulmuştur:

-Mekanik Testler:

- Mikro-kesit analizi: Cam elyaf dağılımı ve matris bütünlüğü incelenmiştir.
- Koparma testi: Karşıt parça ile bağlantı mukavemeti ölçülmüştür.
- Ultrasonik kaynak dayanımı: Kaynak bölgesinin mekanik dayanımı değerlendirilmiştir.

- Termal ve Yaşlandırma Testleri:

- Proses kalite testi: Üretim sonrası parça bütünlüğü ve ölçüsel kararlılık kontrol edilmiştir.
- Yaşlandırma sonrası mekanik testler: Termal çevrim ve nem maruziyeti sonrası dayanım ölçülmüştür.
- Soğuk şartlandırma testi: -40 °C'de bekletilen numunelerin darbe ve çekme dayanımları test edilmiştir.

2.4 Karbon Ayak İzi Analizi

Her bir geri dönüşüm oranı için, ISO 14067 standardı doğrultusunda karbon ayak izi hesaplamaları yapılmıştır. Bu analizlerde, hammadde temini, işleme enerjisi ve üretim sonrası atık yönetimi gibi parametreler dikkate alınmıştır. (ISO, 2018)

Tablo 1: Malzeme Kompozisyonları ve Uygulanan Testler

Geri Dönüşüm Oranı	Malzeme Kompozisyonu	Uygulanan Testler
0%	Orijinal PA66-GF30	Mekanik Testler, Yaşlandırma Testleri, Karbon Ayak İzi

10%	%10 Geri Dönüştürülmüş PA66-GF30	Mekanik Testler, Yaşlandırma Testleri, Karbon Ayak İzi
30%	%30 Geri Dönüştürülmüş PA66-GF30	Mekanik Testler, Yaşlandırma Testleri, Karbon Ayak İzi
50%	%50 Geri Dönüştürülmüş PA66-GF30	Mekanik Testler, Yaşlandırma Testleri, Karbon Ayak İzi
65%	%65 Geri Dönüştürülmüş PA66-GF30	Mekanik Testler, Yaşlandırma Testleri, Karbon Ayak İzi

3. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, farklı oranlarda geri dönüştürülmüş PA66-GF30 kompozit malzemelerden enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen otomotiv bağlantı elemanlarının mekanik ve çevresel performansları sistematik olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Mekanik Performans: %10 ve %30 oranlarında geri dönüştürülmüş PA66 içeren numuneler, orijinal malzeme ile karşılaştırılabilir düzeyde mekanik dayanım sergilemiştir. %50 oranına kadar olan geri dönüşüm seviyeleri, otomotiv sektöründe kabul gören performans kriterlerini karşılamaktadır.

- Yaşlandırma Dayanımı: Termal çevrim, nem maruziyeti ve soğuk şartlandırma testleri sonucunda, %50 geri dönüşüm oranına kadar olan numuneler fonksiyonel bütünlüğünü korumuştur. %65 oranında ise kısmi performans düşüşleri gözlemlenmiştir.

- Çevresel Etki (Karbon Ayak İzi): Geri dönüştürülmüş malzeme kullanımı, karbon ayak izinde %46'ya varan azalma sağlamıştır. Bu durum, sürdürülebilir üretim hedefleri açısından önemli bir kazanım olarak değerlendirilmektedir.

- Genel Değerlendirme: %30–50 geri dönüşüm oranları, hem teknik yeterlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından optimum aralık olarak öne çıkmaktadır. Bu oranlarda geri dönüştürülmüş PA66-GF30 kompozitlerin kullanımı, döngüsel ekonomi ilkelerine uygun, düşük karbon ayak izine sahip ve maliyet etkin bir çözüm sunmaktadır.

- Endüstriyel Uygulama: %30–50 geri dönüşüm oranına sahip PA66-GF30 kompozitlerin, otomotiv bağlantı elemanlarında standart üretim süreçlerine entegre edilmesi, hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli kazanımlar sağlayacaktır. Bu oranlar, üretim hattında proses stabilitesini bozmadan uygulanabilir görünmektedir.

KAYNAKÇA

- ISO. (2018). ISO 14067:2018 Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. International Organization for Standardization.
- Osswald, T. A., & Menges, G. (2012). Material Science of Polymers for Engineers (3rd ed.). Hanser Publishers.
- Ehrenstein, G. W. (2001). Polymeric Materials: Structure, Properties, Applications. Hanser Gardner Publications.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), 2115–2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Witik, R. A., Payet, J., Michaud, V., Ludwig, C., & Manson, J. A. E. (2011). Assessing the life cycle costs and environmental performance of lightweight materials in automobile applications. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 42(11), 1694–1709.

OVER KANSERİNE YÖNELİK ANTİKANSER POTANSİYEL TAŞIYAN ETKEN MADDELERİN PI3K-AKT-mTOR SİNYAL YOLU İLİŞKİLİ İNCELENMESİ

AYSU EKER

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi / Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
aysu.eker@std.yildiz.edu.tr, ORCID: 0009-0003-3162-2902

Araş.Gör.Dr. BURCU TÜRKOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi / Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
btuncer@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2939-3966

Prof.Dr. BANU MANSUROĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi / Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
bmansur@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8440-9118

Özet

Over kanseri, sadece 2020 yılında dünya genelinde 207.252 ölüme neden olmuş, en ölümcül jinekolojik kanser türüdür. Cerrahi ve kemoterapi temel tedavi yöntemleri olsa da, tümör mikroçevresi ve sinyalizasyon mekanizmalarındaki değişimler, tedaviye yanıtı olumsuz etkilemekte, direnç ve nükse yol açmaktadır. PI3K-AKT-mTOR sinyal yolu, hücre sağkalımı ve tümör progresyonunda kritik roller üstlenmekte; bağışıklık hücresi fonksiyonu regülasyonu, anjiyogenez ve tümör mikroçevresi etkileşimleri aracılığıyla over kanseri gelişimini desteklemektedir. Mevcut tedavilerin sınırlı etkinliği, bu tür moleküler mekanizmaları hedefleyen yeni ajanların araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda, hem doğal kaynaklı bileşiklerin hem de başka bir hastalığa yönelik onaylı ilaçların over kanserine karşı potansiyelinin değerlendirilmesi umut vadeden yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Onaylı bir ilaç olan ve idiyopatik pulmoner fibrozis tedavisinde kullanılan Pirfenidon, TGF- β inhibisyonu, glikolizin ve epitelyal mezenkimal geçişin baskılanması, kaspaz ilişkili apoptozun indüklenmesi ve vasküler endotelial büyüme faktörü sekresyonunun azaltılması gibi özellikler göstermektedir. Marine kaynaklı doğal bir bileşik olan metilhidrokinonun, AKT ilişkili antianjiyojenik etkileri bulunmaktadır. Pirfenidon ve metilhidrokinon ikili kombinasyonunun PI3K-AKT-mTOR sinyal yolu üzerinde inhibe edici sinerjik etki göstermesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, Pirfenidon ve metilhidrokinonun, PI3K-AKT-mTOR sinyal yolunda yer alan proteinlerle etkileşim potansiyelini değerlendirmek amacıyla moleküler docking analizleri gerçekleştirilmiştir. Her iki ligandın hedef proteinlerle oluşturabileceği kararlı kompleksler ve bu komplekslerin olası bağlanma oryantasyonları incelenmiştir. Ligandların üç boyutlu yapılarına PubChem veritabanı üzerinden, hedef proteinlerin üç boyutlu yapılarına ise RCSB Protein Data Bank veritabanından erişilmiştir. Moleküler docking çalışmaları, AutoDock versiyon 4.2.6 (Scripps Research Institute, ABD) yazılımıyla gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar BIOVIA Discovery Studio (Dassault Systèmes, ABD) ile görselleştirilmiştir.

Moleküler docking analizleri sonucunda, metilhidrokinonun PI3K alfa, AKT1 ve mTOR kinaz domaini ile etkileşim skorları sırasıyla -4.69, -4.21 ve -4.89 olarak bulunurken; Pirfenidon için bu değerler sırasıyla -6.16, -5.87 ve -6.73 olarak bulunmuştur. Moleküler docking skorlarında, yaklaşık -5 civarındaki değerler orta düzeyde bir bağlanma afinitesini gösterirken, -6 ve daha düşük skorlar protein-ligand etkileşimlerinde daha güçlü bir bağlanmayı ifade etmektedir. Pirfenidon ve metilhidrokinonun over kanserine yönelik antikanser potansiyele sahip olabileceği ve kombinasyonlarının sinerjik etkiler gösterebileceği düşünülmektedir. İlerleyen çalışmalarda, bu bileşiklerin PI3K-AKT-mTOR sinyal yoluna ilişkin gen ve protein düzeyindeki etkilerinin araştırılması planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Over Kanseri, Pirfenidon, Metilhidrokinon, Moleküler Docking

EVALUATION OF THE ANTICANCER EFFECTS OF ACTIVE COMPOUNDS IN OVARIAN CANCER IN RELATION TO THE PI3K-AKT-MTOR SIGNALLING PATHWAY

Abstract

Ovarian cancer is the deadliest gynaecological cancer, causing 207,252 deaths in 2020. Although surgery and chemotherapy remain the main treatment strategies, changes in the tumour microenvironment and signalling mechanisms negatively affect the treatment response, leading to resistance and recurrence. The PI3K-AKT-mTOR signalling pathway plays important roles in cell survival and tumour progression, and supports ovarian cancer growth through the regulation of immune cell function, angiogenesis, and tumour microenvironment interactions. The limited efficacy of current treatments necessitates the search for new agents that can target these molecular mechanisms. In this context, investigating the potential of natural compounds and repurposed drugs against ovarian cancer is a promising approach.

Pirfenidone, an approved drug for idiopathic pulmonary fibrosis, inhibits TGF- β , suppresses glycolysis and epithelial-mesenchymal transition, induces caspase-associated apoptosis, and reduces vascular endothelial growth factor secretion. Methylhydroquinone, a marine-derived compound, has antiangiogenic properties associated with AKT. The combination of Pirfenidone and methylhydroquinone is aimed to show inhibitory synergistic effects on PI3K-AKT-mTOR signalling pathway.

In this study, molecular docking analyses were performed to explore the interaction potential of Pirfenidone and methylhydroquinone with proteins involved in the PI3K-AKT-mTOR pathway. The stable complexes formed between both ligands and their target proteins, along with possible binding orientations, were studied. The three-dimensional structures of the ligands were retrieved from the PubChem, whereas the protein structures were obtained from the RCSB PDB. Molecular docking was performed using AutoDock version 4.2.6 (Scripps Research Institute, USA), and the results were visualised using BIOVIA Discovery Studio (Dassault Systèmes, USA).

Results showed that methylhydroquinone exhibited interaction scores of -4.69, -4.21, and -4.89 with PI3K alpha, AKT1, and the kinase domain of mTOR, respectively. For Pirfenidone, the scores were -6.16, -5.87, and -6.73. In molecular docking analyses, binding affinities around -5 are considered moderate, while scores of -6 or lower suggest stronger and more stable protein-ligand interactions. These findings suggest that both compounds may have anticancer potential against ovarian cancer, and their combination may exert synergistic effects. Future studies are planned to investigate their effects on gene and protein levels related to the PI3K-AKT-mTOR signalling pathway.

Keywords: Ovarian Cancer, Pirfenidone, Methylhydroquinone, Molecular Docking

1. GİRİŞ

Over kanseri, jinekolojik kanserlere bağlı ölümlerin en yaygın sebebinin oluşturmaktadır. Over kanserinin standart tedavisi, cerrahi yöntemleri ve platin tabanlı kemoterapiyi içermektedir (Jayson vd., 2014). Over kanseri çoğunlukla geç evrelerde tespit edilebilmekte ve vakaların yaklaşık %80'inde, tümör metastaz yapmış olduğundan bu vakalarda beş yıldan daha uzun yaşam oranı yaklaşık %30 olarak değerlendirilmektedir (Kotnik vd., 2023). Hastalarda, ilaç direnci, metastaz ve nüks sıkça görülmektedir (Konstantinopoulos & Matulonis, 2023; Ortiz vd., 2022). Kemoterapi ciddi yan etkilere neden olabilmekte olup bu durum hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir (Kayl & Meyers, 2006). Tümör mikroçevresi (TME) ve sinyalizasyon mekanizmalarındaki değişimler tedavi etkinliğini azaltmaktadır. TME, bağışıklığın baskılanmasını, anjiyogenezi ve inflamasyonu teşvik etmektedir (Hinshaw & Shevde, 2019; Junttila & de Sauvage, 2013).

Fosfoinozotid 3-kinaz (PI3K)-protein kinaz B (AKT)-mTOR sinyal yolu, çeşitli kanser türlerinde sıklıkla disregülasyon göstermektedir (Thorpe vd., 2015). Bu sinyal yolu, hücre sağkalımı ve tümör progresyonunda kritik roller üstlenmekte; bağışıklık hücresi fonksiyonu regülasyonu, anjiyogenez ve tümör mikroçevresi etkileşimleri aracılığıyla over kanseri gelişimini desteklemektedir (Ediriweera vd., 2019). Fosfoinozotid 3-kinazlar (PI3K'ler), 3 ayrı sınıfa ayrılmış lipid kinazlardır. Sınıf I, sınıf IA PI3K (α , β , δ) ve sınıf IB PI3K'den (γ) oluşmaktadır. Bu lipid kinazlar, G proteinine bağlı reseptörler ve reseptör tirozin kinaz reseptörleri tarafından aktive edilmektedir (Natasha Rinne vd., 2021). Aktivasyonun ardından PI3K, fosfatidilinozitol-4,5-bisfosfatı (PIP2) fosforile ederek ve ikincil haberci fosfatidilinositol (3,4,5)-trisfosfatı (PIP3) oluşturur. PIP3, apoptozun inhibisyonu, protein sentezi ve hücre proliferasyonu ve sağkalımı gibi çeşitli mekanizmalar ile ilişkili AKT'yi aktif hale getirebilmektedir. mTOR, AKT'nin hedeflerinden biri olarak karşımıza çıkmakta, hücre proliferasyonu, metabolizma, otofaji ve anjiyogenez ilişkili süreçlerde rol oynamaktadır (van der Ploeg vd., 2021).

PI3K-AKT-mTOR sinyal yolundaki faktörler, TME'deki bağışıklık hücrelerinin aktivasyonunda, migrasyonunda ve baskılanmasında görev alarak hem adaptif hem de doğuştan gelen bağışıklık yanıtlarının tümöre karşı nasıl bir rol oynayacağını düzenlemektedir. Ayrıca PI3K alfa, vasküler endotelial büyüme faktörü reseptörleri (VEGFR) aracılığıyla anjiyogenez desteklemektedir. Diğer PI3K izoformları, stromal fibroblastlarda ekstraselüler matriksin yeniden düzenlenmesini, tümörü destekleyen sitokinlerin ve matriks metalloproteinazların (MMP) salgılanmasını teşvik ederek tümör gelişimini ve yayılımını teşvik etmektedir (Sun & Meng, 2020). Yumurtalık kanserinde PI3K-AKT-mTOR sinyal yolunun aktivasyonu, agresif fenotipler, kemorezistans ve kötü prognoz ile ilişkilendirilmektedir. Bu durum, PI3K-AKT-mTOR sinyal yolunu yeni tedavilerin geliştirilmesinde önemli bir hedef haline getirmektedir (Huang vd., 2020).

Tedavi yöntemlerinin mevcut sınırlamaları, yeni ilaçların geliştirilmesini ve hali hazırda var olan, farklı hastalıklara yönelik kullanımı onaylı ilaçların over kanseri tedavisine yönelik potansiyelinin değerlendirilmesini önemli kılmaktadır. İlaç yeniden konumlandırma (drug repurposing), daha önce farklı bir hedef hastalık veya sağlık sorununa yönelik geliştirilmiş ve toksisitesi değerlendirilmiş bir ilacın, beklenmedik yan etkileri veya yeni ortaya çıkarılan etkileri sayesinde farklı bir hastalığın tedavisinde kullanılmasını sağlayan bir yöntemdir (Kulkarni vd., 2023). Bu yöntem, diğer ilaç geliştirme stratejilerine kıyasla daha az riskli ve hızlı bir sonuç sağlayabilmektedir (Ashburn & Thor, 2004). Pirfenidon, idiyopatik pulmoner fibrozis tedavisinde kullanılan onaylı bir ilaç olarak karşımıza çıkmakta, TGF- β inhibisyonu, glikolizin ve epitelyal mezenkimal geçişin baskılanması, kaspaz ilişkili apoptozun indüklenmesi ve vasküler endotelial büyüme faktörü sekresyonunun azaltılması gibi özellikler göstermektedir (Burghardt vd., 2007; Cai vd., 2023; Li vd., 2023; Takai vd., 2016; Zhang vd., 2024).

Antikanser etkileriyle öne çıkan doğal bileşikler, son dönemde kanserin önlenmesine ve tedavisine yönelik çalışmalarda dikkat çekici bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu bileşikler; bitkilerden, deniz organizmalarından ve diğer mikroorganizmalardan elde edilmektedir. Bu doğal bileşiklere örnek olarak, anti-inflamatuar, antioksidan ve potansiyel antikanser özellikleri açısından araştırılan kurkumin; kardiyoprotektif ve yaşlanma karşıtı etkileri açısından çalışmalar yürütülen Resveratrol; meme, yumurtalık ve akciğer kanseri dahil olmak üzere çeşitli kanser türlerinde kullanılan bir kemoterapi ilacı olan Paklitaksel verilebilmektedir (Chunarkar-Patil & Kaleem, 2024). Metilhidrokinon, marine kaynaklı doğal bir bileşiktir. Metilhidrokinonun AKT ve Ras-Raf-MEK-ERK sinyali ilişkili antianjiyojenik etkileri bulunmaktadır (García-Caballero vd., 2013). Ayrıca, metilhidrokinonun, MMP ekspresyonunu ve aktivitesini azalttığı da bildirilmiştir (Kim vd., 2015).

İki veya daha fazla terapötik potansiyel taşıyan ajanın, kansere neden olan veya kanser hücrelerini, tümör mikroçevresini destekleyen yolları spesifik olarak hedef alacak şekilde kombinasyonu, kanser tedavisinin temel stratejilerinden biridir. Monoterapi, birçok farklı kanser türü için hala çok yaygın olarak başvuru bir tedavi yöntemi olsa da, kombinasyon tedavilerinde farklı mekanizmalar aynı anda hedeflenebildiğinden önemli bir avantaj sağlamaktadır (Bayat Mokhtari vd., 2017). Bu çalışmada, Pirfenidon ve metilhidrokinonun PI3K-AKT-mTOR sinyal yolağı üzerinde inhibe edici etki göstermesi

hedeflenmiştir. Pirfenidon ve metilhidrokinon ikili kombinasyonunun, sinerjik etkiler gösterebileceği, yumurtalık kanserine yönelik tedavi potansiyeli olabileceği düşünülmüştür.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışmamızda, Pirfenidon ve metilhidrokinonun, PI3K-AKT-mTOR sinyal yolunda yer alan proteinlerle etkileşim potansiyelini değerlendirmek amacıyla moleküler docking analizleri gerçekleştirilmiştir. Her iki ligandın hedef proteinlerle oluşturabileceği kararlı kompleksler ve bu komplekslerin olası bağlanma oryantasyonları incelenmiştir. Docking analizlerinde kullanılan Pirfenidon ve metilhidrokinon ligandlarının üç boyutlu yapılarına Pubchem veritabanı üzerinden erişilmiştir (National Center for Biotechnology, 2025a, 2025b). Ligandların uygun formata (pdbqt) dönüştürülmesi amacıyla OpenBabel 3.1.1 yazılımı kullanılmıştır (O'Boyle vd., 2011). PI3K alfa (ID: 8EXU) (Hanan vd., 2022), AKT1 (ID: 7NH5) (Quambusch vd., 2021) ve mTOR (ID: 4JSV) (Yang vd., 2013) proteinlerine ait üç boyutlu yapılar RCSB Protein Data Bank (PDB) üzerinden alınmıştır. İnhibitör etkilerin hedeflenmesi sebebiyle, grid boyutları proteinlerin aktif bölgelerini içerecek şekilde seçilmiştir. Bu aktif bölgelerin seçim aşamasında, PDB üzerinden erişilen makalelerden, CASTp 3.0 ve PyMol (DeLano Scientific LLC, ABD) programından yararlanılmıştır (Tian vd., 2018). Tüm analizler AutoDock versiyon 4.2.6 (Scripps Research Institute, ABD) ile gerçekleştirilmiştir (Morris vd., 2009). Oluşturulan komplekslerin oryantasyonları BIOVIA Discovery Studio (Dassault Systèmes, ABD) ile görselleştirilmiştir.

3. SONUÇ

Pirfenidon, PI3K alfa, AKT1 ve mTOR kinaz domaini için sırasıyla -6.16, -5.87 ve -6.73 kcal/mol'lük docking skorları ile etkileşimler göstermiştir. Metilhidrokinona ait docking skorları ise, sırasıyla -4.69, -4.21 ve -4.89 şeklinde elde edilmiştir. Oluşturulan ligand-protein komplekslerine, etkileşim kuran rezidüleri ve docking skorlarına Tablo 1'de yer verilmiştir.

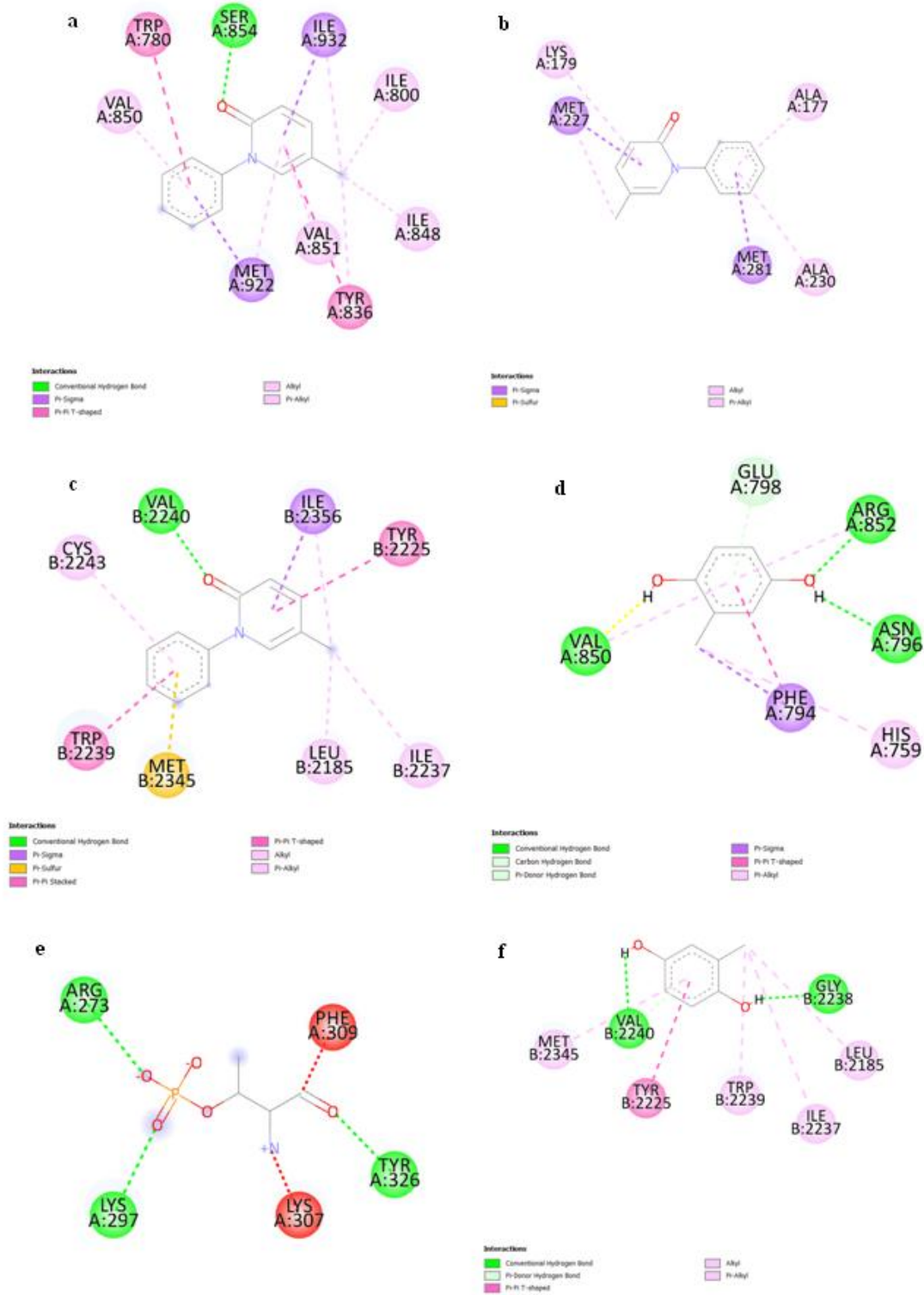
Tablo 1. Oluşturulan kompleksler ve docking skorları

Kompleks	Docking Skoru	Etkileşim Kuran Rezidüler
PI3K alfa ve Pirfenidon	-6.16	TRP A:780, SER A:854, ILE A:932, ILE A:800, VAL A:850, VAL A:851, ILE A:848, MET A:922, TYR A:836.
AKT1 ve Pirfenidon	-5.87	LYS A:179, ALA A:177, MET A:227, MET A:281, ALA A:230
mTOR kinaz domaini ve Pirfenidon	-6.73	TRP B:2239, MET B:2345, VAL B:2240, ILE B:2237, LEU B:2185, TYR B:2225, ILE B:2356, CYS B:2243.
PI3K alfa ve metilhidrokinon	-4.69	GLU A:798, ARG A:852, ASN A:796, VAL A:850, PHE A:794, HIS A:759.
AKT1 ve metilhidrokinon	-4.21	ARG A:273, LYS A:297, LYS A:307, TYR A:326, PHE A:309.

mTOR kinaz domaini ve metilhidrokinon	-4.89	VAL B:2240, GLY B:2238, TYR B:2225, MET B:2345, TRP B:2239, LEU B:2185, ILE B:2237.
---------------------------------------	-------	--

Literatürdeki docking çalışmalarında değerlendirilen skorlar genel olarak, eksi değer arttıkça ligand ve hedef protein arasındaki afinitenin arttığı şeklinde yorumlanmaktadır. -7.0 kcal/mol'den düşük docking skorları orta ve güçlü bağlanmayı gösterirken -9.0 kcal/mol'den de düşük skorlar, ligandın potansiyel inhibitör aktiviteye sahip olabileceğini düşündürmektedir (Xue vd., 2022). Yapılan docking çalışmalarında Pirfenidon PI3K alfa, AKT1 ve mTOR kinaz domainiyle -5 ila -7 aralığında skorlarla orta-yüksek derecede bağlanma göstermiştir. Metilhidrokinon ise -4 ila -5 aralığındaki skorlarla, Pirfenidon'a kıyasla daha düşük bir bağlanma potansiyeli göstermiştir. Metilhidrokinon, özellikle AKT ilişkili antianjiyogenik etkileri bilinen bir bileşik olduğundan bu ortalama skorların da önemli olabileceği düşünülmüştür.

Pirfenidon ve metilhidrokinon ligandları ile PI3K alfa, AKT1 ve mTOR kinaz domaini arasında hidrojen bağlarının, çeşitli alkil ve Pi etkileşimlerinin olduğu görülmüş olup bu etkileşimlere ait görsellere Şekil 1'de yer verilmiştir. Ligandlar ve proteinler arasında oluşan hidrojen bağları, alkil bağları ve Pi etkileşimleri, güçlü ve kararlı bir bağ oluşturarak fonksiyonel bir kompleks meydana getirme potansiyelini belirleyen temel faktörlerdir (Vaidyanathan vd., 2023). Protein-ligand seçiciliği ve bağlanma gücü büyük ölçüde hidrojen bağlarıyla şekillenirken, pi-etkileşimleri oluşan kompleksin stabilitesine katkı sağlamaktadır (Madushanka vd., 2023; Meyer vd., 2003).



Şekil 1. Komplekslere ait potansiyel oryantasyonlar ve bağlar. **(a)** PI3K alfa ve Pirfenidon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar. **(b)** AKT1ve Pirfenidon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar. **(c)** mTOR kinaz domaini ve Pirfenidon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar. **(d)** PI3K alfa ve metilhidrokinon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar. **(e)** AKT1 ve metilhidrokinon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar. **(f)** mTOR kinaz domaini ve metilhidrokinon kompleksine ait potansiyel oryantasyon ve bağlar.

PI3K-AKT-mTOR sinyal yolu, yumurtalık kanseri tedavisinde hedeflenen önemli sinyal yollarından biri olup bu sinyal yolunu inhibe eden ajanların tedaviye yönelik potansiyeli sıklıkla araştırılmaktadır. Bu tür çalışmalarda kullanılan ajanlara, AZD8835 ve AZD5363 gibi PI3K-AKT-mTOR inhibitörleri örnek verilebilmektedir. Bu inhibitörlerin, AKT fosforilasyonunu baskıladığı, tümör büyümesini anlamlı düzeyde azalttığı ve özellikle AZD5363'ün AKT'ye bağlı gen ekspresyonunu düzenleyerek tümöral gelişimi engellediği gösterilmiştir (Wu vd., 2020). Bu bulgular, PI3K-AKT-mTOR yolunu hedefleyen ajanların yumurtalık kanseri tedavisinde etkili birer terapötik seçenek olabileceğini desteklemektedir. Ancak, PI3K-AKT-mTOR inhibitörlerinin hiperglisemi ve deri döküntüsü gibi ciddi yan etkilerle ilişkili olabileceği, bu nedenle klinik uygulamalarda dikkatle değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır (Ghoneum & Said, 2019). PI3K-AKT-mTOR yolağını hedefleyen bazı inhibitörler farklı kanser türlerinde FDA (Food and Drug Administration) onayı almış olsa da, yumurtalık kanserine yönelik klinik kullanım onayı almış bir inhibitör henüz bulunmamaktadır (N. Rinne vd., 2021).

Bu çalışma, Pirfenidon ve metilhidrokinonun, PI3K-AKT-mTOR sinyal yolunu hedef alarak terapötik bir potansiyel gösterebileceğini ve bu iki etken maddenin ikili kombinasyonunun over kanseri tedavisine yönelik etkili olabileceğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, moleküler docking, ilaç geliştirme ve ilaç yeniden konumlandırma süreçlerine yönelik önemli bir ön çalışma oluşturuyor olsa da, bu potansiyel ajanların ve ikili kombinasyonun sinerjistik etkisinin, PI3K-AKT-mTOR ilişkili terapötik potansiyeli, in vitro ve in vivo deneylerle test edilmelidir. İlerleyen çalışmalarda, bu bileşiklerin PI3K-AKT-mTOR sinyal yoluna ilişkin gen ve protein düzeyindeki etkilerinin araştırılması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ashburn, T. T., & Thor, K. B. (2004). Drug repositioning: identifying and developing new uses for existing drugs. *Nat Rev Drug Discov*, 3(8), 673-683. <https://doi.org/10.1038/nrd1468>
- Bayat Mokhtari, R., vd. (2017). Combination therapy in combating cancer. *Oncotarget*, 8(23), 38022-38043. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.16723>
- Burghardt, I., vd. (2007). Pirfenidone inhibits TGF- β expression in malignant glioma cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 354(2), 542-547. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2007.01.012>
- Cai, T., vd. (2023). Pirfenidone inhibits stromal collagen deposition and improves intra-tumoral delivery and antitumor efficacy of Pegylated liposomal doxorubicin. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 157, 114015. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.114015>
- Chunarkar-Patil, P., & Kaleem, M. (2024). Anticancer Drug Discovery Based on Natural Products: From Computational Approaches to Clinical Studies. 12(1). <https://doi.org/10.3390/biomedicines12010201>
- Ediriweera, M. K., vd. (2019). Role of the PI3K/AKT/mTOR signaling pathway in ovarian cancer: Biological and therapeutic significance. *Semin Cancer Biol*, 59, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2019.05.012>
- García-Caballero, M., vd. (2013). Toluquinol, a marine fungus metabolite, is a new angiostatic that interferes the Akt pathway. *Biochemical Pharmacology*, 85(12), 1727-1740. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcp.2013.04.007>
- Ghoneum, A., & Said, N. (2019). PI3K-AKT-mTOR and NF κ B Pathways in Ovarian Cancer: Implications for Targeted Therapeutics. *Cancers*, 11(7), 949.
- Hanan, E. J., vd. (2022). Discovery of GDC-0077 (Inavolisib), a Highly Selective Inhibitor and Degradator of Mutant PI3K α . *Journal of Medicinal Chemistry*, 65(24), 16589-16621. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.2c01422>
- Hinshaw, D. C., & Shevde, L. A. (2019). The Tumor Microenvironment Innately Modulates Cancer Progression. *Cancer Res*, 79(18), 4557-4566. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.can-18-3962>
- Huang, T.-T., vd. (2020). Targeting the PI3K pathway and DNA damage response as a therapeutic strategy in ovarian cancer. *Cancer Treatment Reviews*, 86, 102021. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2020.102021>
- Jayson, G. C., vd. (2014). Ovarian cancer. *The Lancet*, 384(9951), 1376-1388. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62146-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62146-7)

- Junttila, M. R., & de Sauvage, F. J. (2013). Influence of tumour micro-environment heterogeneity on therapeutic response. *Nature*, 501(7467), 346-354. <https://doi.org/10.1038/nature12626>
- Kayl, A. E., & Meyers, C. A. (2006). Side-effects of chemotherapy and quality of life in ovarian and breast cancer patients. *Curr Opin Obstet Gynecol*, 18(1), 24-28. <https://doi.org/10.1097/01.gco.0000192996.20040.24>
- Kim, N.-H., vd. (2015). Toluhydroquinone, the secondary metabolite of marine algae symbiotic microorganism, inhibits angiogenesis in HUVECs. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 70, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2015.01.004>
- Konstantinopoulos, P. A., & Matulonis, U. A. (2023). Clinical and translational advances in ovarian cancer therapy. *Nature Cancer*, 4(9), 1239-1257. <https://doi.org/10.1038/s43018-023-00617-9>
- Kotnik, E. N., vd. (2023). Genetic characterization of primary and metastatic high-grade serous ovarian cancer tumors reveals distinct features associated with survival. *Communications Biology*, 6(1), 688. <https://doi.org/10.1038/s42003-023-05026-3>
- Kulkarni, V. S., vd. (2023). Drug Repurposing: An Effective Tool in Modern Drug Discovery. *Russ J Bioorg Chem*, 49(2), 157-166. <https://doi.org/10.1134/s1068162023020139>
- Li, H., vd. (2023). Pirfenidone Attenuates the EMT Process and the Secretion of VEGF in TGF- β 2-Induced ARPE-19 Cells via Inhibiting the Activation of the NF- κ B/Snail Signaling Pathway. *Journal of Ophthalmology*, 2023(1), 4798071. <https://doi.org/10.1155/2023/4798071>
- Madushanka, A., vd. (2023). Quantum Mechanical Assessment of Protein–Ligand Hydrogen Bond Strength Patterns: Insights from Semiempirical Tight-Binding and Local Vibrational Mode Theory. *Int J Mol Sci*, 24(7), 6311.
- Meyer, E. A., vd. (2003). Interactions with Aromatic Rings in Chemical and Biological Recognition. *Angewandte Chemie International Edition*, 42(11), 1210-1250. <https://doi.org/10.1002/anie.200390319>
- Morris, G. M., vd. (2009). AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *J Comput Chem*, 30(16), 2785-2791. <https://doi.org/10.1002/jcc.21256>
- National Center for Biotechnology, I. (2025a). *PubChem Compound Summary for CID 7253, Methylhydroquinone*. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2-Methyl-1_4-hydroquinone
- National Center for Biotechnology, I. (2025b, 2025/05/24). *PubChem Compound Summary for CID 40632, Pirfenidone*. National Center for Biotechnology Information. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pirfenidone>
- O'Boyle, N. M., vd. (2011). Open Babel: An open chemical toolbox. *Journal of Cheminformatics*, 3(1), 33. <https://doi.org/10.1186/1758-2946-3-33>
- Ortiz, M., vd. (2022). Mechanisms of chemotherapy resistance in ovarian cancer. *Cancer Drug Resist*, 5(2), 304-316. <https://doi.org/10.20517/cdr.2021.147>
- Quambusch, L., vd. (2021). Cellular model system to dissect the isoform-selectivity of Akt inhibitors. *Nature Communications*, 12(1), 5297. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25512-8>
- Rinne, N., vd. (2021). Targeting the PI3K/AKT/mTOR pathway in epithelial ovarian cancer, therapeutic treatment options for platinum-resistant ovarian cancer. *Cancer Drug Resistance*, 4(3), 573-595.
- Rinne, N., vd. (2021). Targeting the PI3K/AKT/mTOR pathway in epithelial ovarian cancer, therapeutic treatment options for platinum-resistant ovarian cancer. *Cancer Drug Resist*, 4(3), 573-595. <https://doi.org/10.20517/cdr.2021.05>
- Sun, P., & Meng, L.-h. (2020). Emerging roles of class I PI3K inhibitors in modulating tumor microenvironment and immunity. *Acta Pharmacologica Sinica*, 41(11), 1395-1402. <https://doi.org/10.1038/s41401-020-00500-8>
- Takai, K., vd. (2016). Targeting the cancer-associated fibroblasts as a treatment in triple-negative breast cancer. *Oncotarget*, 7(50), 82889-82901. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.12658>
- Thorpe, L. M., vd. (2015). PI3K in cancer: divergent roles of isoforms, modes of activation and therapeutic targeting. *Nature Reviews Cancer*, 15(1), 7-24. <https://doi.org/10.1038/nrc3860>
- Tian, W., vd. (2018). CASTp 3.0: computed atlas of surface topography of proteins. *Nucleic Acids Research*, 46(W1), W363-W367. <https://doi.org/10.1093/nar/gky473>
- Vaidyanathan, R., vd. (2023). Molecular docking approach on the binding stability of derivatives of phenolic acids (DPAs) with Human Serum Albumin (HSA): Hydrogen-bonding versus

- hydrophobic interactions or combined influences? *JCIS Open*, 12, 100096.
<https://doi.org/10.1016/j.jciso.2023.100096>
- van der Ploeg, P., vd. (2021). The effectiveness of monotherapy with PI3K/AKT/mTOR pathway inhibitors in ovarian cancer: A meta-analysis. *Gynecologic Oncology*, 163(2), 433-444.
<https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2021.07.008>
- Wu, Y.-H., vd. (2020). Comparing PI3K/Akt Inhibitors Used in Ovarian Cancer Treatment [Original Research]. *Frontiers in Pharmacology*, Volume 11 - 2020.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00206>
- Xue, Q., vd. (2022). Evaluation of the binding performance of flavonoids to estrogen receptor alpha by Autodock, Autodock Vina and Surflex-Dock. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 233, 113323. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113323>
- Yang, H., vd. (2013). mTOR kinase structure, mechanism and regulation. *Nature*, 497(7448), 217-223.
<https://doi.org/10.1038/nature12122>
- Zhang, S., vd. (2024). Pirfenidone inhibits TGF- β 1-induced metabolic reprogramming during epithelial-mesenchymal transition in non-small cell lung cancer. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 28(3), e18059. <https://doi.org/10.1111/jcmm.18059>

İNCİR (FICUS CARICA L.) LATEKSİNİN TÜR SEÇİMİ, TOPLAMA VE SAFLAŞTIRMA YAKLAŞIMI

Nisanur ALLAHVERDİ

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
nisanur.allahverdi@std.yildiz.edu.tr, ORCID: 0009-0000-2332-7768

Burcu TÜRKOĞLU

Araş.Gör.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve
Genetik Bölümü, btuncer@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2939-3966

Banu MANSUROĞLU

Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik
Bölümü, bmansur@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8440-9118

Özet

Servikal kanser, dünya genelinde kadınlarda en sık görülen kanser türlerinden biri olup, vakaların büyük çoğunluğu yüksek riskli insan papilloma virüsü (HPV) enfeksiyonları ile ilişkilidir. Konvansiyonel tedavi yaklaşımlarına ek olarak, doğal kaynaklı biyoaktif bileşikler içeren alternatif tedavi seçeneklerinin araştırılması gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, incir (*Ficus carica* L.) bitkisinden elde edilen lateks, içerdiği fikain, kuersetin, gallik asit, psoralen gibi fitokimyasallar sayesinde potansiyel bir anti-kanser ajan olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada, Anatolian sınıfına özgü bir tür olması sebebiyle ‘Beyaz Orak’ incir türü tercih edilmiştir. Bu türe ait olgunlaşmamış incir meyvelerinden, haziran ayında ve sabah erken saatlerde lateks toplanmış, biyolojik aktivitenin korunması amacıyla düşük sıcaklıkta dondurularak saklanmıştır. Karakterizasyon çalışmasıyla farklı lateks hazırlama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Liyofilize edilmiş toz formda lateks çeşitli organik solventlerde çözündürülmüş ancak homojen bir çözelti elde edilememiştir. Kullanılan çözücülerin yüzdesini arttırma hücre kültürlerinde toksisite yaratma potansiyeli nedeniyle uygun bulunmamıştır. Sıvı formdaki lateks; etanol, metanol, aseton solventler ve hücre kültürü besiyeri ortamında çözündürülmüş; çözünürlük ve biyolojik uyumluluk açısından besiyeri içerisinde çözündürülmüş formda kullanımı uygun görülmüştür. Lateks uzaklaştırma aşaması ve sterilizasyon aşamasında sıvı formdaki ‘Beyaz orak’ inciri (*Ficus carica* L.) lateksinin 10 dakika 13000 rpm +4 derece santrifüj işlemi ile katı fazı ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Sıvı incir sütü fazı tam besiyeri ile 1/2500 oranında seyreltilerek 0.22 membran filtreden geçirilerek sterilize edilmiştir. Çalışma sonucunda steril ve homojen bir lateks çözelti elde edilmiştir. Bu çalışma, bitkisel temelli doğal ürün Lateksin anti-kanser potansiyelini değerlendirmek amacıyla uygun tür seçimi ve hücre kültürü çalışmaları için hazırlanmasını kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Ficus carica*, incir lateksi, HeLa hücre hattı, servikal kanser, fitokimyasallar, anti-kanser ajan

APPROACH TO SPECIES SELECTION, COLLECTION, AND PURIFICATION OF FIG (FICUS CARICA L.) LATEX

Abstract

Cervical cancer is one of the most common types of cancer among women worldwide, with the majority of cases strongly associated with high-risk human papillomavirus (HPV) infections. In addition to conventional treatment approaches, the investigation of alternative therapies containing bioactive compounds of natural origin is gaining increasing attention. In this context, latex derived from the fig plant (*Ficus carica* L.) is considered a potential anti-cancer agent due to its phytochemical constituents such as ficin, quercetin, gallic acid, and psoralen. In this study, the ‘Beyaz Orak’ fig variety, specific to the Anatolian region, was selected. Latex was collected from unripe fruits of this variety during the early

morning hours of June and stored at low temperatures to preserve its biological activity. Different latex preparation methods were compared for characterization purposes. Although lyophilized latex powder was dissolved in various organic solvents, a homogeneous solution could not be achieved. Increasing the concentration of these solvents was deemed unsuitable due to their potential cytotoxicity in cell culture applications. Liquid latex was dissolved in ethanol, methanol, acetone, and culture medium; among these, the medium-based solution was found to be the most suitable in terms of solubility and biological compatibility. In the removal and sterilization steps, the liquid latex obtained from 'Beyaz Orak' figs was centrifuged at 13,000 rpm for 10 minutes at +4°C to separate the solid phase. The remaining liquid phase, referred to as fig latex milk, was diluted 1:2500 with complete culture medium and sterilized by filtration through a 0.22 µm membrane filter. As a result, a sterile and homogeneous latex solution was successfully obtained. This study outlines the selection of an appropriate fig variety and the preparation of plant-based natural latex for the evaluation of its anti-cancer potential in cell culture applications.

Keywords: *Ficus carica*, fig latex, HeLa cell line, cervical cancer, phytochemicals, anticancer agent

1. GİRİŞ

Rahim ağzı kanseri (servikal kanser), dünya genelinde kadınlarda en sık görülen ikinci kanser türüdür ve başta yüksek riskli insan papilloma virüsü (HPV) tipleri olmak üzere viral enfeksiyonlarla doğrudan ilişkilidir. HPV'nin özellikle 16 ve 18 numaralı tipleri, servikal kanser vakalarının yaklaşık %70'inden sorumludur (Stelzle et al., 2021). Geleneksel tedavi yaklaşımları arasında cerrahi girişimler, kemoterapi ve radyoterapi yer almaktadır. Ancak bu yöntemler, hem etkinlik hem de yan etki profili açısından sınırlılıklar içermektedir. Bu nedenle, son yıllarda bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşenlerin kullanıldığı alternatif ve tamamlayıcı tedavi yaklaşımları ön plana çıkmıştır (Wright & Kuhn, 2012). Bu kapsamda, *Ficus carica* (incir) bitkisi, içerdiği zengin fitokimyasal bileşenler nedeniyle dikkat çeken geleneksel bir tıbbi bitkidir. Özellikle bitkinin sütümsü salgısı olan lateks, çeşitli biyoaktif maddeler içermekte olup, bunlar arasında proteolitik enzimler (fikain, kimopapain), flavonoidler (kuersetin, rutin), polifenoller (gallik asit, ferulik asit) ve alkaloidler (psoralen, bergapten) bulunmaktadır (Al-Snafi, 2017). Bu bileşenlerin; antioksidan, anti-inflamatuar ve anti-kanser etkiler taşıdığı birçok çalışmada ortaya konmuştur.

Son yıllarda yapılan bazı in vitro çalışmalarda, farklı incir türlerinin *Ficus carica* lateksinin HPV pozitif servikal kanser hücre hatları (özellikle HeLa) üzerinde hücre büyümesini baskıladığı, hücre döngüsünü durdurduğu ve apoptoz (programlanmış hücre ölümü) sürecini tetiklediği gösterilmiştir (Ben Temessek et al., 2023). Bu bulgular, incir lateksinin servikal kanser tedavisinde potansiyel bir doğal ajan olarak değerlendirilmesini gündeme getirmiştir.

Bu çalışmada, HeLa hücre hattı üzerinde kullanılmak üzere beyaz orak türü *Ficus carica* meyvelerinden elde edilen lateksin, optimum biyolojik aktivite sağlayacak şekilde toplanması ve laboratuvar testlerinde kullanılmak üzere uygun forma getirilmesi hedeflenmiştir. Lateksin işlenmesi sürecinde farklı çözündürme ve hazırlama yöntemleri değerlendirilmiş, elde edilen formlar üzerinde çözünürlük, homojenlik ve toksisite analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, *Ficus carica* bitkisinden elde edilen lateksin servikal kanser hücre hattı üzerinde test edilmesi ve bitkisel temelli yeni terapötik yaklaşımlar için bilimsel bir temel oluşturmak amaçlanmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

2.1. Tür Seçimi

Ficus carica'nın farklı türleri biyokimyasal içerik açısından değişiklik göstermektedir (Mohammad & Alzweiri, 2022). Yapılan çalışmalar, beyaz orak türü incirin lateksinde yüksek oranda proteolitik enzimler (fikain, kimopapain), flavonoidler, fenolik bileşikler ve alkaloidler bulunduğunu

göstermektedir. Bu bileşenler, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-kanser özellikler sergileyerek hücre döngüsünü durdurma, apoptotik mekanizmaları tetikleme ve DNA hasarına yol açan süreçleri modüle etme potansiyeline sahiptir (Castelli & Lopez, 2022).

Anadolu'ya özgü bir tür olması ve yapılan fenolik bileşik analizlerinde toplam fenolik madde bakımından yüksek bir içeriğe sahip olması nedeniyle, çalışmada 'Beyaz Orak' incir varyetesi tercih edilmiştir.



Şekil 1. Beyaz Orak incir ağacı

2.2. Lateksin İçeriği

Ficus carica lateksi, içeriğinde çeşitli biyoaktif bileşenler barındıran bir doğal üründür. Özellikle proteolitik enzimler, polifenoller, flavonoidler, alkaloidler ve polisakkaritler, lateksin biyolojik aktivitesine katkı sağlayan ana bileşenlerdir. Lateksin en önemli enzimatik bileşenleri arasında fikain, kimopapain ve serin proteazlar bulunur (Castelli & Lopez, 2022). Bu enzimler, proteinleri parçalama yeteneğine sahip olup, kanser hücreleri üzerinde sitotoksik etkiler gösterebilmektedir (Ghanbari et al., 2019).

Lateks aynı zamanda, gallik asit, kafeik asit ve ferulik asit gibi polifenoller açısından da zengin bir yapıya sahiptir. Polifenoller, güçlü antioksidan özellikler sergileyerek hücresel oksidatif stresi azaltmakta ve kanser hücrelerinin büyümesini baskılayabilmektedir (Khodarahmi et al., 2011). Bunun yanı sıra, kuersetin, rutin ve kateşin gibi flavonoidler, serbest radikallere karşı koruyucu etkileriyle bilinir ve kanser hücrelerinde apoptotik süreçleri destekleyerek hücre ölümünü teşvik edebilir (Saeed & Sabir, 2002).

Lateks içeriğinde bulunan psoralen ve bergapten gibi alkaloidler, DNA sentezini etkileyerek kanser hücrelerinin bölünmesini engelleyebilir (Cakir, Bilge, Ghanbari, et al., 2023). Ayrıca, arabinogalaktan ve pektinler gibi sakız ve polisakkarit bileşenleri, hücresel immün yanıtı düzenleme ve anti-inflamatuar etkiler gösterme potansiyeline sahiptir (Mohammad & Alzweiri, 2022). Bu bileşenlerin anti-kanser etkileri üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, özellikle fikain ve kuersetin gibi bileşenlerin hücre proliferasyonunu inhibe ettiğini, oksidatif stres seviyelerini artırarak apoptotik mekanizmaları tetiklediğini göstermektedir (Bo Su et al., 2017). Lateksin sahip olduğu bu biyoaktif içerik, kanser hücreleri üzerinde sitotoksik ve anti-proliferatif etkiler yaratma potansiyelini ortaya koymaktadır (Azami et al., 2021).

2.3. Lateksin Toplanması

Çalışmamızda kullanılan beyaz orak türü *Ficus carica* lateksi, haziran ayında, Aydın ilinde doğal ortamında yetişen ağaçlardaki olgunlaşmamış (ham) incir meyvelerinden damla damla toplanmıştır.

Haziran ayı, incir meyvesinin olgunlaşma sürecinin başlangıcıdır. Bu dönemde meyveler henüz tam olgunlaşmamış olup, lateksin bileşenleri daha konsantre ve aktif haldedir. Ayrıca, haziran ayında çevresel koşullar (örneğin, sıcaklık ve nem) lateksin kalitesini korumak için daha elverişlidir. Bu nedenle, lateksin biyolojik aktivitesini maksimize etmek ve istenmeyen mikrobiyal kontaminasyonu minimize etmek için haziran ayında toplama tercih edilmiştir (Ben Temessek et al., 2023).

Toplama işlemi, sabah 08:00-10:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ham meyveden akan lateks, steril cam tüplerde dikkatlice biriktirilmiştir (Şekil 2). Sabahın erken saatlerinde incir sütü toplamak, lateksin enzimatik aktivitesi ve biyoaktif bileşenleri maksimum seviyede olması açısından önemlidir. Bu saat aralığında bitki metabolizması daha aktiftir ve yüksek sıcaklık ve UV ışınları gibi çevresel stres faktörleri minimal düzeydedir. Bu durum, lateksin içerisindeki proteolitik enzimlerin (örneğin, fikain) ve diğer biyoaktif bileşenlerin stabilitesini korumasına yardımcı olur (Kıralan et al., 2023).

Toplanan lateks biyolojik aktivitenin korunması amacıyla buz banyosunda saklanmış ve hızla -20°C 'ye alınarak dondurulmuştur.



Şekil 2. Beyaz Orak incir lateksinin damla damla toplanması

2.4. Lateks Hazırlama Yöntemleri

Ficus carica lateksi ile yapılan bilimsel çalışmalarda, lateksin saklanması ve işlenmesi için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden biri, taze lateksin doğrudan kullanımudur. Ancak, lateks içeriğinde bulunan biyoaktif bileşenler oksidasyona oldukça duyarlıdır ve çevresel faktörlere bağlı olarak hızla bozunabilir. Bu nedenle, taze lateksin doğru koşullarda saklanması, çalışma yapılacağı zaman hızlı davranılması önemlidir (Al-Snafi, 2017).

Bir diğer yöntem ise, solvent ekstraksiyonu ile lateksin içeriğinde bulunan aktif bileşenlerin çözücü yardımıyla ekstrakte edilmesidir. Bu yöntem, belirli bileşenlerin konsantre edilmesine ve saflaştırılmasına olanak tanırken, kullanılan organik çözücüler hücresel toksisite oluşturabileceğinden biyolojik deneylerde bazı kısıtlamalara neden olabilmektedir (Castelli & Lopez, 2022).

Lateksin saklanması için bir diğer yöntem ise dondurarak kurutma (liyofilizasyon) tekniğidir. Bu yöntemde, lateks içeriğindeki su düşük sıcaklıkta dondurularak uzaklaştırılır ve böylece biyoaktif bileşenlerin uzun süre stabil kalması sağlanır. Ancak liyofilize edilmiş lateks katı formda elde edildiğinden, deneylerde dozaj standardizasyonu güçleşir; uzaklaştırılan kısımda lateks içeriğini zenginleştiren maddelerden kayıp meydana gelebilir (Elshaafi et al., 2020).

Bir diğer alternatif yöntem ise spray drying (püskürterek kurutma) yöntemidir. Bu teknikte, lateks yüksek sıcaklıkta püskürtülerek kurutulur ve toz formuna getirilir. Ancak, yüksek sıcaklık maruziyeti nedeniyle lateks içeriğindeki bazı biyoaktif bileşenlerin zarar görebileceği bilinmektedir. Bu durum, özellikle ısıya duyarlı enzimler ve flavonoidler açısından kayıplara yol açabilir (Rebai et al., 2023).

Güncel laboratuvar protokollerinde sıvı formdaki lateksin kullanımına yönelik öne çıkan yöntemlerden biri, santrifügasyon ile hücresel artıkların uzaklaştırılmasını takiben membran filtrasyonu yoluyla sterilizasyonun sağlanmasıdır. Bu süreç sonucunda elde edilen yarı saydam süspansiyon, partikül içermemesi ve mikrobiyal kontaminasyon riskini minimize etmesi açısından deneysel uygulamalarda önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca, çözücü olarak doğrudan hücre kültürü ortamlarının tercih edilmesi, ek kimyasal çözücü kullanımına gerek bırakmaksızın biyolojik sistemlerle yüksek düzeyde uyumlu bir uygulama olanağı sağlamaktadır (Cakir, Bilge, Naughton, et al., 2023).

2.5. Çalışmada Tercih Edilen Yöntem

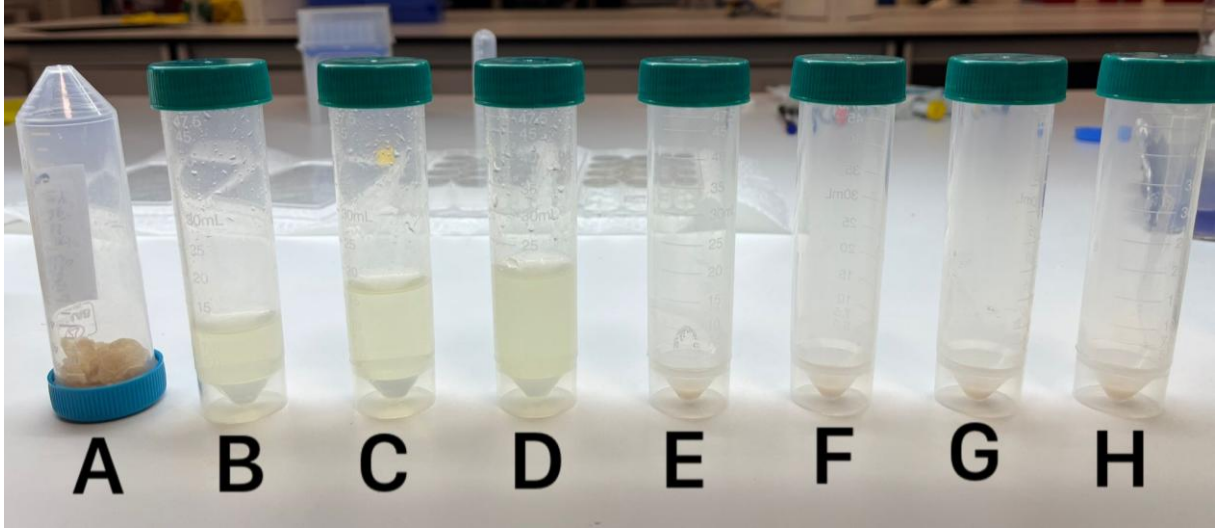
Çalışmada, lateks kullanımı için karşılaştırılacak yöntemlerden liyofilizasyon yöntemiyle kurutulmuş *Ficus carica* lateksi kullanılmıştır. Liyofilizasyon işlemi şu şekilde gerçekleştirilmiştir (Elshaafi et al., 2020):

1. **Ön Dondurma:** -80°C'de 24 saat bekletilerek lateks içindeki serbest suyun donması sağlanmıştır.
2. **Vakum Kurutma:** Liyofilizatör cihazında düşük basınç altında suyun süblimleşmesi sağlanmış ve kuru lateks tozu elde edilmiştir.
3. **Saklama:** Liyofilize edilmiş lateks, hava geçirmez kaplarda -20°C'de muhafaza edilmiştir

Liyofilize formdaki lateks, çeşitli organik solventlerde çözündürülerek hücre kültürüne uygun bir preparat elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla etil alkol, metil alkol ve aseton çözücüleri kullanılmıştır (Şekil 3). Ancak yapılan işlemlerde, lateksin yapısal özelliklerinden dolayı çözeltide homojen bir dağılım sağlanamamış ve çözücü içinde topaklanma veya çökme gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu solventlerin hücre kültürü deneylerinde kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek sitotoksik etkiler de göz önüne alındığında, biyolojik analizlerde kullanıma uygun bir yöntem olarak değerlendirilmemiştir.

Bunun üzerine, ikinci bir yaklaşım olarak doğrudan sıvı lateksin çözündürülmesi yöntemi test edilmiştir. Bu yöntemde sırasıyla etanol, metanol, aseton ve son olarak sadece hücre kültürü besiyeri (örn. DMEM, RPMI vb.) kullanılmıştır. Organik çözücülerle yapılan çözündürme işlemlerinde belirli ölçüde homojenlik sağlansa da, yine toksisite endişesi nedeniyle tercih edilmemiştir. Buna karşın, besiyerinde çözündürülen sıvı lateks, çözeltide tam homojenlik göstermiş ve hücre sağlığını olumsuz etkileyecek toksik bir etki oluşturmamıştır.

Bu nedenle çalışmada, sadece besiyerinde çözündürülmüş sıvı lateks formunun kullanılmasına karar verilmiştir. Sıvı haldeki lateksin hücresel kalıntılardan arındırılması amacıyla santrifügasyon uygulanmış, ardından membran filtrasyon yöntemiyle sterilizasyon sağlanmıştır. Partikül içermeyen ve mikrobiyal kontaminasyon riski minimize edilen bu süspansiyon, çözücü olarak doğrudan hücre kültürü ortamında çözündürülerek biyoyouyumlulu bir şekilde çalışmada kullanılmıştır.



Şekil 3. Lateks kullanım yöntemleri. **A.** Liyofilize incir lateksi, **B.** Liyofilize incir lateksi + etanol, **C.** Liyofilize incir lateksi + metanol **D.** Liyofilize incir lateksi + aseton; **E.** İncir lateksi + etanol, **F.** İncir lateksi + metanol, **G.** İncir lateksi + aseton, **H.** İncir lateksi + hücre besiyeri.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, *Ficus carica* bitkisinin beyaz orak türünden elde edilen lateksin rahim ağzı kanseri hücreleri üzerinde değerlendirilmek üzere uygun formda hazırlanması hedeflenmiştir. Lateksin anti-kanser potansiyelini test etmek için öncelikle optimum toplama zamanı ve yöntemi belirlenmiştir. Bu kapsamda, lateksin biyoaktif bileşenlerini maksimum düzeyde içermesi amacıyla, haziran ayında Aydın ilinde yetişen olgunlaşmamış meyvelerden, sabah erken saatlerde damla damla toplanması sağlanmıştır.

Çalışmada biyolojik aktivitenin korunması ve uzun süreli saklama avantajı nedeniyle liyofilizasyon (dondurarak kurutma) yöntemi kullanılmıştır. Liyofilize formda lateksin; etanol, metanol ve aseton solventlerde çözündürülmesinde istenilen homojenlik elde edilememiştir. Ayrıca kullanılan solventlerin hücre kültürü çalışmalarında toksik olmayan doz aralığı %1 kabul edildiği için bu yöntemin kullanımı hücre kültürü çalışmalarında uygun bulunmamıştır.

Çalışmada kullanılan diğer bir yöntem sıvı lateksin doğrudan çözündürülmesi hedeflenmiş ve farklı çözücüler denenmiştir. Etanol, metanol ve aseton ile yapılan çözündürme işlemlerinde homojenlik sağlanmasına rağmen, bu çözücülerin potansiyel toksik etkileri nedeniyle tercih edilmemiştir. Besiyeri (örneğin DMEM) içinde çözündürülmüş sıvı lateks, hem çözünürlük hem de hücre kültürleriyle uyumluluk açısından en başarılı sonuçları vermiştir. Bu form, homojen yapıda elde edilmiş ve hücrelerle doğrudan temas edebilecek güvenli bir preparat haline getirilmiştir.

Sıvı formdaki lateks önce santrifügasyonla hücre kalıntılardan arındırılmış, ardından membran filtrasyon ile sterilize edilmiştir. Elde edilen partikülsüz ve mikrobiyal kontaminasyon riski azaltılmış süspansiyon, çözücü olarak doğrudan hücre kültürü ortamında çözündürülerek biyoyoumlu biçimde kullanılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma, *Ficus carica* lateksinin uygun koşullar altında toplanması, farklı yöntemlerle hazırlanması, santrifüj ile çöktürme yöntemi ve filtrasyon işlemi sonrası ayrıştırılmış incir sütünün çözündürülmüş sıvı formda, hücre kültürlerine uygun şekilde hazırlanmasının, deneysel sistemlerde kullanımı için güvenli, etkili ve pratik bir yol sunduğunu ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, bitkisel kaynaklı anti-kanser ajanların araştırılmasında önemli bir yöntemsel katkı sunmakta ve ileride yapılacak biyolojik değerlendirmeler için sağlam bir zemin oluşturmaktadır.

Elde edilen bu sonuçlar, *Ficus carica* lateksinin uygun çözdürme yöntemleri ile çalışmaya hazırlanmasının deneysel başarının temelini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Gelecek aşamada, bu hazırlanan lateks formunun HeLa hücre hattı üzerindeki sitotoksik etkileri, hücre döngüsü üzerindeki etkisi ve olası apoptotik yanıtlar detaylı şekilde değerlendirilecektir. Aynı farklı konsantrasyonlarla doz-cevap ilişkilerinin incelenmesi de planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Al-Snafi, A. (2017). Pharmacology of *Ficus religiosa*-A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 7, 61–71. <https://doi.org/10.9790/3013-0703014960>
- Azami, H., malek-hosseini, S., Taghi, M., Zareinejad, M., & Amirghofran, Z. (2021). Antitumor Activity and Immunomodulatory Effects of *Ficus carica* Latex. *Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences*, 28. <https://doi.org/10.18502/ssu.v28i12.5776>
- Ben Temessek, M., Talbi, W., Chrifa, H., & Fattouch, S. (2023). Fig (*Ficus carica* L.) Production and Yield. In M. F. Ramadan (Ed.), *Fig (Ficus carica): Production, Processing, and Properties* (pp. 259–282). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16493-4_11
- Bo Su, S., Seul Ah, L., Sung Min, M., Seul Hee, H., Eun Ju, H., Su-Gwan, K., Do Kyung, K., Jin-Soo, K., Bo-Ram, P., & Chun Sung, K. (2017). Latex of *Ficus carica* L. Induces Apoptosis Through Caspase and Bcl-2 Family in FaDu Human Hypopharynx Squamous Carcinoma Cells. *International Journal of Oral Biology*, 42(4), 183–190.
- Cakir, M. O., Bilge, U., Ghanbari, A., & Ashrafi, G. H. (2023). Regulatory Effect of *Ficus carica* Latex on Cell Cycle Progression in Human Papillomavirus-Positive Cervical Cancer Cell Lines: Insights from Gene Expression Analysis. *Pharmaceuticals (Basel)*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ph16121723>
- Cakir, M. O., Bilge, U., Naughton, D., & Ashrafi, G. H. (2023). *Ficus carica* Latex Modulates Immunity-Linked Gene Expression in Human Papillomavirus Positive Cervical Cancer Cell Lines: Evidence from RNA Seq Transcriptome Analysis. *Int J Mol Sci*, 24(17). <https://doi.org/10.3390/ijms241713646>
- Castelli, M., & Lopez, S. (2022). Chemistry, Biological Activities, and Uses of *Ficus carica* Latex. In (pp. 1–23). https://doi.org/10.1007/978-3-030-76523-1_34-1
- Elshaafi, I., Musa, K. H., & Abdullah Sani, N. (2020). Effect of oven and freeze drying on antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of fig (*Ficus carica* L.) leaves. 4, 2114–2121.
- Ghanbari, A., Le Gresley, A., Naughton, D., Kuhnert, N., Sirbu, D., & Ashrafi, G. H. (2019). Biological activities of *Ficus carica* latex for potential therapeutics in Human Papillomavirus (HPV) related cervical cancers. *Sci Rep*, 9(1), 1013. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37665-6>
- Khodarahmi, G. A., Ghasemi, N., Hassanzadeh, F., & Safaie, M. (2011). Cytotoxic Effects of Different Extracts and Latex of *Ficus carica* L. on HeLa cell Line. *Iran J Pharm Res*, 10(2), 273–277.
- Kiralan, M., Ketenoglu, O., Kiralan, S., & Yılmaz, F. (2023). Composition and Functional Properties of Fig (*Ficus carica*) Phenolics. In (pp. 369–394). https://doi.org/10.1007/978-3-031-16493-4_17
- Mohammad, H., & Alzweiri, M. (2022). Phytochemistry and pharmacological activities of *Ficus carica* latex: a systematic review. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences*, 31, 81–96. <https://doi.org/10.5246/jcps.2022.02.007>
- Rebai, O., Ghaffari, O., & Fattouch, S. (2023). Fig (*Ficus carica*) Drying Technologies. In M. F. Ramadan (Ed.), *Fig (Ficus carica): Production, Processing, and Properties* (pp. 665–688). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16493-4_29
- Saeed, M. A., & Sabir, A. W. (2002). Irritant potential of triterpenoids from *Ficus carica* leaves. *Fitoterapia*, 73(5), 417–420. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00127-2](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00127-2)
- Stelzle, D., Tanaka, L. F., Lee, K. K., Ibrahim Khalil, A., Baussano, I., Shah, A. S. V., McAllister, D. A., Gottlieb, S. L., Klug, S. J., Winkler, A. S., Bray, F., Baggaley, R., Clifford, G. M., Broutet, N., & Dalal, S. (2021). Estimates of the global burden of cervical cancer associated with HIV. *The Lancet Global Health*, 9(2), e161–e169. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30459-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30459-9)
- Wright, T. C., Jr., & Kuhn, L. (2012). Alternative approaches to cervical cancer screening for developing countries. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*, 26(2), 197–208. <https://doi.org/10.1016/j.bpobgyn.2011.11.004>

TÜKETİCİ PERSPEKTİFİNDEN TÜRKİYE'DE ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE ŞARJ İSTASYONLARININ YETERLİLİĞİ: ALGI VE GERÇEKLİK

Kübra Sümeyye Aldemir

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği
ksaldemir@hotmail.com, ORCID: 0009-0009-5549-868X

Özet

Günlük yaşamın ayrılmaz bir parçası haline gelen taşıtlar, tarih boyunca birden fazla değişimlere uğramış ve 20.yüzyıl sonu ve şu anki yüzyılda elektrikli motor tipi araçlar ön plana çıkmıştır. Ancak önceki araştırmalardan elde edilen bilgilere göre EA (elektrikli araç) hala sıcak bakılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada ise Türkiye’de elektrikli araçlar ve şarj istasyonlarının tüketici gözünden algılarını değerlendirip gerçeklikle karşılaştırma yapmayı amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında 424 katılımcıya çeşitli sosyal medya mecraları aracılığıyla ulaşılarak Google Form üzerinden anket uygulanmıştır. Bu ankete katılan katılımcıların cevapları değerlendirilerek 372 katılımcının cevapları SPSS Statistics programına yüklenerek analiz çalışmasına katılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayımlanan gerçek verilerle karşılaştırma yapılarak, elektrikli araç sayısının diğer motor tipli araçlara kıyasla neden daha düşük seviyelerde kaldığı, tüketici algısı bağlamında açıklanmaya çalışılmıştır

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Şarj İstasyonları, EPDK, SPSS, Tüketici Algısı, Satın Alma Niyeti

THE ADEQUACY OF ELECTRIC VEHICLES AND CHARGING STATIONS IN TURKEY FROM THE CONSUMER PERSPECTIVE: PERCEPTION AND REALITY

Abstract

Vehicles, which have become an inseparable part of daily life, have undergone multiple changes throughout history and electric motor type vehicles have come to the forefront at the end of the 20th century and in the current century. However, according to information obtained from previous studies, it has been seen that EV (electric vehicle) is still not looked upon favorably. This study aims to evaluate the perceptions of electric vehicles and charging stations in Turkey from the perspective of consumers and to compare them with reality. Within the scope of the study, 424 participants were reached through various social media channels and a survey was conducted via Google Form. The answers of the participants who participated in this survey were evaluated and the answers of 372 participants were uploaded to the SPSS Statistics program and included in the analysis study. In line with the findings obtained, a comparison was made with the real data published by the Energy Market Regulatory Authority (EPDK) and an attempt was made to explain why the number of electric vehicles remains at lower levels compared to other motor type vehicles in the context of consumer perception.

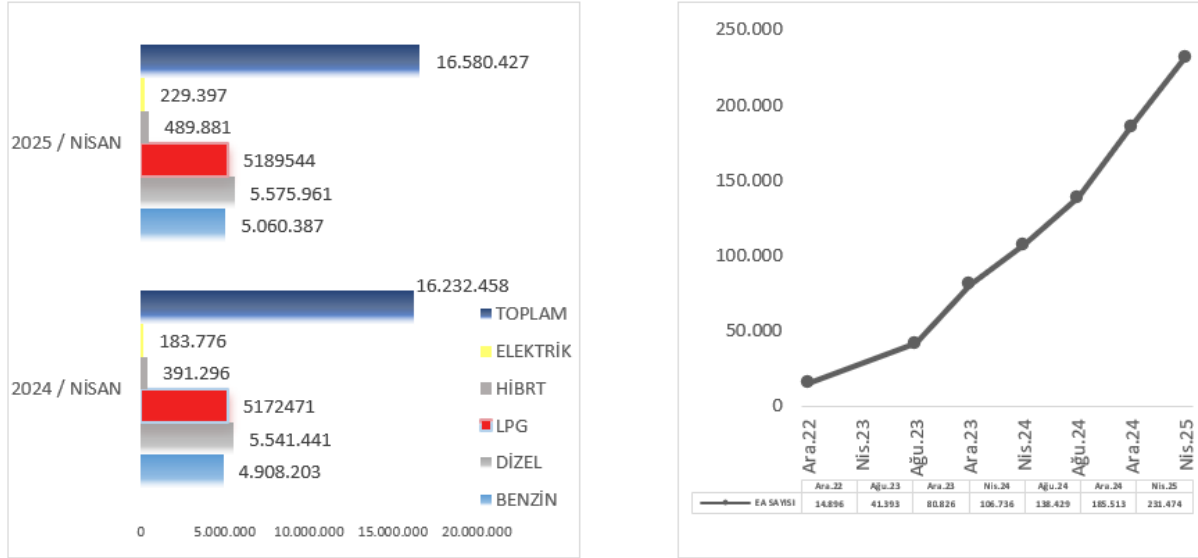
Keywords: Electric Vehicles, Charging Stations, EPDK, SPSS, Consumer Perception, Purchase Intention

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun tarihsel sürecine baktığımızda, yeniliklere açık ve sürekli gelişim gösteren bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Buna örnek olarak özellikle 18. yüzyılda İngiltere’de ortaya çıkan Sanayi Devrimi sonrasında bu gelişim ivme kazandığı görülmüştür. İzleyen yıllarda bilim insanları, atmosferde meydana gelen sera etkisinin gezegenin sıcaklığını belirgin şekilde etkilediğini ve son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun olması gerekenden fazla olduğu tespit etmişlerdir. Bu durumu uluslar kontrol altına almak amacıyla uluslararası düzeyde çeşitli girişimlerde ve anlaşmalarda bulunulmuştur. Bu girişimler ve anlaşmalar kapsamında, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşmaları imzalanmıştır.

Türkiye, sera gazı emisyonlarını azaltma hedefi doğrultusunda 2016 yılında Paris Anlaşması'nı imzalamış, 7 Ekim 2021 tarihinde ise anlaşmanın onaylanmasına ilişkin kanun Resmî Gazete 'de yayımlanarak yürürlüğe koymuştur. (TBMM, 2021) Cumhurbaşkanı'n açıklamaları doğrultusunda Türkiye, 2053 yılını net sıfır karbon emisyon hedef yılı olarak ilan etmiş ve bu doğrultuda enerji politikalarını yeniden şekillendirmiştir. Bu hedefin getirdiği politikalardan bir olan elektrik motora sahip araçlar, günlük hayatta kullanımı vazgeçilmez olan fosil yakıtlı araçlarla yer değiştirmesi için motivasyon kaynağı olmuştur Elektrikli araç kullanımının yaygınlaştırılması hem de şarj altyapısının güçlendirilmesine amacıyla belli başlıca teşvik ve destek mekanizmaları geçmiş yıllarda ve hala yaygınlaşması için günümüzde yapıldığı görülmüştür.

Bu politikaların getirdiği teşvikler ve kaydedilen ilerlemeler sonucunda ilk somut adım 2010 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin Saraçhane yerleşkesinde hizmete alınan elektrikli araç şarj istasyonu ile atılmış olup, takip eden süreçte yerli üretim odaklı elektrikli araç geliştirme girişimleri devlet tarafından desteklenmiştir. 2023 yılında yerli olup olmadığı hakkında tartışmalara söz konusu olan milli aracımız TOGG'un, TOGG A.Ş yüklenicisine devlet tarafından üretimini destekleyen teşvikler ve destek mekanizmaları vererek piyasaya girmesine destek verdiği anlaşılmıştır

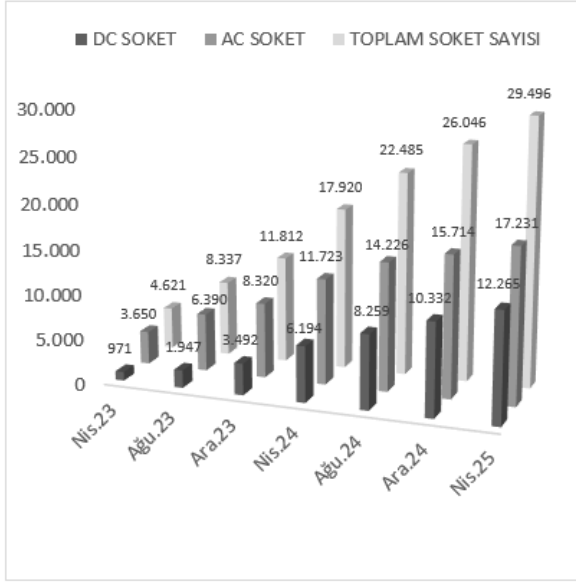


Şekil 1: Trafığe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı / Toplam EA (Elektrikli Araç) Sayısı (EPDK,2025)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan “Şarj Hizmeti Piyasası Aylık İstatistikleri Nisan 2025” verilere göre Türkiye’de elektrikli araç sayısı ve motor tiplerine göre verileri gösterilmiştir. Bu verileri yorumlarsak; Türkiye’de 2024 nisan ayında toplam EA sayısı 106.736, 2025 nisan ayında toplam EA sayısı 231.474 olup, toplam EA sayısında yaklaşık %116,89’luk bir artış ile neredeyse iki katına çıktığı görülmüştür. Böylece trafiğe çıkan EA Nisan’da sayısı 2024’den 2025’e kadar artış oranı yaklaşık %24,83’tür (EPDK,2025).

Toplam EA sayısı ile trafiğe çıkan EA sayısı arasındaki fark; bayilerde bekleyen, filo envanterinde bulunan, yurt dışına ihraç edilen, trafikten çekilen veya hurdaya ayrılan araçlardan kaynaklanmakta olup, bu durum istatistiksel sapma olarak değerlendirilebilir.

Elektrikli araçların Türkiye’deki ikinci el pazarındaki fiyatlandırmaları, araştırdığım literatür çalışmalarında da görüldüğü üzere kullanıcılar açısından önemli bir belirsizlik teşkil etmektedir. Ancak son yıllarda bu araçlara yönelik artan popülerite ve kullanıcı ilgisi, ekonomik koşulların da etkisiyle bireyleri sıfır araç yerine ikinci el elektrikli araç piyasasına yönelmeye zorlamıştır. Bu da piyasanın geçen yıl Nisan ayının bu ayla kıyasladığımızda elektrikli araçların %144,19 oranında arttığı görülmüştür (indicata, 2025).



Şekil 3: EVCİFY Göre Türkiye’de Şarj İstasyonlarının İl Bazında Dağılımı (EVCİFY, 2025)

Şekil 2: Soket Sayılarının Karşılaştırılması (EPDK,2025)

Şekil 2’deki veri grafiğinde ise Türkiye’deki AC-DC ve toplam soket sayısı gösterilmiştir. 2024 ile 2025 Nisan aylarını karşılaştırması yaptığımız da AC soket sayısı %46,98, DC soket sayısı ise %98,01, toplam soket sayısı ise %64,61 oranında artış olduğu görülmüştür (EPDK,2025). Fakat bu soket sayılarının bölgesel olarak dağılımlarını yukarıdaki Şekil 3’de incelediğimizde 81 ilimizde homojen olarak dağılmadığını görürüz (EVCİFY, 2025).

Bu homojen olmayan dağılım nedeniyle, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı; EPDK tarafından 2024 yılında yayınlanan “Elektrikli Araç ve Şarj Altyapısı Projeksiyonu” dikkate aldığını belirterek 14 Nisan 2025 yılında “Elektrikli Araçlar İçin Hızlı Şarj İstasyonu Hibe Programı” yürürlüğe koymuştur. Bu programda önemli olarak gördüğümüz ve kullanıcının menfaatine yönelik durum; ülke genelinde nerede olursa olsun **tüm elektrikli araç kullanıcılarına açık olacak** şekilde hızlı şarj istasyonları ve üniteleri kurulmasını sağlamasıdır. Ayrıca, şarj istasyonlarının şebeke ile entegrasyonunu desteklemek amacıyla **dağıtım trafosu kurulumu ile yerli ürün kullanımı** da hibe desteği kapsamına alındığı program kapsamında görülmüştür. Bu hibe programında internet ortamından 20 Haziran 2025 tarihine kadar başvurusu yapılacağı ve projelerin tamamlanma süresi 30 Eylül 2026 tarihini geçmeyecek şekilde olması gerektiği açıklanmıştır. Böylece programın hızlıca faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Bu hibe programı kapsamında, devlet tarafından verilecek toplam bütçe desteği 500 milyon TL olarak belirlenmiştir (STB,2025).

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nda bakan olan Abdulkadir Uraloğlu’nun açıklamasına göre elektrikli araç şarj istasyonlarının yaklaşık %70’inin şehir içinde konumlandığını söylemiştir (UAB, 2025).

2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu araştırmada, 18 yaşında veya 18 yaşını geçmiş olan tüketicilerin araç satın alımlarında elektrikli araç satın alımını ve şarj istasyon kullanımını tercih edip etmeyeceklerini ve bu tercihi etkileyen faktörler analiz edilmiştir. Bu araştırmanın temel amacı Türkiye’deki tüketicilerin elektrikli araçlar karşısındaki algıları ölçümleyebilmektir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

(EPDK) tarafından yayımlanan gerçek verilerle karşılaştırma yapılarak, elektrikli araç sayısının diğer motor tipli araçlara kıyasla neden daha düşük seviyelerde kaldığı, tüketici algısı bağlamında açıklanmaya çalışılmıştır.

Araştırma kapsamında çeşitli sosyal mecralardan 424 katılımcıya ulaşılmış ve Google Form aracılığıyla veri toplanmış ve formda yer alan sorulara verilen cevaplar doğrultusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Ancak katılımcılarda bazılarının verdiği cevaplarda tutarsızlıklar olduğu anlaşılmış bu yüzden anket sonuçlarına ve değerlendirmelerine katılmamıştır.

Etik ilkeler ve veri güvenliği kapsamında, katılımcılara ait kimlik bilgileri hiçbir şekilde toplanmamış; yalnızca cinsiyet, yaş, medeni durumu, ikamet edilen il, yaşanılan bölge, eğitim durumu ve sürücü belgesi durumu gibi sınırlı demografik veriler elde edilerek çalışma yapılmıştır.

Bu araştırmada, veri toplama aşaması öncelikle araştırmaya katılan katılımcılara, elektrikli otomobil satın alma düşüncesinin olup olmadığı filtre soru olarak sorulmuştur. Bu filtre soruda satın alma niyeti yoksa neden satın alma fikri olmadığı sorulmuş ve geri kalan soruları doldurmaya gerek olmadığı belirtilmiştir. Araştırmada verilen cevaplar IBM SPSS Statistic programına yüklenerek analizi yapılmıştır. Programda oluşturulan veriler analiz edilirken satın almaya niyeti olmayan kişilerin doldurmaya gerek duymadıkları sorulara elektrikli araç satın almayı düşünmüyorum şeklinde analiz ettik.



Şekil 4: Araştırmanın Modeli

IBM SPSS Statistics Data Editor (Model)

File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Extensions Window Help

1 Modern Durum 2

Caseview

1 ERNEK 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Adnan Bülge Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

2 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Ega Bölgeci Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

3 KADIR 10-25 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hic sormedim a. Memumdu - Beite. Karasom

4 KADIR 10-25 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

5 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hic sormedim a. Karasom - Anavula. Karasom

6 KADIR 10-25 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

7 KADIR 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Evt. bakasima Memumdu - Beite. Evt. aldam

8 KADIR 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

9 KADIR 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

10 KADIR 10-25 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

11 KADIR 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Karasom

12 KADIR 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Karasom

13 KADIR 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Karasom

14 KADIR 10-25 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

15 KADIR 35-45 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Karasom

16 KADIR 35-45 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

17 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Ega Bölgeci Evt. bakasima Karasom - Anavula. Karasom

18 KADIR 35-45 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Ega Bölgeci Evt. hand a. Cok memumdu - B. Evt. aldam

19 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Ega Bölgeci Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

21 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Lise Behir merhan Var. Wamara Böl. Hacı, hic demem. Demeyim yal Karasom

22 KADIR 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Diger Hic sormedim a. Memumdu - Beite. Evt. aldam

23 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Diger Evt. bakasima Karasom - Anavula. Evt. aldam

24 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Wamara Böl. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

25 KADIR 35-45 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Adnan Bölgeci Hic sormedim a. Karasom - Anavula. Karasom

26 ERNEK 25-35 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Wamara Böl. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

27 KADIR 35-45 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hic sormedim a. Evt. aldam

28 ERNEK 45-55 Yr. Bak. Lütans (Universite) Behir merhan Var. Yr. Anadol Bol. Hacı, hic demem. Demeyim yal Evt. aldam

Overview Data View Variable View

IBM SPSS Statistics Processor is ready

Şekil 5: SPSS’de Verilerin Gösterimi

2.1. Bulgular

Demografik değişkenlere ait bulgular aşağıdaki tablo ve grafikte gösterilmiştir. Ankete katılan katılımcıların 372'sinin cevapları değerlendirmeye alınmış olup bu katılımcıların 192'si erkek 180'i kadın olduğu anlaşılmıştır. Katılımcıların yaş dağılımları incelendiğinde yaş ortalamasının 45 yaş altı olduğu gözükmemekte ve katılımcı sayısı en çok olan grup 110 katılımcıyla 26-35 yaş grubu olduğu görülmüştür.

Katılımcıların eğitim durumları incelendiğinde, büyük bir çoğunluğunun lisans ve üzeri düzeyde eğitim aldığı görülmektedir. Toplam 372 katılımcıdan yalnızca %29'u lisans eğitimi düzeyinin altında bir eğitim seviyesine sahiptir. Bu veriler doğrultusunda, katılımcıların yaklaşık %71'i yükseköğrenim düzeyinde eğitim aldığı tespit edilmiştir. Bu durum, araştırmaya katılan bireylerin genel olarak eğitim düzeyi yüksek bir katılımcı grubunu oluşturduğunu göstermektedir.

Katılımcıların neredeyse tamamına yakını (%89,5) sürücü belgesine (ehliyet) sahiptir. Katılımcıların büyük bir çoğunluğunun sürücü belgesine sahip olması, sürüş deneyimine sahip oldukları ve otomobillere ilişkin temel bilgi düzeylerinin bulunduğu yönünde bir kanaate varmamıza olanak tanımaktadır. Ayrıca katılımcıların büyük çoğunluğunun Marmara bölgesinde ikamet ettiği ve en fazla

katılımının Kocaeli ilinden olduğu böylece bu araştırmada coğrafi dağılım açısından ağırlıklı olarak Marmara bölgesinde yoğunlaştığı anlaşılmıştır.

Tablo 1: Demografik Bilgiler

Demografik Değişken	Kategoriler	N	%
Cinsiyet			
	Erkek	192	51,6
	Kadın	180	48,4
Yaş			
	18-25 yaş	85	22,8
	26-35 yaş	110	29,6
	36-45 yaş	83	22,3
	46-55 yaş	68	17,7
	56 yaş ve üzeri	28	7,5
Medeni Durum			
	Bekar	145	39,0
	Evli	227	61,0
Eğitim Durumu			
	Hiç eğitim almadım	0	0
	İlkokul	1	0,3
	Ortaokul	16	4,3
	Lise	53	14,2
	Ön lisans	38	10,2
	Lisans (Üniversite)	209	56,2
	Yüksek lisans	44	11,8
	Doktora	11	3
Yaşanılan Bölge			
	Şehir merkezi	232	62,4
	İlçe	130	34,9
	Kırsal	10	2,7
Sürücü Belgesi (Ehliyet)			
	Var	333	89,5
	Yok	39	10,5
İkametgâh			
	Marmara Bölgesi	202	54,3
	Ege Bölgesi	35	9,4
	İç Anadolu Bölgesi	51	13,7
	Karadeniz Bölgesi	27	7,3
	Doğu Anadolu Bölgesi	21	5,6
	Güney Doğu Bölgesi	10	2,7

	Akdeniz Bölgesi	21	5,6
	Diğer	5	1,3

2.2.Analizler

Bu çalışmada çapraz tablo ve Ki-kare testi yapılmıştır.Bu test sonuçlarına bakarak katılımcıların elektrikli araç satın niyetleri ile elektrikli araçları tercih etmeme nedenleri arasındaki analiz sonucunda, pearson ki-kare değeri $X^2(20) = 35.405$ olarak hesaplanmış ve anlamlılık düzeyi $p = .018$ bulunmuştur. Bu sonuç, ilgili iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu göstermektedir ($p < .05$).

Aynı zamanda elektrikli araç satın alma konusunda "Hayır, kesinlikle almam" yanıtını veren 52 katılımcınının ise , EA tercih etmeme nedenleri ile satın alma tutumları arasındaki ilişki Pearson Ki-Kare analizi ile incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, bu değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($\chi^2(16) = 31.267$, $p = .012$).

Bu katılımcılar arasında en sık dile getirilen gerekçeler arasında batarya ömrü ve değişim maliyetleri ($n = 19$) ile menzil yetersizliği ($n = 12$) öne çıkmaktadır. Ayrıca “servis/bakım ağına duyulan güvensizlik” ve “teknolojiye güven duymama” gibi unsurlar da karar sürecinde etkili olmuştur.

Crosstab											Chi-Square Tests		
EA Tercih Etmemeye Nedenleriniz											Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Hayır, kesinlikle almam	Hayır, emin değilim	Evet, eminim	Yüksek hızlar	Batarya ömrü ve değişim maliyetleri	Menzil yetersizliği	Servis/bakım ağına duyan güvensizlik	Değişim maliyetleri	Elektrikli araçların güvenliğini garanti eden teknolojiler	Teknolojiye güven duymama			
Hayır, kesinlikle almam	5	6	2	6	10	6	6	4	3	1	1	52	
Evet, eminim	37	45	22	24	15	15	6	5	2	3	11	181	
Total	72	72	41	52	31	30	19	14	12	7	22	332	a. 10 cells (30.3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .98.

Crosstab											Chi-Square Tests		
EA Tercih Etmemeye Nedenleriniz											Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Hayır, kesinlikle almam	Hayır, emin değilim	Evet, eminim	Yüksek hızlar	Batarya ömrü ve değişim maliyetleri	Menzil yetersizliği	Servis/bakım ağına duyan güvensizlik	Değişim maliyetleri	Elektrikli araçların güvenliğini garanti eden teknolojiler	Teknolojiye güven duymama			
Hayır, kesinlikle almam	1	2	3	4	4	6	7	8	4	5	44		
Evet, eminim	6	9	8	16	18	10	8	18	9	11	97		
Total	19	21	33	37	46	34	35	26	9	20	278		a. 7 cells (23.3%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.27.

Crosstab											Chi-Square Tests		
EA Tercih Etmemeye Nedenleriniz											Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Hayır, kesinlikle almam	Hayır, emin değilim	Evet, eminim	Yüksek hızlar	Batarya ömrü ve değişim maliyetleri	Menzil yetersizliği	Servis/bakım ağına duyan güvensizlik	Değişim maliyetleri	Elektrikli araçların güvenliğini garanti eden teknolojiler	Teknolojiye güven duymama			
Hayır, kesinlikle almam	0	0	3	2	0	8	4	4	4	22			
Evet, eminim	6	4	4	23	8	25	15	6	14	184			
Total	7	4	19	28	16	43	23	12	23	178			a. 15 cells (55.6%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .49.

Şekil 6: Pearson Ki-Kare ve çapraz tablo ile elektrikli araç satın niyetleri ile elektrikli araçları tercih etmeme nedenleri (SPSS)

Correlations					
	Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Pearson Correlation	.208	.457**	.126	.225
	Sig. (2-tailed)		<.001	<.001	.225
	N	372	372	372	319
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Pearson Correlation	.208**	.1	.084	.269
	Sig. (2-tailed)	<.001		.106	.218
	N	372	372	372	319
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Pearson Correlation	.457**	.084	.1	.299
	Sig. (2-tailed)	<.001	.106		.277
	N	372	372	372	319
Elektrikli Araç Satın Alma Niyeti	Pearson Correlation	.126	.089	.099	.1
	Sig. (2-tailed)	.225	.216	.077	
	N	319	319	319	319

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Şekil 7: Pearson korelasyon sonuçları (SPSS)

Yapılan Pearson korelasyon analizi sonucunda, elektrikli araçlara yönelik genel memnuniyet ile sürüş deneyimi arasında bir ilişki bulunmuştur. ($r = .457$, $p < .001$). Ayrıca, genel memnuniyet ile satın alma düşüncesi arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Fiyat algısı ile memnuniyet arasındaki ilişki ise oldukça zayıf olmakla birlikte anlamlıdır.

Tablo 5. Katılımcıların araç seçiminde etkileyen faktörler

Yeni/Yabancı Marka Tercih	N	%	Marka Prestij ve Tutar	N	%
Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14,0	Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14,0
1 (Çok Düşük)	39	10,5	1 (Çok Düşük)	8	2,2
2	22	5,9	2	10	2,7
3	82	22,0	3	59	15,6
4	69	17,7	4	93	25,0
5 (Çok Yüksek)	111	29,8	5 (Çok Yüksek)	100	40,3
Elektrikli Araçların Menzili Önemli	N	%	Ayık Yaka Güvenliği Ya Katar Analizim Durumunda Elektrikli Araç Tercih Etmeji Düşünülmüştü?	N	%
Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14	Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14
1 (Çok Düşük)	10	2,7	%10 ve daha	17	4,6
2	14	3,8	%20 ve daha	46	12,4
3	62	16,7	%30 ve daha	144	38,7
4	70	18,8	Yaklaşık olarak %40 ve daha fazla	40	10,8
5	104	44,1	Elektrikli araçları düşünürken beklentilerim ve parametrelerim aynı olmasaydı tercihlerim değişirdi.	73	19,6
Elektrikli Araçların Fiyatı Düşmüyorsa	N	%	Elektrikli ve elektrikli olmayan araçlar arasındaki fiyat farklarının satın alma kararımı etkiler.	N	%
Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14,0	Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14
Çok Uygun	5	1,3	1: Kesinlikle katılmıyorum	13	3,5
Uygun	26	7	2	10	2,7
Ne Uygun Ne Pahalı	87	23,4	3	73	20,2
Pahalı	136	36,0	4	70	20,4
Çok Pahalı	65	17,5	5: Kesinlikle katılıyorum	146	39,2
Elektrikli araçların hızı el değirmeni hızındır, bu araçları satın alırken hızı düşünmüyorum.	N	%	Elektrikli Araçların Gelişimi Elektrikli Olmayan Araçlardan Daha Fazla Önemli Düşünülmüyorsa	N	%
Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14	Elektrikli araç almayı düşünmüyorum.	52	14
Yok	278	74,7	1: Kesinlikle katılmıyorum	30	8,1
Hayır	42	11,3	2	40	10,8
			3	100	26,9
			4	64	17,2
			5: Kesinlikle katılıyorum	86	23,1

Tablo 6: Anova analiz sonuçları (SPSS)
ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Etki Düzeyi
Şarj istasyonlarının soket sayısı ve tip (AC / DC) tercihi benim için önemlidir.	Between Groups	765,759	2	382,879	379,853	Büyük
	Within Groups	371,940	369	1,008		
	Total	1137,699	371			
Şarj süresinin elektrikli araç tercihinde benim için önemlidir.	Between Groups	901,363	2	450,681	779,410	Çok Büyük
	Within Groups	213,368	369	,578		
	Total	1114,731	371			

Şarj istasyonlarında uygulanan elektrik fiyatlarının sabit olmaması, elektrikli araç tercih etme kararınızı nasıl etkiler?	Between Groups	135,355	2	67,677	189,889	Büyük
	Within Groups	131,514	369	,356		
	Total	266,868	371			
Uzun yolculuklarda şarj istasyonlarına erişim kolaylığı benim için önemlidir.	Between Groups	924,205	2	462,103	779,724	Çok Büyük
	Within Groups	218,687	369	,593		
	Total	1142,892	371			
Elektrikli araç satın alma kararında şarj istasyonlarının ülke genelinde yeterli sayıda olması benim için önemlidir.	Between Groups	816,358	2	408,179	375,339	Büyük
	Within Groups	401,285	369	1,087		
	Total	1217,642	371			
Elektrikli araç satın alma kararımı etkileyen faktörler arasında şarj istasyonlarının konumu yaşadığım yere yakın olması benim için önemlidir.	Between Groups	872,176	2	436,088	460,152	Çok Büyük
	Within Groups	349,703	369	,948		
	Total	1221,879	371			
Elektrikli araç sahibiyse ya da gelecekte satın almayı düşünüyorsanız, kendi kullanımınız için şarj ünitesi kurulumu yapmayı düşünür müsünüz?	Between Groups	229,428	2	114,714	101,932	Orta-Büyük
	Within Groups	415,270	369	1,125		
	Total	644,699	371			

Araştırmanın bu kısmında Tablo 6’da gösterilen Anova analizi ile ulaşılan bulgular yorumlandığında Cohen yorumlama ölçeğine göre eta-kare değeri incelenmiştir. Cohen yorumlama tekniğinde 0.01küçük, 0.06 orta, 0.14 + büyük olarak değerlendirilmektedir. Bahsettiğim etki değeri tabloda gösterilmiştir.

Bu Anova analizin sonuçlarında; elektrikli araçlara ilişkin altyapı yeterliliğinin ve kullanım kolaylığının tüketici davranışları üzerindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle şarj süresi, uzun yolculuk erişimi ve şarj istasyonlarının konum/yeterlilik faktörleri, satın alma davranışlarını güçlü biçimde etkilemektedir.

Aynı zamanda katılımcıların elektrikli araç satın alma niyeti ile şarj istasyonların bulunduğu konum tercihleri arasında çapraz tabloların ki-kare (χ^2) testine dayalı analiz yapılmış olup Pearson $\chi^2(12) = 359,710$, $p < ,001$ ortaya çıkmış böylece anlamlı bir ilişki olduğunu anlaşılmıştır. Böylece elektrikli araç satın alma eğilimi olan bireyler için özellikle uzun mesafeli erişim alanları (otobanlar) ve genel kullanım alanları (otoparklar, AVM’ler) öne çıktığı ve doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür.

Tablo 7: Anova analizi ile demografik bilgilerin EA satın almaya etkisi incelenmesi

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Medeni Durum	Between Groups	,167	2	,083	,348	,706
	Within Groups	88,314	369	,239		
	Total	88,481	371			
Eğitim Durumu	Between Groups	1,047	2	,523	,428	,652
	Within Groups	451,523	369	1,224		
	Total	452,570	371			
Yaş	Between Groups	,935	2	,467	,308	,735
	Within Groups	559,958	369	1,518		
	Total	560,892	371			
Yaşanılan Bölge	Between Groups	,012	2	,006	,020	,980
	Within Groups	109,504	369	,297		
	Total	109,516	371			
Cinsiyet	Between Groups	,192	2	,096	,383	,682
	Within Groups	92,711	369	,251		
	Total	92,903	371			
Sürücü Belgesi	Between Groups	,005	2	,003	,028	,973
	Within Groups	34,906	369	,095		
	Total	34,911	371			

Tablo 7 'de verilen Anova analizindeki bulgular doğrultusunda değişkenler için $p > 0.05$ olduğu görülmektedir. Bu da istatistiksel olarak elektrikli araç satın alma niyeti üzerinde Cohen'in önerdiği sınıflamaya göre istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Araştırmada Anova analizine göre, katılımcıların günlük araç kullanım mesafeleri ile elektrikli araç satın almaya yönelik tutumları arasında belirli düzeylerde ilişki gözlenmiştir. Özellikle 0–20 km mesafeyi kat eden bireyler, düşük ortalama puan ($\bar{x}=2,37$) ile elektrikli araçlara görece daha olumsuz yaklaşmaktadır. Buna karşın, 21–50 km gibi daha uzun mesafeleri günlük olarak kullanan bireylerin elektrikli araçlara yaklaşımı daha pozitifdir.

3. SONUÇ

Katılımcılardan genel olarak araç satın almada hangi kriterlerin ne düzeyde önemli olduğunu belirten soruların cevaplandırılması bu araştırmamızda istenmiştir. Katılımcıların elektrikli araç satın alma niyetinin 1,77 ortalama sahip olduğu görülmüştür. Bu da çoğunluğunun satın alma niyetinin olduğunu göstermektedir. Ancak satın almaya niyeti olmayan 52 katılımcının tercih etmeme sebepleri incelendiğinde sadece ekonomik açısından değil, aynı zamanda teknolojik güvensizliğin ve sürdürülebilirlik kaygılarının da olduğu katılımcıların algısında görülmektedir. Bu araştırmaya katılan kullanıcıların elektrikli araç kullanım deneyiminin düşük olduğu görülmüştür. Çoğunlukla elektrikli araç sürüş deneyimi yaşayan kişileri başkasının aracında denediği görülmüş ve böylece sürüş deneyiminin ortalaması 2,82'dir. Bu da başkasının aracından sürüldüğü ya da hiç sürmediğini belirtir. Yaptığımız araştırmada bireylerin elektrikli araç sürüş deneyimlerine sahip olup olmamalarının, elektrikli araç satın alma kararlarını anlamlı ölçüde etkilemediğini göstermektedir.

Bu araştırmada katılımcılardan elektrikli araç almayı düşünenlerin %55,3'lük bir kesimi markanın yerli olmasını önemseydi ve Avcı'nın (2020) çalışmasında da %75 ile daha yüksek oranda katılımcıların (yerli otomobil-elektrikli araç) satın alma niyetinin olduğu anlaşılmıştır. Araştırmanın dikkat çeken bulgularından biri, elektrikli araç satın alma niyeti beyan eden katılımcıların %49,1'inin yerli üretim olan TOGG T10X modelini tercih ettiklerini belirtmeleridir. Bu sonuç, yerli markaya yönelik tüketici ilgisinin güçlü bir şekilde devam ettiğini ve TOGG'un yerli otomotiv pazarındaki algısal konumunun yüksek olduğunu göstermektedir.

Katılımcılar için elektrikli araçların, içten yanmalı araçlara göre daha güvenli olduğu yönündeki ifadeye katılım düzeyine incelendiğinde 3,43 ortalama sahip olduğu anlaşılmıştır. Ancak elektrikli araçların fosil kaynaklara göre daha pahalı olduğu bunun da satın almadaki katılımcılar tarafından düşünülmüş ve satın alma niyeti ile anlamlı bir etkisi vardır. Literatürde ise, Degirmenci and Breitner'in (2017) çalışmasında fiyat değerinin tutum aracılığı ile satın alma niyetinde anlamlı bir etkisinin olduğu bulunmuş; Xu vd.'nin (2019) çalışmasında ise fiyat değerinin, anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür E.Kocagöz, Ç.S.İğde (2022).

Araştırmada ayrıca çeşitli değişkenler düşünülerek gruplar arasında elektrikli bir araç satın alma niyetinin farklılaşıp farklılaşmadığı ayrıca şarj istasyonlarının da etkisi olup olmadığı incelenmiştir. Elde edilen analizlere göre demografik bulguların satın almaya etkisi incelendiğinde Cohen'in önerdiği sınıflamaya göre istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır. Literatürdeki bazı açıklamaları da mesela E.Kocagöz, Ç.S.İğde (2022) araştırmasında ise bu durumdan farklı olarak erkeklerin kadınlardan ve evli olanların da bekarlardan daha yüksek bir satın alma niyetine sahip olduklarını belirtmiştir. Ancak başka çalışmalarda mesela Güller'in (2021) çalışmasında demografik bulguların satın almaya etki etmediği anlaşılmıştır. Bu durumda yaptığımız araştırmamızda Güller'in araştırmasını desteklemiştir.

Bu araştırma literatüre çeşitli açılardan önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle Türkiye'de yeni gelişmekte olan bu pazarda, tüketicilerin nasıl bir algıları olduğu incelenmiş ve buna göre nasıl elektrik araçları satın almada şarj istasyonlarının etkisi de anlaşılmıştır. Bu araştırmaya katılan bireylerin büyük bir çoğunluğunun elektrikli araç satın almaya yönelik olumlu bir eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, katılımcıların yanıtlarında, elektrikli araç teknolojilerine ilişkin bazı belirsizliklerin ve soru işaretlerinin hâlen varlığını sürdürdüğü anlaşılmaktadır. Bu durum, EPDK tarafından yayınlanan güncel verilerle de örtüşmekte olup; potansiyel kullanıcıların ilgisine rağmen, elektrikli araç satışlarında beklenen artışın sınırlı kalmasının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Yapılan araştırmalarda elektrikli araçlara karşı hala bir önyargının olduğunu anlayabiliriz.

Son olarak, çalışmada olasılıklı örnekleme yöntemi kullanılmadığından, bu verilerin Türkiye'deki tüm tüketicileri temsil etmediği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

- Kocagöz E., İğde Ç.S., (2022). Elektrikli Araç Satın Alma Niyetini Hangi Faktörler Etkiler? Bir Tüketici Araştırması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 19(özel sayı) 104–120.
- Efendioğlu İ.H. (2024). Elektrikli Araç Satın Alma Niyetini Etkileyen Faktörler. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1). 106-122.
- Degirmenci, K. & Breitner, M.H. (2017). Consumer purchase intentions for electric vehicles: Is green more important than price and range?. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 51, 250-260.
- Güller, O. (2021). Yeşil pazarlama anlayışının tüketicilerin hibrit ve elektrikli otomobil satın alma tercihleri üzerine etkisi, [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Özbay H. & Közkurt C. & Dalcalı A. & Tektaş M., (2020) Geleceğin Ulaşım Tercihi: Elektrikli Araçlar. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi Cilt:3 – Sayı:1
- Avcı, İ. (2020). Yerli markalı otomobil satın alma niyetinde etnosentrizm, ülke imajı ve yenilikçiliğin etkisi: Türkiye'nin otomobili (TOGG) bağlamında bir araştırma. Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (20), 439-466.
- Dr. Hayri Erce, (05.05.2025). 2025 Nisan Otomobil ve Hafif Ticari Araç Pazar Değerlendirme. Otomotiv Distribütörleri ve Mobilite Derneği (ODMD).
https://www.odmd.org.tr/web_2837_1/index.aspx
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB). (2025). Elektrikli Araçlar İçin Hızlı Şarj Altyapısı Destek Programı. STB. <https://sarjdestek.sanayi.gov.tr/>.
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB). (05 Nisan 2025).
<https://www.uab.gov.tr/haberler/elektrikli-arac-sarj-istasyonu-11-bini-soket-sayisi-28-bini-asti>
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025). Şarj Hizmeti Piyasası Aylık İstatistikleri-Nisan 2025. EPDK. [Şarj Hizmeti Piyasası Aylık İstatistikleri-Nisan 2025](https://www.epdk.gov.tr/enerji-ve-klima/enerji-ve-klima-istatistikleri/enerji-ve-klima-istatistikleri-nisan-2025)