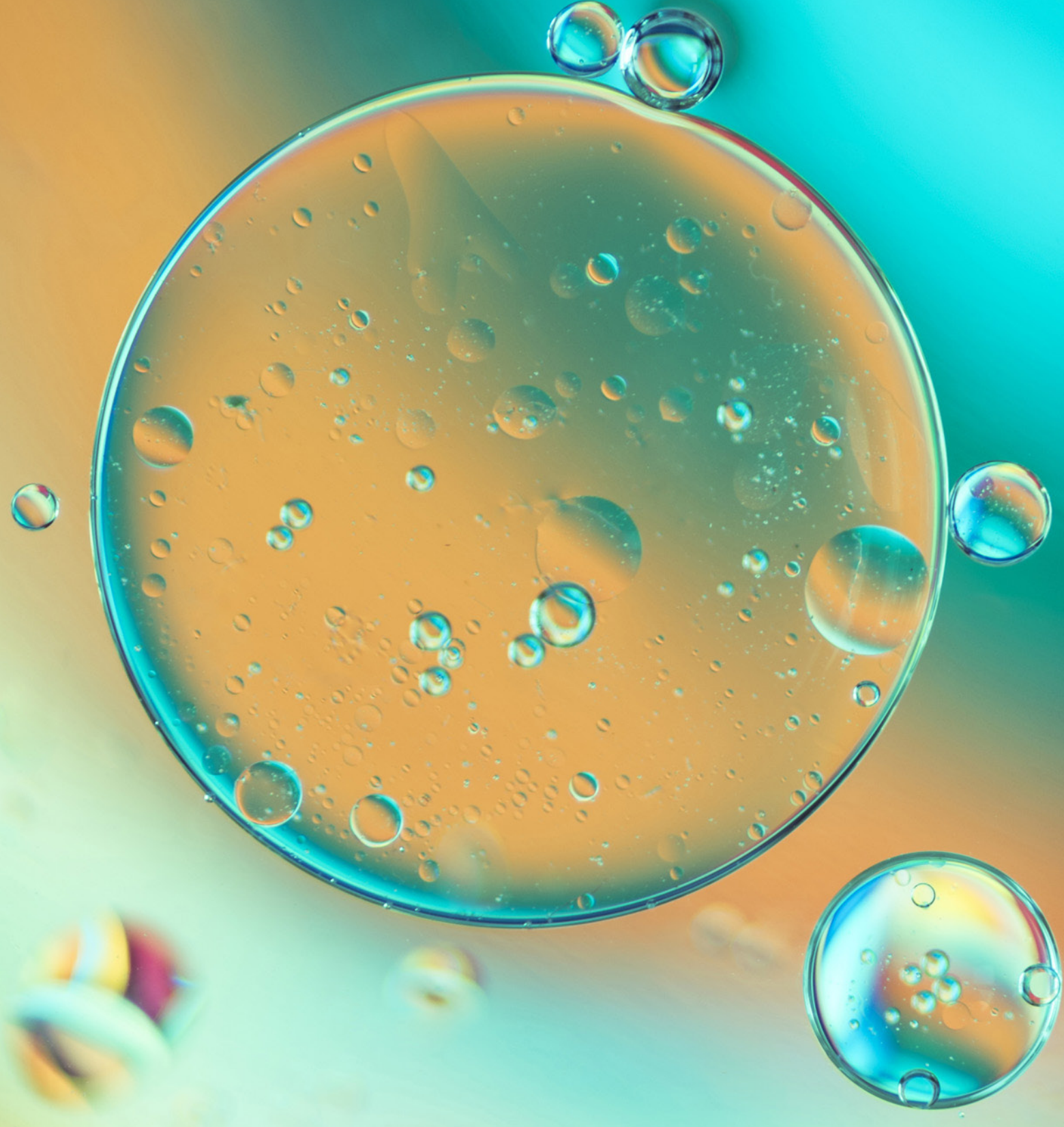


# ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

## INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES

PRINT ISSN: 2149-2484 - ONLINE ISSN: 2148-4783 • SAYI: 22 YIL: 2024 - ISSUE: 22 YEAR: 2024



İMTİYAZ SAHİBİ / *PRIVILEGE*

“Bu Dergi Türk Patent Enstitüsü Tarafından Marka Tescili İle Tescillidir”

*“This Journal is Registered by Trademark of Turkish Patent Institute”*

(2015/04066- 2015-GE-17837)



**GÜVEN PLUS GRUP A.Ş.**

[www.guvenplus.com.tr](http://www.guvenplus.com.tr)

<b>YÜZEY TOPRAĞI NİKEL MUHTEVASININ ARAŞTIRILMASI: ADIYAMAN İLİ ÖRNEĞİ</b> Investigation Of Surface Soil Nickel Content: A Case Study Of Adiyaman Province <i>Turgay DERE</i>	<b>1-14</b>
<b>PANEL DATA APPROACH IN SOLID FUEL ANALYSIS: THE CASE OF TURKIYE</b> Katı Yakıt Analizinde Panel Veri Yaklaşımı: Türkiye Örneği <i>Senai YALÇINKAYA, Murat KORKMAZ</i>	<b>15-27</b>
<b>DEPREM RİSKLERİNE KARŞI BETONARME YAPILARIN DAYANIKLILIĞINI ARTIRMADA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ</b> Seismic Isolation Systems For Enhancing The Structural Resilience Of Reinforced Concrete Buildings Against Earthquake Risks <i>Yusuf SÜMER, Abdül Samet BAŞ</i>	<b>28-46</b>

## Baş Editörler

- Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - Galati Dunarea de Jos Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Romanya
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTİM Teknik Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

## Genel Yayın Yönetmenleri

- Doç. Dr. Zeynep YAMAN - Sakarya Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye

## Sistem Editörleri

- Dr. Öğr. Üye. Ebuzer AYGÜL - Hakkari Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye

## Teknik Editörler

- Prof. Dr. Levent ARIDAĞ - Gebze Teknik Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. H. Meltem GÜNDOĞDU - Kırklareli Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Lec. Ozan KARABAŞ - Hitit Üniversitesi - İskilip Meslek Yüksekokulu - Türkiye
- Ozan DÜZ - İstanbul Aydın Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye

## Dil Editörleri

- Doç. Dr. Gökşen ARAS - Atılım Üniversitesi - Fen-Edebiyat Fakültesi (İngilizce) - Türkiye
- Dr. Öğr. Üye. L. Santhosh KUMAR - Kristu Jayanti Koleji (Özerk), Bengaluru, Karnataka - Hindistan
- Dr. Öğr. Üye. Rommel TABULA - Rajamagala Teknoloji Üniversitesi Lanna (İngilizce) - Tayland
- Dr. Sinem HERGÜNER OĞLU - Gazi Üniversitesi - Rektörlük (İngilizce) - Türkiye

## İstatistik Alan Editörleri

- Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK - Okan Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ali Hakan BÜYÜKLÜ - Yıldız Teknik Üniversitesi - Fen-Edebiyat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Saliha ÖZPINAR - Alanya Alaattin Keykubat Üniversitesi - Tıp Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Emre DÜNDER - Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Fen-Edebiyat Fakültesi - Türkiye

## Yayın Kurulu

- Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ackerman MARKS - Michigan Üniversitesi - Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü - ABD
- Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU - İstanbul Teknik Üniversitesi - Makine Mühendisliği Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Adrian OLARU - Bükreş Politeknik Üniversitesi - Teknolojik Sistem Mühendisliği ve Yönetimi Fakültesi - Romanya
- Prof. Dr. Arbakariya ARIFF - Futra Üniversitesi - Biyoteknoloji ve Biyomoleküler Bilimler Fakültesi - Malezya
- Prof. Dr. Arvind ATREYA - Michigan Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - ABD
- Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU - Çanakkale 18 Mart Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Burcu YILMAZ - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Bülent SALDERAY - Ankara Hacıbayram Veli Üniversitesi - Güzel Sanatlar Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Erdem ÜNVER - Atılım Üniversitesi - Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Erdoğın GÜNEŞ - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR - Eskisehir Teknik Üniversitesi - Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Fevzi BEDİR - Gebze Teknik Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Gürol YILDIRIM - Giresun Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Gürel ÇAM - İskenderun Teknik Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Gonca BÜYÜKMIHICI - Erciyes Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Grzegorz KRÓLCZYK - Opole Teknoloji Üniversitesi - Makine Mühendisliği Fakültesi - Polonya
- Prof. Dr. Hamid Reza KARIMI - Politecnico di Milano - Makine Mühendisliği Bölümü - İtalya
- Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK - Namık Kemal Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Hiroshi SEKIMOTO - Tokyo Teknoloji Enstitüsü - Yenilikçi Nükleer Enerji Sistemleri Araştırma Merkezi - Japonya
- Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU - Karadeniz Teknik Üniversitesi - Orman Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Işık SEZEN - Atatürk Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Jory HANCOCK - Arizona Üniversitesi - Dans Okulu - ABD
- Prof. Dr. Hatice ÖĞÜT - Ahievran Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ - Düzce Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - Galati Dunarea de Jos Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Romanya
- Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ - Erciyes Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR - Sivas Cumhuriyet Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Metin GÜRÜ - Gazi Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Mohd Ali Hassan - Universiti Putra Malaysia - Biyoproses Teknolojisi Bölümü - Malezya
- Prof. Dr. Muhammad SAFDAR BHATTI - Bahawalpur İslam Üniversitesi - Pakistan
- Prof. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye

### Yayın Kurulu

- Prof. Dr. Ömer YILDIRIM - GOP Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Pete WALKER - Bath Üniversitesi - Mimarlık ve İnşaat Mühendisliği Bölümü - İngiltere
- Prof. Dr. Peter CHILDS - Imperial College London - Mühendislik Fakültesi - İngiltere
- Prof. Dr. Rajini Nagarajan - Kalasalingam Üniversitesi - Makine Mühendisliği Fakültesi - Hindistan
- Prof. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Sevil YÜCEL - Yıldız Teknik Üniversitesi - Kimya ve Metalurji Mühendisliği Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Şükran ŞAHİN - Ankara Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Tauseef A. Khan - Lahore Mühendislik ve Teknoloji Üniversitesi - Makine Mühendisliği Bölümü - Pakistan
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTİM Teknik Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Yoshihiko Takano - Ulusal Malzeme Bilimi Enstitüsü - Uluslararası Malzeme Nanoarkitektoneği Merkezi - Japonya
- Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU - İstanbul Ticaret Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Adil GÜLER - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Aytac YILDIZ - Bursa Teknik Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Ahmet ÇELEBİ - Sakarya Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Cihat BOYRAZ - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ - İstanbul Teknik Üniversitesi - Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü - Türkiye
- Doç. Prof. Dimitri A. SHULGIN - Kazan Ulusal Araştırma Teknoloji Üniversitesi - Makine Mühendisliği Fakültesi - Rusya Fed.
- Doç. Prof. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ - Atatürk Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU - Ege Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Latif ASLANOV - Azerbaycan Mimarlık ve İnşaat Üniversitesi - Azerbaycan
- Doç. Prof. Dr. Pınar GÜLTEKİN - Düzce Üniversitesi - Orman Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Süheyla BÜYÜKŞAHİN - Necmettin Erbakan Üniversitesi - Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Dr. Sinan KOPUZLU - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Doç. Prof. Tory FAIR - Brandeis Üniversitesi - Güzel Sanatlar Bölümü - ABD
- Doç. Prof. Vishal S. SHARMA - Witwatersrand Üniversitesi - Hindistan
- Doç. Prof. Dr. Vural OYAN - Van Yüzüncüyıl Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

### Lead Editors

- Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi University - Faculty of Technology - Türkiye
- Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - University Dunarea de Jos of Galati - Faculty of Engineering - Romania
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTİM Technical University - Faculty of Engineering - Türkiye

### General Editorial Directors

- Assoc. Prof. Zeynep YAMAN - Sakarya University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Assist. Prof. Senai YALÇINKAYA - Marmara University - Faculty of Technology - Türkiye

### System Editors

- Assist. Prof. Ebuzer AYGÜL - Hakkari University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Assist. Prof. Senai YALÇINKAYA - Marmara University - Faculty Engineering - Türkiye

### Technical Editors

- Prof. Dr. Levent ARIDAĞ - Gebze Technical University - Faculty of Architecture - Türkiye
- Assoc. Prof. H. Meltem GÜNDOĞDU - Kırklareli University - Faculty of Architecture - Türkiye
- Lec. Ozan KARABAŞ - Hitit University - İskilip Vocational School - Türkiye
- Ozan DÜZ - İstanbul Aydın University - Faculty of Architecture and Design - Türkiye

### Language Editors

- Assoc. Prof. Gökşen ARAS - Atılım University - School of Arts and Sciences (English) - Türkiye
- Assist. Prof. L. Santhosh KUMAR - Kristu Jayanti College ( Autonomous), Bengaluru, Karnataka - India
- Assist. Prof. Rommel TABULA - Rajamagala University of Technology Lanna (English) - Thailand
- Dr. Sinem HERGÜNER SON - Gazi University - Rectorate (English) - Türkiye

### Statistics Field Editors

- Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK - Okan University - Faculty of Engineering and Natural Sciences - Türkiye
- Prof. Dr. Ali Hakan BÜYÜKLÜ - Yıldız Technical University - Faculty of Arts and Sciences - Türkiye
- Prof. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk University - Faculty of Economics and Administrative Sciences - Türkiye
- Prof. Dr. Saliha ÖZPINAR - Alanya Alaattin Keykubat University - Faculty of Medicine - Türkiye
- Assoc. Prof. Emre DÜNDER - Ondokuz Mayıs University - Faculty of Art and Sciences - Türkiye

### Editorial Board

- Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi University - Faculty of Technology - Türkiye
- Prof. Dr. Ackerman MARKS - University of Michigan - Department of Electrical Engineering and Computer Science - U.S.A.
- Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU - İstanbul Technical University - Faculty of Mechanical Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Adrian OLARU - Polytechnic University of Bucharest - Faculty of Technological Systems Engineering and Management - Romania
- Prof. Dr. Arbakariya ARIFF - University Putra - Faculty of Biotechnology and Biomolecular Sciences - Malaysia
- Prof. Dr. Arvind ATREYA - University of Michigan - College of Engineering - U.S.A.
- Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU - Çanakkale 18 Mart University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU - Atatürk University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Prof. Dr. Burcu YILMAZ - Marmara University - Faculty of Technology - Türkiye
- Prof. Dr. Bülent SALDERAY - Ankara Hacıbayram Veli University - Faculty of Fine Arts - Türkiye
- Prof. Dr. Erdem ÜNVER - Atılım University - Faculty of Fine Arts Design & Architecture - Türkiye
- Prof. Dr. Erdoğan GÜNEŞ - Atatürk University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Prof. Dr. Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR - Eskişehir Technical University - Faculty of Aeronautics and Astronautics - Türkiye
- Prof. Dr. Fevzi BEDİR - Gebze Technical University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Gürol YILDIRIM - Giresun University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Gürel ÇAM - İskenderun Technical University - Faculty of Engineering and Natural Sciences - Türkiye
- Prof. Dr. Gonca BÜYÜKMIHCI - Erciyes University - Faculty Of Architecture - Türkiye
- Prof. Dr. Grzegorz KRÓLCZYK - Opole University of Technology - Faculty of Mechanical Engineering - Poland
- Prof. Dr. Hamid Reza KARIMI - Politecnico di Milano - Department of Mechanical Engineering - Italy
- Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK - Namık Kemal University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Hiroshi SEKIMOTO - Tokyo Institute of Technology - Center for Research into Innovative Nuclear Energy Systems - Japan
- Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU - Karadeniz Technical University - Faculty of Forestry - Türkiye
- Prof. Dr. Işık SEZEN - Atatürk University - Faculty of Architecture and Design - Türkiye
- Prof. Dr. Jory HANCOCK - University Of Arizona - School of Dance - U.S.A.
- Prof. Dr. Haticce ÖĞÜT - Ahievran University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ - Düzce University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - University Dunarea de Jos of Galati - Faculty of Engineering - Romania
- Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ - Erciyes University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞİR - Sivas Cumhuriyet University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Metin GÜRÜ - Gazi University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Mohd Ali Hassan - Universiti Putra Malaysia - Department of Bioprocess Technology - Malaysia
- Prof. Dr. Muhammad SAFDAR BHATTI - The Islamia University of Bahawalpur - Pakistan
- Prof. Dr. Ömer ALKAN - Atatürk University - Faculty of Economics and Administrative Sciences - Türkiye

### Editorial Board

- Prof. Dr. Ömer YILDIRIM - G.O.P. University - Faculty of Engineering and Natural Sciences - Türkiye
- Prof. Dr. Pete WALKER - University Of Bath - Department of Architecture & Civil Engineering - England
- Prof. Dr. Peter CHILDS - Imperial College London - Faculty of Engineering - England
- Prof. Dr. Rajini Nagarajan - Kalasalingam University - Faculty of Mechanical Engineering - India
- Prof. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT - Atatürk University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Prof. Dr. Sevil YÜCEL - Yıldız Technical University - Faculty of Chemical and Metallurgical Enginnering - Türkiye
- Prof. Dr. Şükran ŞAHİN - Ankara University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Prof. Dr. Tauseef A. Khan - Lahore University of Engineering and Technology - Mechanical Engineering Department - Pakistan
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTİM Technical University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Prof. Dr. Yoshihiko Takano - National Institute for Materials Science - International Center for Materials Nanoarchitectonics - Japan
- Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU - İstanbul Commerce University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Assoc. Prof. Adil GÜLER - Marmara University - Faculty of Technology - Türkiye
- Assoc. Prof. Aytaç YILDIZ - Bursa Technical University - Faculty of Engineering and Natural Sciences - Türkiye
- Assoc. Prof. Ahmet ÇELEBİ - Sakarya University - Faculty of Engineering - Türkiye
- Assoc. Prof. Cihat BOYRAZ - Marmara University - Faculty of Technology - Türkiye
- Assoc. Prof. Didem SALOĞLU DERTLİ - İstanbul Technical University - Earthquake Engineering and Disaster Management Institute - Türkiye
- Assoc. Prof. Dimitri A. SHULGIN - Kazan National Research Technological University - Faculty of Mechanical Engineering - Russian Fed.
- Assoc. Prof. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ - Atatürk University - Faculty of Architecture and Design - Türkiye
- Assoc. Prof. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU - Ege University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Assoc. Prof. Latif ASLANOV - Azerbaijan University of Architecture and Construction - Azerbaijan
- Assoc. Prof. Pınar GÜLTEKİN - Düzce University - Faculty of Forestry - Türkiye
- Assoc. Prof. Süheyla BÜYÜKŞAHİN - Necmettin Erbakan University - Faculty of Fine Arts and Architecture - Türkiye
- Assoc. Prof. Sinan KOPUZLU - Atatürk University - Faculty of Agriculture - Türkiye
- Assoc. Prof. Tory FAIR - Brandeis University - Department of Fine Arts - U.S.A.
- Assoc. Prof. Vishal S. SHARMA - University of the Witwatersrand - India
- Assoc. Prof. Vural OYAN - Van Yüzüncüyıl University - Faculty of Engineering - Türkiye

- Atmosfer Ve Meteoroloji Mühendisliği
- Balıkçılık Mühendisliği
- Bilgisayar Mühendisliği
- Biyoloji Ve Mikrobiyoloji
- Biyomedikal Mühendisliği
- Biyo Mühendislik
- Biyosistem Mühendisliği
- Çevre Mühendisliği
- Diğer Mühendislik Dalları
- Elektrik Ve Elektronik Mühendisliği
- Elektronik Ve Haberleşme Mühendisliği
- Elyaf Ve Kağıt Teknolojisi
- Endüstri Mühendisliği
- Endüstriyel Tasarım
- Fizik Mühendisliği
- Gemi Mühendisliği
- Gıda Mühendisliği
- Harita Mühendisliği
- Havacılık Ve Uzay Mühendisliği
- İnşaat Mühendisliği
- İş Güvenliği Ve Çalışan Sağlığı
- Jeoteknik Mühendislik
- Jeofizik Mühendisliği
- Jeoloji Mühendisliği
- Kimya Mühendisliği
- Maden Mühendisliği
- Makine Mühendisliği
- Matematik Mühendisliği
- Matematik Statik Ve Analitik Yöntemler
- Mekatronik Mühendisliği
- Metalurji Ve Malzemeler
- Moleküler Ve Genetik
- Mühendislik Ve Ekonomi Yönetimi
- Nükleer Mühendislik
- Orman Endüstrisi Mühendisliği
- Petrol Mühendisliği
- Polimer Mühendisliği
- Teknoloji Yönetimi Ve İnovasyon
- Tekstil Bilim Mühendisliği
- Üretim Mühendisliği
- Yer Bilimleri Mühendisliği
- Yönetim Mühendisliği
- Ziraat Mühendisliği
- Atmosphere And Meteorology Engineering
- Fishery Engineering
- Computer Engineering
- Biology And Microbiology
- Biomedical Engineering
- Bioengineering
- Biosystem Engineering
- Environmental Engineering
- Other Engineering Branches
- Electrical And Electronic Engineering
- Electronics And Communications Engineering
- Fiber And Paper Technology
- Industrial Engineering
- Industrial Design
- Physics Engineering
- Ship Engineering
- The Food Engineering
- Map Engineering
- Aviation And Space Engineering
- Civil Engineering
- Occupational Safety And Employee Health
- Geotechnical Engineering
- Geophysical Engineering
- Geological Engineering
- Chemical Engineering
- Mining Engineering
- Mechanical Engineering
- Mathematics Engineering
- Mathematics Static And Analytical Methods
- Mechatronic Engineering
- Metallurgy And Materials
- Molecular And Genetics
- Engineering And Economy Management
- Nuclear Engineering
- Forest Industrial Engineering
- Petroleum Engineering
- Polymer Engineering
- Technology Management And Innovation
- Textile Science Engineering
- Manufacturing Engineering
- Earth Sciences Engineering
- Management Engineering
- Agriculture Engineering







**Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ**  
Baş Editör

***Değerli okuyucular,***

Sizleri Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi'nin yirmi ikinci sayımızda yer alan üç farklı çalışma ile selamlamaktan büyük mutluluk duyuyorum. Bu sayımızda çevre mühendisliği, inşaat mühendisliği ve makine mühendisliği alanında hazırlanmış yine çeşitli disiplinlerden uzmanların katkılarıyla zenginleşen bir içerik sunmaktan gurur duyuyoruz.

Mühendislik ve fen bilimlerindeki hızlı gelişmeleri takip etmek ve paylaşmak, günümüzde bilim camiasının en önemli görevlerinden biri haline gelmiştir. Bu nedenle dergimiz bu amaca hizmet etmek üzere kurulmuş ve disiplinler arası bir platform oluşturmuştur. Bu sayede, mühendislik ve fen bilimlerindeki son araştırmaları, bulguları ve yenilikleri bir araya getirerek okuyuculara sunmayı hedeflemekte ve okuyucuları ile buluşturmaya devam etmekteyiz.

Dergimizin bu sayısında, üç farklı alandan gelen makalelerle, okuyucularımıza geniş bir perspektif sunmaya çalıştık. Bu makaleler ile güncel araştırma konularını ele almanın yanı sıra, disiplinler arası yaklaşımları teşvik etmektedir. Bu sayede okuyucularımızın farklı bakış açılarına maruz kalarak kendi çalışmalarına yeni bir vizyon kazandırmalarını umuyoruz.

Bu dergide yer alan makalelerin seçiminde, alanında uzman hakemler tarafından yapılan titiz değerlendirme sürecini takip ettik. Bu süreçte katkıda bulunan tüm hakemlere en içten teşekkürlerimizi sunuyoruz. Onların özverili çalışmaları, dergimizin kalitesini artırmamıza yardımcı olmuş ve olmaya devam etmektedir.

Dergimizin başarılı bir şekilde yayınlanmasında emeği geçen tüm yazarlarımıza, editörlerimize ve yayın ekibimize teşekkürlerimi iletmek isterim. Siz değerli okuyucuların da desteğiyle, Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi'nin daha da ileriye taşınacağına inancımız tamdır. Saygılarımla...

***(Dergimizde etik kurul raporu gerektiren her türlü çalışmada yazar(lar) editörlüğe ve derginin sistemine yayın yüklerken gerekli etik kurul rapor bilgilerini girmekle yükümlüdür. Hiçbir koşul ve şartlarda oluşan ya da oluşacak bir sorunda problemde dergimiz, yayın kurulu, imtiyaz sahibi, yazı işleri, hakem ve bilim kurulları sorumluluk kabul etmez. Yazar(lar) bu bilgiyi dergiye yazılı olarak vermekle yükümlüdür. Bu konuda tüm sorumluluk yazar(lar) a aittir).***

***Basın Yayın Kanununun "5187" gereğince basılı eserler yoluyla işlenen fiillerden doğan maddi ve manevi zarar m-13-14 kapsamında dergimizde yayınlanan yayınların içeriği ve hukuki sorumluluğu tek taraflı olarak yazar(lar) a aittir. Dergimiz, yönetim, hakem, editör, bilim ve imtiyaz sahibi bu yükümlülükleri kabul etmez. Dergimizde bilimsel içerikli, literatüre katkı yapan, bilimsel anlamda değer ifade eden çalışmalar kabul edilir ve yayımlanır. Bunun dışında siyasi, politik, hukuki ve ticari içerikli fikri sına haklar kanununa aykırılık içeren yayınlara yer verilmez. Olası bir olumsuzluk durumunda yazar(lar) doğabilecek her türlü maddi ve manevi zararı peşinen kabul etmiş ve yüklenmiştir. Bu nedenle ikinci üçüncü ve diğer şahıs ile kurumlar konusunda dergimiz yönetimi ve kurulları hiçbir sorumluluğu kabul etmez. Bu yönde dergimiz ve kurulları üzerinde bir hukuki yaptırım uygulanması söz konusu olamaz. Eserlerin içeriği ve mevcut durumu yazar(lar) ait olup dergimiz bu yayınların sadece yayınlanması ve literatüre kazandırılması aşamasında görev üstlenmiştir. Tüm okuyucu, kamuoyu ve takipçilerine ilanen duyurulur.***



**Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ**  
**Chief Editor**

*Dear readers,*

I am very pleased to greet you with three different studies in our twenty-second issue of the International Refereed Journal of Engineering and Science. In this issue, we are proud to present a content enriched by the contributions of experts from various disciplines in the fields of environmental engineering, civil engineering and mechanical engineering.

Following and sharing the rapid developments in engineering and science has become one of the most important tasks of the scientific community today. For this reason, our journal has been established to serve this purpose and has created an interdisciplinary platform. In this way, we aim to bring together the latest research, findings and innovations in engineering and science and continue to bring them together with our readers.

In this issue of our journal, we have tried to provide a broad perspective to our readers with articles from three different fields. In addition to addressing current research topics, these articles encourage interdisciplinary approaches. In this way, we hope that our readers will gain a new vision for their own studies by being exposed to different perspectives.

In the selection of the articles in this journal, we have followed a rigorous evaluation process by referees who are experts in their fields. We would like to extend our sincere thanks to all the referees who contributed to this process. Their devoted work has helped and continues to help us improve the quality of our journal.

I would like to express my gratitude to all our authors, editors and editorial team who have contributed to the successful publication of our journal. With the support of you, our esteemed readers, we are confident that the International Refereed Journal of Engineering and Science will be carried further. Best regards...

***(In any kind of study requiring ethical board report in our journal, author(s) is/are obliged to enter the data of necessary ethical board report while uploading their publication in editorship and journal system. Our journal, publication board, grant holder, editorial office, referee and science boards do not undertake any responsibility for a problem to occur under any circumstances and conditions. Author(s) is/are obliged to give this information to journal in written. All liability in this issue belongs to author(s).***

***As per the "5187" of Press Law, material and emotional damage arising from the actions via published works, the content and legal responsibility of the publications published in our journal within the scope of m-13-14 unilaterally belong to author(s). Our journal, executive board, referees, editor, science board and publisher don't accept these obligations. The scientifically valuable papers with scientific content which contribute to literature are accepted and published in our journal. Apart from this, the papers with political, legal and commercial content which are against the intellectual property rights are not accepted. In case of a possible negative situation, author(s) is/are regarded as accepting and undertaking all kinds of possible material and emotional damage beforehand. Therefore, our journal's management and other boards don't accept any responsibility regarding the second, third and other persons and institutions under any condition. In this sense, a legal sanction on our journal and its boards is out of question. The content and the current status of the papers belong to author(s) and our journal only takes part in the publication of these papers and contribution to literature. Respectfully announced to all readers, public and followers by publication.***

## YÜZEY TOPRAĞI NİKEL MUHTEVASININ ARAŞTIRILMASI: ADIYAMAN İLİ ÖRNEĞİ<sup>1</sup>

### INVESTIGATION OF SURFACE SOIL NICKEL CONTENT: A CASE STUDY OF ADIYAMAN PROVINCE

Turgay DERE

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman / Türkiye  
ORCID NO: 0000-0001-9306-5409

**Öz: Amaç:** Bu çalışmada nikel birikiminin yoğun olduğu bölgeler tespit edilerek bu bölgelerde yüzey topraklarında oluşan nikel birikiminin mevsimsel olarak değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

**Kapsam:** Çalışma Kapsamında Adıyaman şehir merkezi boyunca trafiğin gün içerisinde yoğun olabildiği Küçük Sanayi bölgesi- Adıyaman Üniversitesi-Atatürk Bulvarı-eski valilik meydanı civarından, Adıyaman Organize Sanayi Bölgesi civarından, Adıyaman Çimento Fabrikası Bölgesi civarından ve kontrol bölgesi Seyirtepe Mesire Alanı'ndan ilkbahar, yaz, güz ve kış mevsimlerinde toprak örnekleri toplanarak analiz için hazır hale getirilmiştir.

**Yöntem:** Doksan altı adet numune alınmış ve numune alımları dört mevsimi kapsayacak şekilde planlama yapılmıştır. Nikel ölçümleri Perkin-Elmer marka NexION 350X model ICP-MS sistemde okutulmuştur. Okunan ölçümlerin maksimum ve minimum değerleri arasında düşük veya yüksek değişimler olup olmadığı belirlenmiş; Toprak Kirliliği Kontrol yönetmeliğine göre izin verilen nikel seviyelerine göre değerlendirmeler yapılmıştır.

**Bulgular:** Nikel içeriği ortalamaları bakımından gruplar arasında istatistiki farklılıklara rastlanılmıştır.

**Sonuç:** Nikel birikimlerinin insan aktivitelerinin yoğun olduğu ortam şartlarına göre değişiminin önem arz ettiği belirlenmiş, ilgili kriterleri aşan konumlarda, yem bitkilerinin ekimi yaygınlaştırılarak, toprağı ağır metallerden temizleme yoluna gidilebilir. Aşmayan konumlarda ise ortam şartlarının muhafazası için ileriye yönelik planlanması düşünülen insan faaliyetleriyle birlikte, belirli oranlarda yem bitkileri ekimlerinin planlanması yoluna gidilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Adıyaman, Ağır Metal, Nikel, Toprak Kirliliği

**Abstract: Aim:** In this study, it was aimed to identify regions where nickel accumulation is intense and to examine the seasonal change in nickel accumulation in surface soils in these regions.

**Scope:** Within the scope of the study, the Small Industrial Zone - Adıyaman University - Atatürk Boulevard - around the old governor's square, around Adıyaman Organized Industrial Zone, around Adıyaman Cement Factory Area and the control zone Seyirtepe Recreation Area, where traffic can be heavy during the day, throughout Adıyaman city center in spring and summer. Samples were collected in autumn and winter.

**Method:** Ninety-six samples were taken and sampling was planned to cover four seasons. Nickel measurements were recorded on the Perkin-Elmer brand NexION 350X model ICP-MS system. It was determined whether there were low or high changes between the maximum and minimum values of the readings; Evaluations were made according to the allowed Nickel levels according to Soil Pollution Control regulations.

**Results:** Statistical differences were found between the groups in terms of nickel content averages.

**Conclusion:** In locations where the change of nickel accumulation according to environmental conditions where human activities are intense is important and exceed the relevant criteria, the cultivation of forage crops should be expanded and the soil should be cleared of heavy metals. In locations that do not exceed this, it should be possible to plan the planting of forage crops at certain rates together with the human activities that are planned for the future in order to preserve the environmental conditions.

**Keywords:** Adıyaman, Heavy Metal, Nickel, Soil Pollution

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Turgay DERE, Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman / Türkiye, tdere@adiyaman.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 19.11.2023, Kabul Tarihi / Accepted: 23.04.2024, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma - Uygulama; Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok - Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None, "Bu çalışma ilgili kurumdaki elde edilen kişisel panel verileri kullanılarak hazırlanmış olup, yazarların beyanları üzerine etik kurul raporu gerektirmediği kararı olmuştur.", "Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. / This study has been prepared in accordance with Research and Publication Ethics."

## GİRİŞ

Topraklarda ağır metallerin bulunması çevre kirliliğinin mevcudiyetini göstermektedir (Toprak ve diğ., 2019). Endüstriyel atıklardan, araç emisyonlarından, kömür yakma atıklarından ve benzeri aktivitelerden doğan ağır metaller, büyük miktarda topraklarda birikebilmektedir (Veli ve diğ., 2005; Adiloğlu ve Sağlam, 2015; Yıldız ve diğ., 2019). Atmosfere dağılan ağır metaller, birikerek toprağa ve yeraltı ile yüzeysel sularına karışarak ekolojik dengeyi bozabilmektedir (Seven ve diğ., 2018; Yerli ve diğ., 2020; Baykanoğlu, 2021). Ağır metal kirliliği genellikle insan kaynaklı aktivitelerdir ve madencilik, ergitme, metal sanayilerinden, enerji yakıt üretiminden, gübre, pestisit uygulamaları ve evsel atıklardan kaynaklanmaktadır (Böbrek, 2019; Kırat ve Savcı, 2023; Akyıldız ve Suleiman, 2024).

Kozmetikte, boya pigmentlerinde, metal işleme endüstrilerinde, motorlu taşıt ve uçak endüstrilerinde, çelik dökümhanelerinde, batarya üretiminde, makine parçalarında ve elektriksel kontakların üretiminde nikel kullanılmaktadır (Karataş, 2004). Çelik ve alaşımlarından ve nikel-kadmiyum akülerinden, fuel-oil, kömür, dizel ve gaz yakıtların kullanımından, evsel atıkların yakılmasından, arıtma çamurlarından ve volkanlardan oldukça yüksek miktarda nikel, ekolojik ortama yayılmaktadır. Sahasında inceleme yapılan klor tesisi yakıt olarak fuel-oil kullandığından toprak numunelerindeki nikel miktarı yüksek çıkmıştır. Ayrıca tesis çok eski olduğundan, proseste kullanılan metallerin aşınması az da olsa nikel kirliliğine

sebebi olduğu ifade edilmiştir (Veli ve diğ., 2005; Adiloğlu ve Sağlam, 2015; Yıldız ve diğ., 2019, Akyıldız ve diğ., 2023). Organize Sanayii bölgesindeki orman vejetasyon alanında bulunan Çimento Fabrikası çevresinde nikel, ortalama değerler üzerinden daha yüksek bulunmuştur (Baykanoğlu, 2021) Sodyum hidroksit, sıvı klor, hidroklorik asit ve kalsiyum hipoklorit asit üreten bir kimya fabrikası sahasından üç farklı noktadan alınan bazı toprak numunelerinde nikel konsantrasyonları sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür (Veli ve diğ., 2005).

Nikel genel olarak topraklarda değişik miktarlarda bulunabilmektedir. (Daşdemir, 2015; Gökbayrak, 2018; Pekacar ve Bağdatlı, 2021). Toprakların tolere etme seviyesi ise 100 mg/kg civarındadır (Karataş, 2004). Nikelin topraktan alınmasında ortam pH'ı önemlidir. Bitkiler tarafından topraktaki mevcut nikel alınır ve kolaylıkla bitkiye geçerek zehir tesiri gözlenebilir. Uzun zaman zarfında, nikel elementinin aşırısı bitki büyümesini yavaşlatır (Dartan ve Toröz, 2013). Nikel bileşiklerinin deride alerji, kanserojen ve solunum sistemini etkileme özellikleri vardır. (Bingöldağ, 2017; Şahin ve Türksoy, 2023; Türker, 2023). Bu durum, özellikle çalışma veya yaşam alanlarında nikel maruziyeti yüksekse insan sağlığı açısından ciddi bir endişe kaynağı olabilir. Nikel seviyelerinin yüksek olması çevresel sağlık risklerini artırabilir. Yüksek miktarda nikel içeren topraklar, bitkiler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bu da tarımsal üretimi ve bitki çeşitliliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Nikelin topraktan

alınması ve bitkilere geçişi, toprak pH'ıyla ilişkilidir. Toprak pH'ının uygun olmayışı, bitkilerin nikel alımını artırabilir ve dolayısıyla bu etkileri daha da şiddetlendirebilir. Bu problemler, çevre bilimciler, tarım uzmanları, sağlık profesyonelleri ve çevre politika yapımcıları için önemli bir araştırma ve çözüm alanı olabilmektedir. Bu çalışmada yüzey topraklarında birikebilen nikelin varlığına ve birikme miktarlarına değinilmiştir. Bu zamana kadar Adıyaman il merkezinde özellikle nikelin varlığının ve birikme miktarlarının dört mevsim boyunca takip edilmesini konu alan ilk çalışma olduğu için önem arz etmektedir.

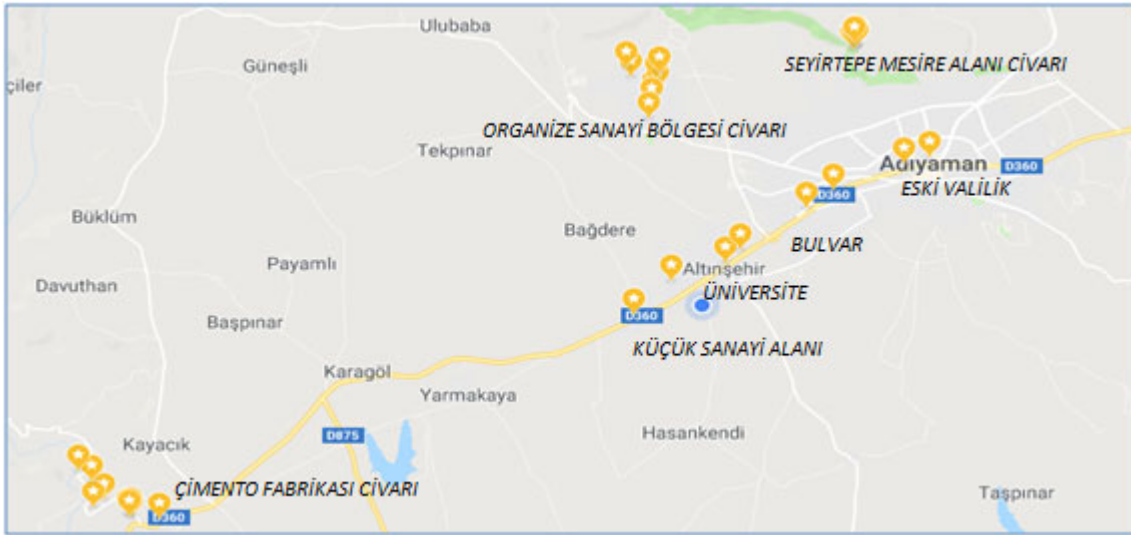
### AMAÇ

Bu çalışmada Nikelin, Adıyaman ili ve çevresindeki yüzey topraklarında mevcut

durumunu belirlemek, kontrol bölgesine ve toprak tarafından tolere edilebilir seviyelere göre karşılaştırma yapmak ve alınabilecek önlemleri belirlemek amacıyla, mevsimsel izleme yapılmıştır.

### KAPSAM

Adıyaman merkez ilçe boyunca trafik ve diğer insan aktivitelerinin yoğun olduğu yerlerden (Küçük Sanayi Bölgesi - Adıyaman Üniversitesi - Atatürk Bulvarı - Eski Valilik meydanı civarından), Organize Sanayi Bölgesi civarından, Çimento Fabrikası Bölgesi civarından ve kontrol bölgesi olarak Seyirtepe Mesire Alanı civarından dört mevsim toprak numuneleri aynı numune alma noktalarına yakın alınarak (Şekil 1), nikel ölçümleri için laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 1. Toprak Numunelerinin Alındığı Bölgelerden Görünümler

### ARAŞTIRMA PROBLEMİ

Toprak yüzeylerinde biriken nikelin varlığı ve nikel birikme miktarlarındaki değişim,

araştırma probleminin alt yapısını oluşturmaktadır.

## ARAŞTIRMANIN KISITLILIKLARI

Mevcut imkanlar dahilinde çalışma kapsamında incelenen bölgelerin ikisinden her mevsim için yedişer numune diğer ikisinden her mevsim için beşer numune alınarak toplamda doksan altı numune ile çalışma yürütülmüştür.

## YÖNTEM

Toprak numuneleri etüvde 105 °C'de 24 saat kurutulmuş, 200 mg tartılarak içine 6 ml %65'lik (HNO<sub>3</sub>) nitrik asit ve 2 ml %40 lık (HF) hidroflorik asit eklendikten sonra Berghof marka MSW-4 model mikrodalga fırında 40 bar basınçta ve 180 °C'de 25 dakika yakılmıştır. Daha sonra soğutularak doymuş borik asit çözeltisinden 20 ml eklenip Berghof marka MSW-4 model mikrodalga cihazında 40 bar basınçta ve 190 °C'de 10 dakika yakılmıştır. Son işlemde ise 40 ml kalan

numunelerden 0,1 ml alınıp ultra saf su ile 10 ml ye seyreltilerek Perkin-Elmer marka NexION 350X model ICP-MS sistemde nikel ve diğer metal içerikleri okutulmuştur. Okunan değerler "mg/kg kuru ağırlık" olarak hesaplanmıştır.

Kontrol bölgesi olan Seyirtepe Mesire Alanı civarı yüzey toprağı nikel değerleri ile diğer bölgelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca dört mevsim boyunca nikel değişimi izlenmiştir. Dört bölge için okunan nikel değerlerinin ikili gruplar oluşturularak t- testi yapılmış, istatistiksel olarak anlamlı farklar olup olmadığı belirlenmiştir.

## BULGULAR

Tablo 1'de toplam doksan altı adet numune alındığı ve dört mevsimi kapsayacak şekilde planlama yapıldığı görülmektedir.

**Tablo 1.** Dört Mevsim Yüzey Toprağındaki Nikel Ölçüm Değerleri

	Yaz		Bahar		Güz		Kış	
	Numune No	Ni (mg/kg)	Numune No	Ni (mg/kg)	Numune No	Ni (mg/kg)	Numune No	Ni (mg/kg)
Çimento Fabrikası Civarı	1	106,44	25	127,92	49	147,77	73	113,40
	2	108,88	26	147,42	50	154,13	74	121,95
	3	155,31	27	174,75	51	187,95	75	129,57
	4	140,43	28	162,45	52	170,53	76	145,03
	5	158,31	29	129,38	53	162,54	77	134,74
	6	122,50	30	154,63	54	156,55	78	140,35
	7	138,37	31	139,68	55	239,40	79	140,58
Küçük Sanayi Bölgesi-Adıyaman Üniversitesi- Atatürk Bulvarı - Eski Valilik Meydanı Civarı	8	260,61	32	207,80	56	159,53	80	181,88
	9	139,72	33	175,28	57	186,28	81	125,84
	10	157,59	34	196,14	58	142,59	82	189,92
	11	224,50	35	275,18	59	240,13	83	234,29
	12	201,02	36	218,95	60	210,19	84	164,22
	13	154,63	37	206,06	61	133,50	85	159,17
	14	211,12	38	228,04	62	191,00	86	196,97
Seyirtepe Mesire Alanı Civarı	15	60,51	39	75,19	63	75,86	87	94,65
	16	65,29	40	60,27	64	68,05	88	65,76
	17	93,84	41	55,35	65	70,69	89	94,85
	18	83,35	42	76,66	66	66,02	90	95,93
	19	84,52	43	81,09	67	77,84	91	74,20
	20	170,77	44	128,79	68	104,76	92	120,47

Organize Sanayi Bölgesi Cıvarı	21	242,81	45	171,40	69	149,90	93	175,64
	22	170,77	46	578,83	70	360,75	94	514,59
	23	122,65	47	201,33	71	271,14	95	239,29
	24	166,33	48	370,93	72	322,95	96	213,08

Tablo 2’de dört mevsim toprak numunelerindeki Nikel değerlerinin aritmetik ortalama ve Standard sapma değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre Organize Sanayi Bölgesi civarında nikel değerleri ortalama ve Standard sapma

değerleri oldukça büyük değerler aldığı görülmektedir. Sonra sırasıyla Küçük Sanayi Bölgesi - Adıyaman Üniversitesi - Atatürk Bulvarı - eski valilik meydanı civarı, Çimento Fabrikası civarı ve Seyirtepe Mesire Alanı civarı gelmektedir.

**Tablo 2.** Yüzey Toprağı Nikel Ölçümlerinin İstatistiksel Verileri

Toprak numune noktaları	Nikel Oranı (mg/kg)			
	Yaz	Bahar	Güz	Kış
Çimento Fabrikası Cıvarı	132,89±20,90	148,03±17,26	163,24±14,36	132,23±11,35
Küçük Sanayi Bölgesi - Adıyaman Üniversitesi - Atatürk Bulvarı - Eski Valilik Meydanı civarı	192,74±43,82	215,35±31,28	187,83±40,90	178,90±34,02
Seyirtepe Mesire Alanı Cıvarı	77,50±14,04	69,71±11,22	71,69±5,04	85,08±14,11
Organize Sanayi Bölgesi Cıvarı	174,66±43,15	290,26±185,67	241,90±110,48	252,61±153,10

P<0,01

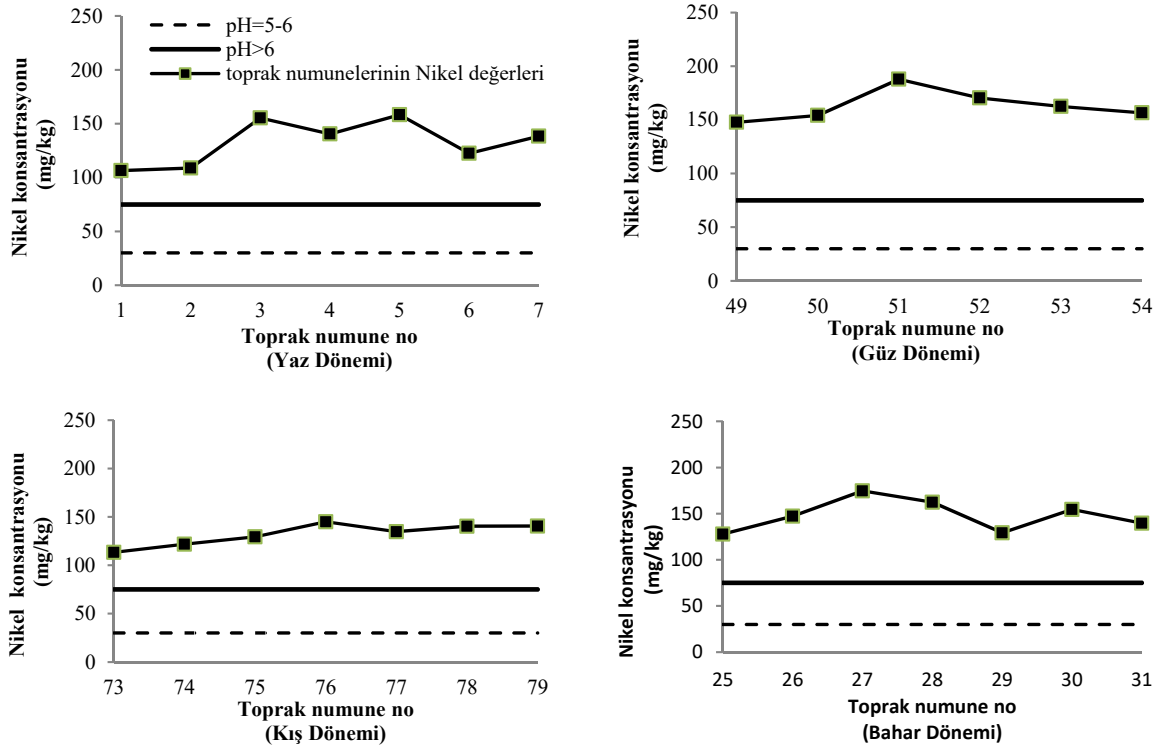
Nikel içeriği bakımından gruplar arasında ortalamalar bakımından istatistiki farklılıklara rastlanılmıştır (P<0,01). Çimento fabrikası civarı, Küçük Sanayi Bölgesi - Adıyaman Üniversitesi - Atatürk Bulvarı boyunca eski valilik meydanı civarına kadar ve Organize Sanayi Bölgesi civarı toprak numunelerinde nikel değerleri bakımından Seyirtepe Mesire Alanı civarı toprak numunelerine göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Dolayısıyla topraklarda kirlenmeler söz konusudur.

2005 yılı Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre; toprakta müsaade edilebilir nikel değerleri “30-75 mg/kg Fırın kuru toprak”dır. pH değeri 7’den büyük ise

çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda ilgili bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir. Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir (Şimşek ve diğ., 2021; Anonim, 2010). Tablo 1 de sunulan değerler bu kapsamda Şekil 2-3-4-5’te analiz edilmiştir.

Çimento Fabrikası civarı dört mevsim boyunca alınan toprak numunelerinde, ölçülen nikel muhtevaları birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. “100mg/kg fırın kuru ağırlık” tolere edilebilir seviyesini aşan durumlar mevcuttur (Şekil 2).

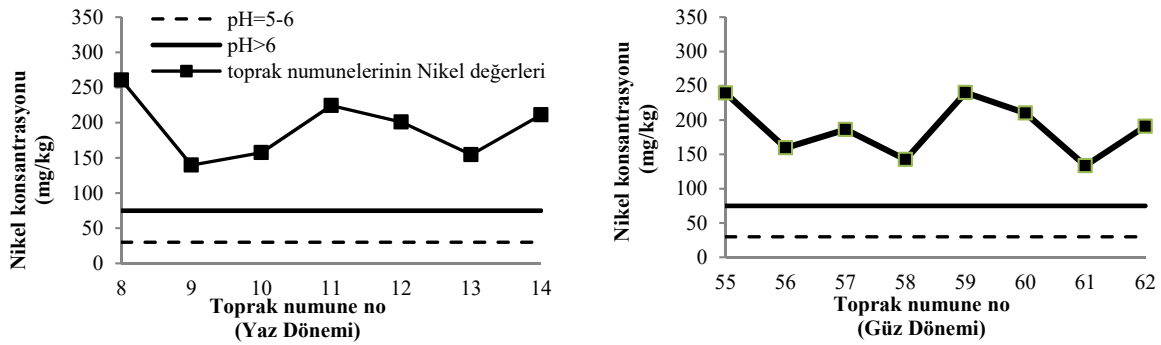


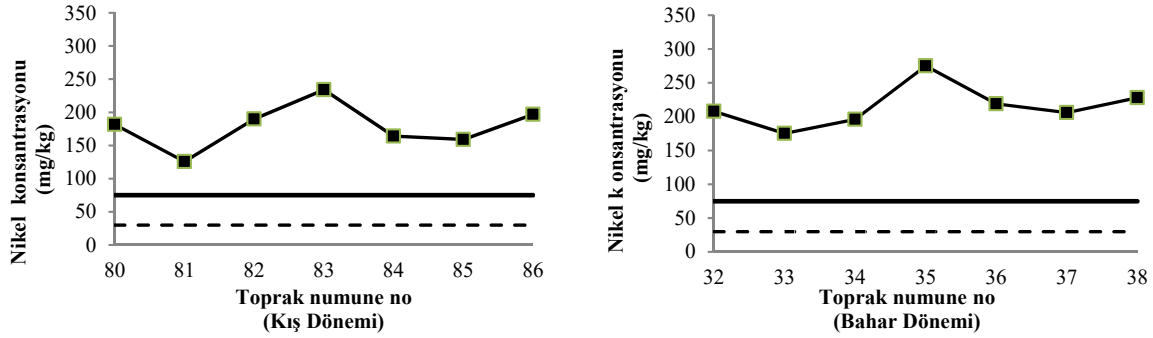


**Şekil 2.** Çimento Fabrikası Civarı YüzeY Topraklarının Nikel Değerlerinin Tolere Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Şehir trafiğinin ve yerleşim yerlerinin birleştiği “Küçük Sanayi Bölgesi-Adıyaman Üniversitesi-Atatürk Bulvarı - eski valilik meydanı civarında, Çimento Fabrikası civarına göre oldukça yüksek nikel içerikli yüzey toprakları mevcut olduğu belirlenmiştir. Dört mevsim boyunca durumun benzerlik gösterdiği şekiller

üzerinde görülmektedir. Kontrol noktası olarak kabul edebileceğimiz Seyirtepe Mesire Alanı’na göre ise çok yüksek değerler belirlenmiştir. “30-75 mg/kg Fırın kuru ağırlığı” sınırını oldukça aşmış durumda olduğu belirlenmiştir. Dört mevsim boyunca toprak numunelerinin nikel değerleri birbirine yakın olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

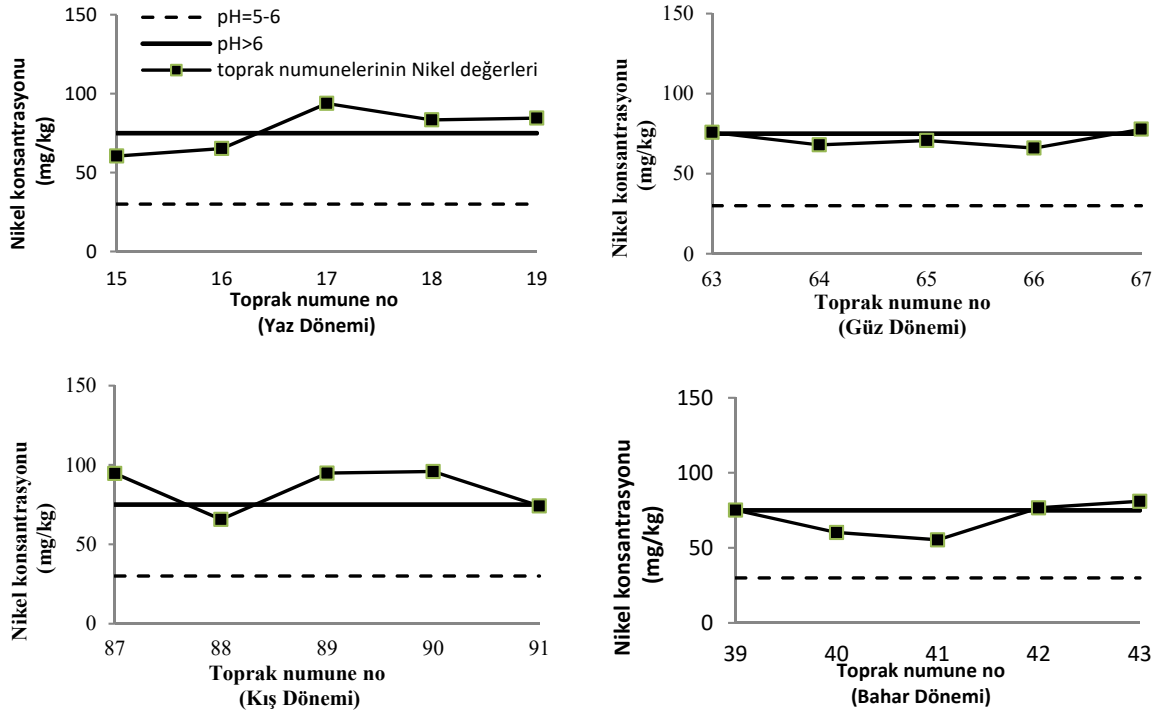




**Şekil 3.** Küçük Sanayi-Adıyaman Üniversitesi - Atatürk Bulvarı - Eski Valilik Meydanı Civarı YüzeY Topraklarının Nikel Değerlerinin Tolere Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Şehrin dinlenme merkezlerinden biri olan Seyirtepe Mesire Alanı civarında yüzeY topraklarının nikel muhtevası, toprak kirliliği kontrol yönetmeliğine göre uygun

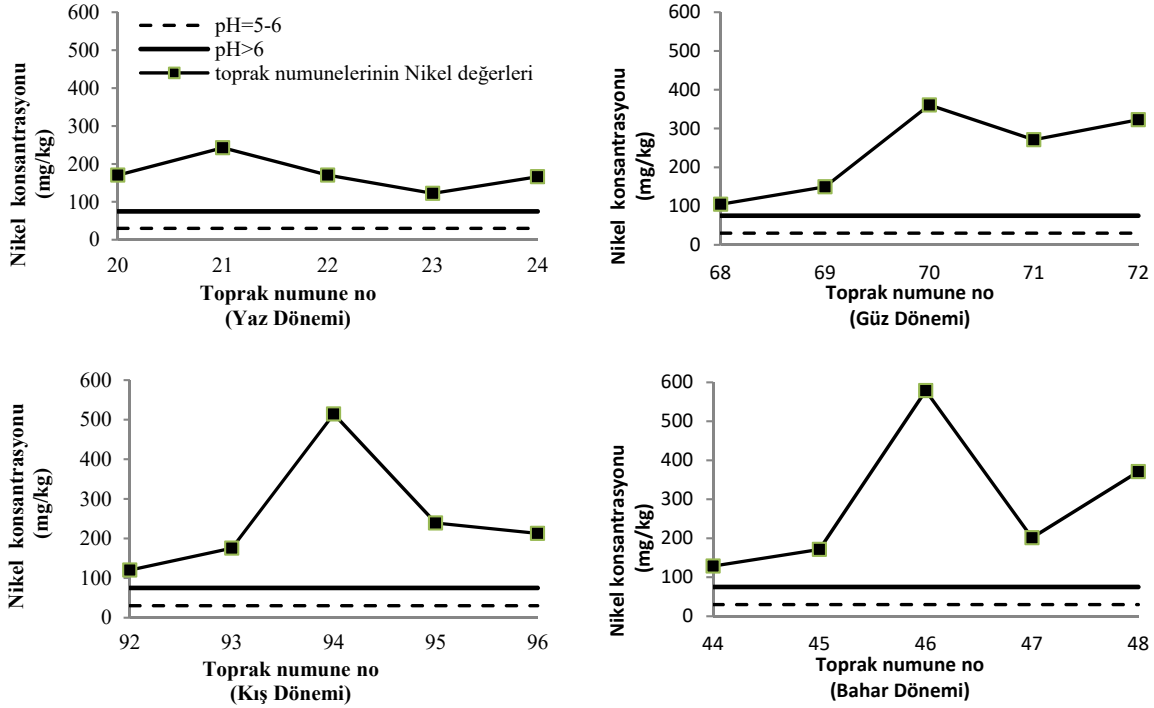
seviyelerde olduğu şekiller üzerinde görülmektedir. Dört mevsim boyunca nikel muhtevası birbirine yakın değerler gözlenmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Seyirtepe Civarı YüzeY Toprakları Nikel Değerlerinin Tolere Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Adıyaman iline ait yüzeY topraklarından alınan numunelerde en yüksek nikel muhtevası, organize sanayi civarı yüzeY

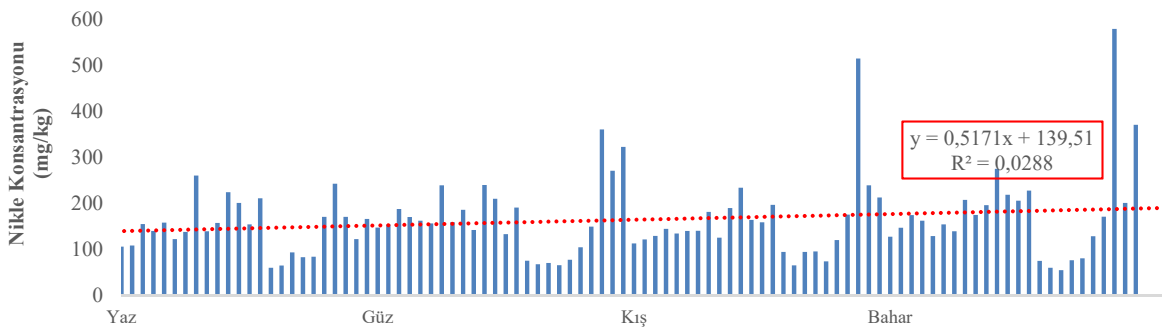
topraklarında tespit edilmiştir. Dört mevsim boyunca birbirine yakın yüksek değerler tespit edilmiştir (Şekil 5).



**Şekil 5.** Organize Sanayi Bölgesi Cıvırı Yüzey Toprakları Nikel Değerlerinin Tolere Edilebilir Değerlerle Karşılaştırılması

Nikel konsantrasyonu incelemesinin yapıldığı 4 bölgenin sonuçları Adıyaman il genelindeki nikel konsantrasyon dağılımı hakkında yorum yapılmasına imkan sunabilecektir.

Nikel Konsantrasyonunun mevsimsel değişimi incelenebilmesi için 4 bölgenin hepsindeki sonuçlar Şekil 6' da mevsimsel değişim sürecinde bir arada gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Adıyaman İli Nikel Konsantrasyonunun Mevsimsel Değişimi

Grafiğin doğrusal değişim eğilim çizgisi incelendiğinde nikel konsantrasyonunun yaz mevsiminden ilkbahara doğru mevsim değişimi sürecinde artış gösterdiği gözlenmektedir. Kış ve ilkbahar

dönemlerindeki bu artışın sebeplerinin araştırılması öngörülmektedir. Genel olarak nikel kirliliğinin üst limit olan değerleri de aştığı görülmektedir. Üst limiti aşmayan

yerlerin muhafaza altına alınması ön görülmektedir.

## SONUÇ

Adıyaman il sınırları içerisindeki Çimento fabrikası civarı, Küçük Sanayi - Adıyaman üniversitesi - Atatürk Bulvarı - eski valilik meydanı civarı ve Organize Sanayi Bölgesi civarı toprakları, Seyirtepe Mesire Alanı topraklarına kıyasla nikel konsantrasyonu bakımından kirlilik oranının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Dört mevsim boyunca Çimento Fabrikası civarı, Küçük Sanayi'den itibaren Atatürk Bulvarı boyunca yüzey toprakları numunelerinin nikel muhtevalarındaki birbirine yakın ve yüksek değerler alması, organize sanayi civarında ise çok yüksek değerler alması, yem bitkileri yetiştiriciliğine elverişli olup olmadığı ile ilgili bilimsel çalışmaların yapılması ihtiyacını göstermektedir.

Organize Sanayi Bölgesi, Atatürk Bulvarı civarı, Küçük Sanayi Bölgesi, Çimento Fabrikası civarı yem bitkileri için Nikel açısından elverişli alanlar olduğu söylenebilir. Çünkü diğer metal içeriklerinde uygunluk gösterdiği yapılan çalışmalarda görülmüştür (Dere, 2022).

Seyirtepe Mesire Alanı gibi insan aktivitelerinin az olduğu dinlenme alanları civarlarının koruma alanları olarak belirlenmesi canlı hayatı için önem arz etmektedir.

Adıyaman ili genelinde yüzey topraklarının nikel muhtevası 2010 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan Toprak

Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik tarafından toprakta müsaade edilen nikel sınır değerlerinin üstünde olduğu gözlenmiştir.

## TARTIŞMA

Nikel doğada çok düşük seviyede (Seven, 2018) bulunmasına rağmen, bu çalışmada Seyirtepe Mesire Alanı hariç diğer bölgelerde yüksek seviyelerde olduğu bulunmuştur. Bu durum antropojenik faaliyetlerin mevcut olduğu bölgelerde nikelin yüksek değerleri ile sonuçlanmıştır.

Nikelin toprakta müsaade edilebilir değeri 30-75 mg/kg, pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda ilgili Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir (45-112,5 mg/kg) iken, Nikel ölçüm değerleri Seyirtepe Mesire Alanı hariç, diğer bölgelerde yüksek bulunduğu için tehlike arz etmektedir. Fakat Ağız yolu ile alınma sınır değeri 1600 mg/kg, soluk yoluyla alınma sınır değeri 13.000 mg/kg (Seven, 2018) olduğundan dolayı, mevcut nikel konsantrasyonları kabul edilebilir seviyede görülmektedir.

## ÖNERİLER

Mevcut durumların devam etmesi durumunda nikel kirliliği söz konusu olabileceği, diğer bir deyişle, canlı hayatı üzerinde hastalıklara neden olabileceği göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle il genelinde topraktaki nikel düzeyini kabul edilebilir sınırlara çekmek için toprakta uygun ıslahat çalışmaları yapılmasına yönelik araştırmalar yapılması önerilir.

Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre sınır değerleri olan 30-75 mg/kg'ı, yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir. Gerekli Tıbbi bilimsel çalışmaların yapılarak Adıyaman ili genelindeki nikel konsantrasyonundaki bu yüksekliğinin çevre ve insan sağlığına zararlı olup olmadığı ile ilgili ayrıca bir proje çalışması olarak yürütülmesi önerilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından MÜFMAP/2015-0012 no'lu proje kapsamında yürütülen projenin verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

## KAYNAKÇA

Adiloğlu, S., & Sağlam, M. T. (2015). Tekirdağ İli Topraklarının Krom ve Nikel İçerikleriyle Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Arasındaki İstatistiksel İlişkiler. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 12(2).

Akyıldız, M., & Suleiman, F. (2024). İmamoglu, Dilekkaya ve Mercimek (Adana) Arasında Kalan Topraklardaki Ağır Metal İçeriklerinin Zenginleşme Faktörüne Göre Değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(1), 251-259.

Akyıldız, M., Savaş, M., & Karataş, B. (2023). Kozan, Dikilitaş ve Alapınar (Adana) Arasında Bulunan Topraklardaki Ağır Metal İçeriklerinin Jeobirikim İndeksine göre İncelenmesi. *Geosound*, 58(1), 1-19.

Anonim. (2010). 27605 sayılı 08.06.2010 tarihli Toprak Kirliliği Kontrolü ve

Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik (TKKY 2010/27605).

Baykanoğlu, Ö. (2021). *Bartın İli Orman Alanlarındaki Toprakta Mevcut Olan Ağır Metallerin Seviyesinin Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Bingöldağ, N. (2017). *Nevşehir İlinin Toprak, Su ve Tarım Ürünlerinde Doğal Radyoaktivitenin ve Ağır Metallerin Belirlenmesi* [Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Böbrek, O. (2019). *Madencilik faaliyetlerinin toprak kirliliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi: Orhaneli ve Büyükorhan (Bursa) örneği* [Master's Thesis]. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Dartan, G., & Toröz, İ. (2013). Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1), 24-40.

Daşdemir, A. (2015). *İstanbul Avrupa Yakası Otoban Kenarlarındaki Tarım Arazilerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dere, T. (2022). *Ağır metal – karaçam – temiz hava*. Güven Plus Grup Yayınları.

Gökbayrak, E. (2018). *Sinop ili toprak örneklerinde ağır metal kirliliğinin belirlenmesi* [Master's Thesis]. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karataş M. (2004). *Konya ana tahliye kanalında ağır metallerin incelenmesi bitki ve topraktaki birikimin tespiti* [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kirat, G., & Savcı, S. (2023). Ulutaş Köyü (Erzurum) Bölgesindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması.

- Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(2), 223-233.
- Pekacar, A. Y., & Bağdatlı, M. C. (2021). *İstanbul-Ankara otoyoluna yakın tarım arazilerindeki ağır metal kirlilik düzeylerinin belirlenerek coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla mekânsal olarak haritalanması* [Master's Thesis]. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N., & Ocak, S., (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Şahin, S., & Türksoy, V. A. (2023). İmmün sistemi desteklemek için kullanılan gıda takviyelerinde potansiyel toksik metal düzeylerinin değerlendirilmesi. *Bozok Tıp Dergisi*, 13(4), 94-102.
- Şimşek, T., Kalkancı, N., & Büyük, G. (2021). Tarım topraklarındaki ağır metallerin kirlilik düzeylerinin belirlenmesi: Osmaniye örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 106-116.
- Tokmak, M., Bertiz, D., Özbey, D., Ekşi, I., Ak, M., & Güneş, A. (2019). Design Proposal Model for Improving Rivers with Phytoremediation Method. *Uluslararası Peyzaj Mimarlığı Araştırmaları Dergisi (IJLAR)*, 3(1), 31-38.
- Türker, N. P. (2023). Kanser Gelişiminde Ağır Metallerin Rolü. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 6(1), 101-118.
- Veli, S., Ayberk, S., Çeliker, B. S., & Alyüz, B., (2005). Kurşun, kadmiyum, civa ve nikel ile kirlenmiş toprakların incelenmesi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2005(1), 141-146.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Sahin, U., & Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 103-114.
- Yıldız, S., Gürgen, A., & Çevik, U. (2019). Accumulation of metals in some wild and cultivated mushroom species. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 37(4), 1375-1384.

## EXTENDED ABSTRACT

**Aim:** This study aims to determine the current status of nickel in surface soils in Adıyaman province and its surroundings, compare it with the control area and tolerable levels by the soil, and determine possible precautions through seasonal monitoring.

**Scope:** Soil samples were collected from locations where traffic and other human activities are intense along the Adıyaman central district (Small Industrial Zone - Adıyaman University - Atatürk Boulevard - Former Governorship square area), around the organized industrial zone, around the cement factory area, and the control area near Seyirtepe recreation area for all four seasons, and brought to the laboratory for relevant measurements. In the scope of the study, 7 samples were taken from each of two of the areas for each season, and 5 samples were taken from each of the other two areas for each season, totaling 96 samples for the study to be conducted. **Method:** A total of 96 soil samples were collected and dried in an oven at 105°C for 24 hours. Each sample weighing 200 mg was then treated with 6 ml of 65% nitric acid (HNO<sub>3</sub>) and 2 ml of 40% hydrofluoric acid (HF). The mixture was then subjected to microwave digestion using a Berghof MSW-4 model microwave oven at 40 bar pressure and 180°C for 25 minutes. Subsequently, after cooling, 20 ml of saturated boric acid solution was added, and the mixture was digested again in the Berghof MSW-4 model microwave oven at 40 bar pressure and 190°C for 10 minutes. In the final step, 0.1 ml of the remaining sample was taken from the 40 ml solution and diluted to

10 ml with ultrapure water. Nickel and other metal contents were analyzed using a Perkin-Elmer NexION 350X model ICP-MS system. The readings were calculated in "mg/kg dry weight." The surface soil nickel values in the control area, Seyirtepe picnic area, were compared with those of other regions. Additionally, nickel changes were monitored throughout the four seasons. Nickel values for each of the four regions were grouped into pairs, and a t-test was performed to determine whether there were statistically significant differences. **Results:** Table 1 shows that a total of 96 samples were collected, and planning was done to cover all four seasons. Table 2 presents the arithmetic mean and standard deviation values of nickel concentrations in soil samples for each season. According to these values, it can be observed that the nickel concentrations around the Organized Industrial Zone have relatively high mean and standard deviation values. Subsequently, the areas from the Small Industrial Zone-Adıyaman University-Atatürk Boulevard- Former Governorship Square to the Cement Factory vicinity and Seyirtepe recreation area vicinity follow in decreasing order. Statistically significant differences were found among groups regarding mean nickel concentrations (P<0.01). Soil samples around the Cement Factory vicinity, from the small industrial zone-university-boulevard to the former governorship square, and around the Organized Industrial Zone yielded higher nickel values than the soil samples from the Seyirtepe vicinity. Consequently, soil contamination is evident. According to the Soil Pollution Control Regulation of 2005,

permissible nickel values in soil are "30-75 mg/kg oven-dry soil." If the pH value is greater than 7 and does not threaten the environment or human health, the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye can increase the limit values by up to 50%. In areas where forage crops are grown, and scientific studies prove that they do not pose a threat to the environment or human health, exceeding these limit values may be permissible (Dere, 2022). The values presented in Table 1 have been analyzed within this context, as shown in Figures 2-3-4-5. Soil samples taken around the Cement Industry vicinity throughout the four seasons show that the measured nickel contents are similar. In some cases, the tolerable level of "100 mg/kg oven-dry weight" is exceeded (Figure 2). In the region where city traffic and residential areas converge, known as the "Small Industry-University-Former Governorship Square Line (Boulevard Vicinity)," surface soils with significantly high nickel content were identified compared to the Cement Factory area. This trend remained consistent throughout the four seasons. Conversely, extremely high values were determined compared to the Seyirtepe Picnic Area, surpassing the limit of "30-75 mg/kg oven-dry weight" stipulated by the Soil Pollution Control Regulation. Nickel values in soil samples remained relatively consistent throughout the four seasons (Figure 3). The nickel content of surface soils in Seyirtepe and its vicinity, one of the city's recreation centers, was observed to be at appropriate levels according to the soil pollution control regulation. Consistent nickel concentrations were observed throughout the four seasons

(Figure 4). The highest nickel content in samples taken from surface soils belonging to Adiyaman province was detected around the Organized Industrial Zone. Consistently high values were observed throughout the four seasons (Figure 5). The results of the examination of nickel concentrations in the four regions could provide insights into the distribution of nickel concentration in Adiyaman province. To investigate the seasonal variation in nickel concentration, the results from all four regions are depicted together in Figure 6. Upon examining the linear trend line, it is observed that nickel concentration increases from summer to spring during the seasonal transition. Further research is warranted to explore the reasons for this increase during winter and spring. Overall, it is evident that nickel pollution exceeds the upper limit values. It is recommended to preserve areas that do not exceed the upper limit values. **Conclusion:** The soils around the Cement Factory vicinity, the Small Industry-University-Boulevard-Former Governorship Square vicinity, and the Organized Industrial Zone vicinity in Adiyaman province were found to have higher pollution levels in terms of nickel concentration compared to the soil in the Seyirtepe Picnic Area. Consistently high and similar nickel contents in surface soil samples from the Cement Factory vicinity to the boulevard from the small industrial zone indicate the need for scientific studies on the suitability of these areas for forage crop cultivation, considering that they have shown suitability for other metal contents in previous studies (Dere, 2022). Areas such as Seyirtepe, where human activities are low,





should be designated as conservation areas, which are important for wildlife. The nickel concentration in Adıyaman province was observed to be significantly higher than the limit values determined by the Ministry of Agriculture and Forestry of the Republic of Türkiye. **Recommendations:** Considering the possibility of nickel pollution and its potential adverse effects on wildlife, efforts should be made to bring the nickel level in the soil within acceptable limits through appropriate reclamation studies throughout the province. According to the Soil Pollution Control Regulation, the limit values of 30-75 mg/kg can be exceeded in areas where forage crops are grown. Scientific studies prove that they do not threaten the environment or human health. Therefore, conducting the necessary medical and scientific studies to determine whether the high nickel concentration in Adıyaman Province is harmful to the environment and human health is recommended. This could be conducted as a separate project.

## PANEL DATA APPROACH IN SOLID FUEL ANALYSIS: THE CASE OF TÜRKİYE<sup>1</sup>

### KATI YAKIT ANALİZİNDE PANEL VERİ YAKLAŞIMI: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Senai YALÇINKAYA<sup>1</sup>, Murat KORKMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marmara University, Faculty of Technology, Istanbul / Türkiye

<sup>2</sup>Güven Plus Group Inc., Istanbul / Türkiye

ORCID NO: 0000-0001-7076-7766<sup>1</sup>, 0000-0001-7925-5142<sup>2</sup>

**Abstract: Introduction:** It is a fact that developing countries of the world and Türkiye have an important place in energy consumption. This study is very important to understand the developments in the solid fuel sector in the period 2016-2023 and the dynamics underlying these developments. This study focuses on the solid fuel sector in Türkiye for the period 2016-2023. The data used in the study consists of data obtained using Panel data analysis method and analysed with E-Views 8.0 program.

**Aim:** To investigate the relationship between solid fuel factors and their interactions.

**Scope:** Within the scope of the study, statistical analysis methods such as unit root tests, Granger causality analysis, cointegration analysis, covariance analysis and regression analysis were used and analysed.

**Results:** It was found that solid fuel variables do not contain unit root. In other words, they were found to be stationary after the analysis and statistical evaluation. While a negative relationship was found between imports and production, a positive relationship was found between exports and production. While no negative relationship was found between deliveries and production, a causality relationship was found between exports and production. While a causal relationship was found between production and delivery, a causal relationship was found between imports and exports and production. A causal relationship was also found between exports and deliveries.

**Conclusion:** In line with the findings and results obtained after this study, the relationships and interactions between the variables in the solid fuel sector in Türkiye have been revealed. These findings can provide important guidance to stakeholders and policy makers in the sector and form the basis of future strategic decisions.

**Keywords:** Solid Fuel, Panel Data Analysis, Relationship Analysis, Türkiye, Energy Policies

**Öz: Giriş:** Gelişmekte olan dünya ülkeleri ve Türkiye'nin enerji tüketiminde önemli bir yere sahip olduğu göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Katı yakıt sektörü, 2016-2023 dönemindeki gelişmeleri ve bu gelişmelerin temelinde yatan dinamikleri anlamak açısından bu çalışma oldukça önem taşımaktadır. Bu çalışma Türkiye'deki katı yakıt sektörünü 2016-2023 dönemine odaklanarak hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Panel veri analizi yöntemi kullanılarak elde edilen verilerden oluşmakta olup, E-Views 8.0 programıyla analizi gerçekleştirilmiştir.

**Amaç:** Katı yakıt faktörleri arasındaki ilişkiyi ve etkileşimlerini araştırmaktır.

**Kapsam:** Çalışma kapsamında istatistiksel analiz yöntemleri çerçevesinde birim kök testleri, granger nedensellik analizi, cointegration analizi, kovaryans analizi ve regresyon analizi gibi yöntemler kullanılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.

**Bulgular:** Katı yakıt değişkenlerinin birim kök içermediği saptanmıştır. Yani yapılan analiz ve istatistik değerlendirilme sonrasında durağan oldukları görülmüştür. İthalat ile üretim arasında negatif bir ilişki bulunurken; ihracat ile üretim arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Teslimat ile üretim arasında negatif bir ilişki saptanmamışken; ihracat ve üretim arasında nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Üretim ve teslimat arasında nedensellik ilişkisi saptanırken; ithalat ve ihracat ile üretim arasında nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür. İhracat ve teslimat arasında da nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Bu çalışma sonrasında elde edilen bulgu ile sonuçlar doğrultusunda Türkiye'deki katı yakıt sektöründeki değişkenler arasındaki ilişkileri ve etkileşimlerin neler olduğu ortaya konmuştur. Elde edilen ve saptanan bu bulgular, sektördeki paydaşlara ve politika yapıcılara önemli bir kılavuz sağlayabilecek ve gelecekteki stratejik kararların temelini oluşturabilecek nitelik ile içerkindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Katı Yakıt, Panel Veri Analizi, İlişki Analizi, Türkiye, Enerji Politikaları

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Senai YALÇINKAYA, Marmara University, Faculty of Technology, Istanbul / Türkiye, syalcinkaya@marmara.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 22.11.2023, Kabul Tarihi / Accepted: 27.04.2024, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma - Uygulama; Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok - Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None, "This study was prepared using panel data published in TUIK and it was decided that it did not require an ethics committee report upon the authors' statements.", "Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. / This study has been prepared in accordance with Research and Publication Ethics."



## INTRODUCTION

Scarce resources and growing needs are increasingly affecting the countries of the world in different ways (Huo & Peng, 2023). Among these impacts are the increasing demands for energy and the problem of meeting these demands (Asif & Muneer, 2007). Energy consumption in the developing world and Türkiye has gained significant momentum due to factors such as economic growth, industrialisation and population growth on a global scale (İsmiç, 2015).

This situation reveals that the role of solid fuel in the energy sector is too important to be ignored (Akpan & Akpan, 2012). Solid fuel is a type of fuel derived from natural resources such as coal, wood, petroleum coke, coal slag and is widely used in energy production (ScienceDirect, n.d.). In the period between 2016 and 2023, energy demand has increased rapidly worldwide and especially in developing countries, and the share of solid fuel in this increase has become quite significant (Çelik, 2021).

Türkiye's high energy dependence on foreign energy causes Türkiye to be unable to utilise domestic resources sufficiently for sustainable development (Yılankırkan & Doğan, 2020).

There are some reasons for the insufficient utilisation of domestic resources for sustainable development in Türkiye. These are;

- ✓ **Inadequacy of Technological Infrastructure and Investment:** The insufficient technological infrastructure and investments

required for Türkiye to utilise sustainable energy resources is seen as an important obstacle. The utilisation of renewable energy sources, especially wind and solar energy, relies on modern technologies and large-scale investments. The lack of this infrastructure restricts the efficient utilisation of domestic resources (Emeksiz & Fındık, 2021).

- ✓ **Current Energy Policies and Incentives:** Türkiye's energy policies and incentives generally encourage energy production based on fossil fuels. This hinders the development of domestic and renewable energy resources. It is therefore important that the policies and incentives that influence the decisions of investors and energy companies include favourable incentives for sustainable energy sources (Şencan, 2022).
- ✓ **Financial Challenges:** Renewable energy projects generally have high initial costs. The fact that financial institutions and investors in Türkiye do not provide sufficient support to such projects limits the utilisation of domestic resources. Providing low-cost and long-term financing opportunities is seen as an important factor in the development of domestic resources (Akdağ & Gözen, 2020).
- ✓ **Infrastructure and Distribution Network Issues:** In order to utilise renewable energy resources effectively, appropriate infrastructure and distribution network are needed. However, infrastructure deficiencies

and distribution network problems in Türkiye make it difficult to utilise renewable energy resources in some regions. This situation prevents the full utilisation of the potential of domestic resources (Seydioğulları, 2013).

For these reasons, Türkiye's inability to utilise domestic resources sufficiently for sustainable development is an important problem. Comprehensive policy changes and investments are required to solve these problems.

Energy is a determinant of economic prosperity in many countries around the world (Raheem & Yusuf, 2015) and is vital for development and sustainability (Jie et al., 2023). Factors such as economic growth, population growth and urbanisation interact significantly with increasing energy demand (Zhao & Wang, 2015). Therefore, Türkiye's energy demand is increasing rapidly in parallel with the increasing population (Çalışkan, 2015). In general, the main reasons for this increase are population growth, urbanisation, economic growth and rising living standards (Turok & McGranahan, 2013). Energy security is of strategic importance in terms of utilising local resources and reducing external dependence (Johansson, 2013). It is a fact that changes in energy consumption have significant impacts on the economy, environment and energy policies (Tosun, 2021). In this context, the development of the solid fuel sector requires more emphasis on the interaction of various factors such as economic growth, technological progress, environmental

impacts and energy security (Sarıtunalı, 2021). Today, many countries in the world have accelerated their efforts towards renewable energy (Özbektaş et al., 2023). In particular, studies on the widespread use of renewable green energy consumption instead of fossil-oriented solid waste use are continuing rapidly (Dumrul et al., 2024). It is a very important indicator that the developed world countries develop new strategies to meet this increasing energy need; these strategies are long-term, permanent and effective and more future-oriented (Yıldırım & Nuri, 2018). The acceptance of the concept of renewable energy as an economic development and differentiation is also among the factors that attract attention (Sütterlin & Siegrist, 2017). It is seen that the efficient and sustainable use of energy resources will play an important role in shaping the future energy policies of Türkiye and many world countries (Yılmaz & Can Öziç, 2018).

#### **AIM**

The main objective of this study is to analyse the solid fuel sector in Türkiye focusing on the period 2016-2023 and to understand the relationships and interactions between variables in the sector. In the study, the panel data obtained from TurkStat were made suitable for analysis and the analysis was carried out using the panel data analysis method. The panel data obtained and made suitable for analysis were analysed with the E-Views 8.0 program. In the analysis, unit root, granger causality, cointegration, covariance and regression analysis methods were used. As a result of these analyses, the

existence of the relationship between solid fuel factors and how they affect each other were investigated in accordance with the purpose of the study. In this context, the hypotheses of the study were tested and the results that the solid fuel variables do not contain unit root, there are causality relations between some variables, there is no similarity between their averages and the variables are stationary were determined in accordance with the purpose of the study. These findings are intended to contribute to the understanding of the relationships and interactions that are important in the solid fuel sector in Türkiye.

### SCOPE

The panel data obtained from TurkStat for the solid fuel sector in Türkiye for the period 2016-2023 were adapted to the study and taken into consideration. These data consist of data on solid fuels such as lignite, hard coal, fossil fuels, coal used in electricity generation, natural gas.

High dependency ratios represent a salient fact in Türkiye's energy imports. According to 2021 Türkiye solid fuel data, 92.8% of Türkiye's energy imports are met from external sources. These imports reveal that the vast majority of Türkiye's energy supply is sourced from abroad. In particular, Iraq with 42.3 per cent, Russia with 17.3 per cent and Kazakhstan with 14.4 per cent are the most important countries in Türkiye's energy imports (Yalçın & Dogan, 2023).

Due to these high external dependency rates, Türkiye's energy policies and international relations have become an important issue.

This situation poses a risk for energy security and economic stability and leads Türkiye to be careful in its foreign and trade policies.

In this context, diversification of Türkiye's energy strategies and more efficient use of domestic resources have gained importance. Policies such as investing in renewable energy sources, increasing energy efficiency and promoting domestic energy production have become important steps towards reducing the country's energy dependence. However, international co-operation and energy diplomacy also play an important role in Türkiye's energy supply and security. In this framework, the scope of the study is shaped in line with these parallel data.

### METHOD

This research was conducted using the data of the Turkish Statistical Institute for the period 2016-2023 regarding the production, import, export and delivery variables of solid fuels. In this research, panel data analysis was used to examine the solid fuel sector in Türkiye. The data obtained from TurkStat were analysed using E-Views 8.0 software. Unit root tests, Granger causality analysis, cointegration analysis, covariance analysis and regression analysis were used in the analyses. Based on the findings and results obtained from these analyses, the main subject of the research is the existence of the relationship between solid fuel factors and how they affect each other. The hypotheses of the research are that the variables do not contain unit root, there are causality relationships between some variables, there is no similarity between the variables and the variables are stationary. The findings obtained through these methods

contain very important findings for understanding the relationships and interactions of variables in the solid fuel sector in Türkiye.

### PROBLEM OF THE RESEARCH

The main problem of this research is to understand the relationships among solid fuel factors and how these factors affect each other. The hypotheses of the research are that solid fuel variables do not contain unit root, there is no causality between them, there is no similarity between their averages and they are stationary. The relationships between imports, exports, deliveries and production are also analysed. In this context, the research is an important source for understanding the nature and effects of the relationships between variables in the solid fuel industry.

### ANALYSIS OF DATA

Panel data analysis was used in this research. The data obtained from this research were

analysed with E-Views 8.0 programme. As a result of the Unit root, Granger causality, Cointegration, Covariance and Regression analyses, the existence of the relationship between solid fuel factors and how they affect each other were investigated.

### HYPOTHESES OF THE RESEARCH

**H1:** Solid fuel variables do not contain unit root.

**H2:** There is no causality between solid fuel variables.

**H3:** There is no similarity between the averages of solid fuel variables.

**H4:** Solid fuel variables are stationary.

**H5:** There is no relationship between imports and production.

**H6:** There is no relationship between exports and production.

**H7:** There is no relationship between delivery and production.

### APPLICATION AND ANALYSES

**Table 1.** Variable Definitions

PROD	Saleable production value
IMP	Import value
EXPO	Export value
DEL	Delivery value

### ANALYSIS OF KEY INDICATORS

**Table 2.** Key Indicators

	PROD	IMP	EXPO	DEL
Mean	107435.5	2979670.	6670.542	3039278.
Median	110120.0	3027453.	7072.000	3074240.
Maximum	144368.0	4158996.	15510.00	3983638.
Minimum	74354.00	1919126.	389.0000	2111134.
Std. Dev.	19022.06	559072.4	5217.534	527456.8
Skewness	0.133891	0.076919	0.223293	0.020481
Kurtosis	2.173135	2.549024	1.651720	2.053488

Jarque-Bera	0.755413	0.227046	2.017299	0.897562
Probability	0.685432	0.892684	0.364711	0.638406
Sum	2578451.	71512080	160093.0	72942661
Sum Sq. Dev.	8.32E+09	7.19E+12	6.26E+08	6.40E+12
Observations	24	24	24	24

### UNIT ROOT ANALYSIS

**H<sup>1</sup>:** Solid fuel variables do not contain unit root.

According to the unit root tests, since the probability value is higher than the 0.05

confidence interval, it is understood that the main hypothesis can be accepted. The unit root test result for the variables jointly was negative, so the use of these variables in further analyses will not cause any deviation. Solid fuel variables do not contain unit root.

**Table 3.** Unit Root Analysis of Solid Fuel Variables

Group unit root test: Summary  
 Series: PROD, IMP, EXPO, DEL  
 Sample: 2016M01 2023M12  
 Exogenous variables: Individual effects  
 Automatic selection of maximum lags  
 Automatic lag length selection based on SIC: 0  
 Newey-West automatic bandwidth selection and Bartlett kernel  
 Balanced observations for each test

Method	Statistic	Prob.**	Cross-sections	Obs
<b>Null: Unit root (assumes common unit root process)</b>				
Levin, Lin & Chu t*	-2.82531	0.0024	4	92
<b>Null: Unit root (assumes individual unit root process)</b>				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-3.45052	0.0003	4	92
ADF - Fisher Chi-square	26.6768	0.0008	4	92
PP - Fisher Chi-square	27.6490	0.0005	4	92

\*\* Probabilities for Fisher tests are computed using an asymptotic Chi-square distribution. All other tests assume asymptotic normality.

### GRANGER CAUSALITY TEST

**H<sup>2</sup>:** There is no causality between solid fuel variables.

When the causality relationships between the variables are analysed, it is determined that some probability values are less than 0.05 and the H<sub>0</sub> hypothesis should be rejected.

Therefore, causality will be sought between these variables.

- There is a causality relationship between Export and Production variables.

- There is a causality relationship between Production and Delivery variables.

- There is a causality relationship between Import and Export variables.

- There is a causality relationship between Export and Delivery variables.

**Table 4.** Causality Analysis of Solid Fuel Variables

Sample: 2016M01 2023M12

Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
IMP does not Granger Cause PROD	22	0.00862	0.0014
PROD does not Granger Cause IMP		2.55087	0.1074
EXPO does not Granger Cause PROD	22	0.01229	0.9878
PROD does not Granger Cause EXPO		1.63891	0.2234
DEL does not Granger Cause PROD	22	0.22208	0.8031
PROD does not Granger Cause DEL		0.85352	0.0034
EXPO does not Granger Cause IMP	22	0.33880	0.7173
IMP does not Granger Cause EXPO		0.34700	0.0017
DEL does not Granger Cause IMP	22	8.20328	0.0032
IMP does not Granger Cause DEL		2.17399	0.1443
DEL does not Granger Cause EXPO	22	2.16976	0.1448
EXPO does not Granger Cause DEL		0.88217	0.0020

### COVARIANCE ANALYSIS

**H<sub>3</sub>:** There is no similarity between the averages of solid fuel variables.

When the covariance relationships between the variables were analysed, the following relationship was found between the variables.

- There is a negative relationship between imports and production.

- There is a positive relationship between export and production.

- There is a negative relationship between delivery and production.



**Table 5.** Covariance Analysis

Sample: 2016M01 2023M12

Included observations: 24

Correlation	PROD	IMP	EXPO	DEL
PROD	1.000000			
IMP	-0.076227	1.000000		
EXPO	0.291496	0.048917	1.000000	
DEL	-0.171981	0.683306	0.020530	1.000000

**COINTEGRATION ANALYSIS**

**H<sup>4</sup>:** Solid fuel variables are stationary.

When the stationarity analysis was performed for solid fuel variables, the following results were obtained. When the

probability values in the analysis are analysed, it is seen that all probability values are greater than 0.05 and the hypothesis should be accepted. Accordingly, solid fuel variables are stationary.

**Table 6.** Cointegration Analysis

Sample: 2016M01 2023M12

Included observations: 24

Null hypothesis: Series are not cointegrated

Cointegrating equation deterministic: C

Automatic lags specification based on Schwarz criterion (maxlag=4)

Dependent	tau-statistic	Prob.*	z-statistic	Prob.*
PROD	-3.411612	0.2961	-16.09037	0.2655
IMP	-1.602429	0.9490	-12.39821	0.4907
EXPO	-4.448151	0.0653	-22.08046	0.0503
DEL	-3.137877	0.4041	-14.21035	0.3861

\*MacKinnon (1996) p-values.

Warning: p-values may not be accurate for fewer than 25 observations.

Intermediate Results:

	PROD	IMP	EXPO	DEL
Rho - 1	-0.699581	-1.094212	-0.960020	-0.617841
Rho S.E.	0.205059	0.682846	0.215825	0.196898
Residual variance	2.84E+08	1.10E+11	24000713	1.28E+11
Long-run residual variance	2.84E+08	3.53E+10	24000713	1.28E+11
Number of lags	0	3	0	0
Number of observations	23	20	23	23
Number of stochastic trends**	4	4	4	4

\*\*Number of stochastic trends in asymptotic distribution

**H<sup>5</sup>:** There is no relationship between imports and production.

The regression analysis between imports and production variables yielded the following results. When production increases by one unit, imports increase by 28 units.

**Table 7.** Regression Analysis 1 - Import x Production

Dependent Variable: IMP  
Method: Least Squares  
Sample: 2016M01 2023M12  
Included observations: 24

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PROD	26.86026	1.481616	18.12902	0.0000
R-squared	-1.003997	Mean dependent var	2979670.	
Adjusted R-squared	-1.003997	S.D. dependent var	559072.4	
S.E. of regression	791437.5	Akaike info criterion	30.04186	
Sum squared resid	1.44E+13	Schwarz criterion	30.09095	
Log likelihood	-359.5024	Hannan-Quinn criter.	30.05489	
Durbin-Watson stat	0.967859			

**H<sup>6</sup>:** There is no relationship between exports and production.

The regression analysis between exports and production variables yielded the following results. When production increases by one unit, exports increase by 0.06 unit.

**Table 8.** Regression Analysis 2 - Export x Production

Dependent Variable: EXPO  
Method: Least Squares  
Sample: 2016M01 2023M12  
Included observations: 24

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PROD	0.062610	0.009364	6.685987	0.0000
R-squared	0.080851	Mean dependent var	6670.542	
Adjusted R-squared	0.080851	S.D. dependent var	5217.534	
S.E. of regression	5002.167	Akaike info criterion	19.91390	
Sum squared resid	5.75E+08	Schwarz criterion	19.96299	
Log likelihood	-237.9668	Hannan-Quinn criter.	19.92693	
Durbin-Watson stat	1.713541			

**H7:** There is no relationship between delivery and production.

The regression analysis between delivery and production variables yielded the following results. When production increases by one unit, deliveries increase by 27 units.

**Table 9.** Regression Analysis 3 - Delivery x Production

Dependent Variable: DEL  
Method: Least Squares  
Sample: 2016M01 2023M12  
Included observations: 24

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PROD	27.32515	1.513800	18.05070	0.0000
R-squared	-1.350308	Mean dependent var	3039278.	
Adjusted R-squared	-1.350308	S.D. dependent var	527456.8	
S.E. of regression	808628.9	Akaike info criterion	30.08484	
Sum squared resid	1.50E+13	Schwarz criterion	30.13393	
Log likelihood	-360.0181	Hannan-Quinn criter.	30.09786	
Durbin-Watson stat	0.594821			

## CONCLUSION

- Solid fuel variables do not contain unit root.
- There is a causality relationship between Export and Production variables.
- There is a causality relationship between Production and Delivery variables.
- There is a causality relationship between Import and Export variables.
- There is a causality relationship between Export and Delivery variables.
- There is a negative relationship between imports and production.
- There is a positive relationship between exports and production.
- There is a negative relationship between delivery and production.
- Solid fuel variables are stationary.
- When production increases by one unit, imports increase by 28 units.

- When production increases by one unit, exports increase by 0.06 unit.
- When production increases by one unit, deliveries increase by 27 units.

Energy consumption in the developing world and Türkiye is increasing rapidly due to factors such as economic growth, industrialisation and population growth. This situation has revealed the importance of solid fuels in the energy sector. However, with the high energy demand, external dependency increases, causing insufficient utilisation of domestic resources for sustainable development. The increase in energy demand is closely related to factors such as economic growth, population growth and urbanisation. Türkiye's energy demand is increasing rapidly in parallel with population growth. Especially the increase in external migration

is among the most important reasons for the increase in this demand. There are some relations and factors between external migration and energy demand. These are;

- ✓ **Energy Demand Increase:** External migration is generally associated with population growth and economic growth. Energy demand increases in the regions where migrants settle. This situation is associated with the infrastructure needs of new settlements and the increase in living standards. Increasing energy demand therefore affects the energy supply and consumption balance of a region.
- ✓ **Utilisation of Local Resources:** External migration causes more intensive use of energy resources in some regions. In particular, migration from rural areas to cities leads to an increase in energy demand in urban areas and more consumption of local resources. This situation has an impact on the sustainability of local energy resources.
- ✓ **Energy Infrastructure Development:** It is an obligation and necessity to develop energy infrastructure in the regions where migrants settle. This includes infrastructure investments such as electricity, natural gas and water supply. The establishment of the energy infrastructure of new settlement areas or the expansion of existing infrastructure is directly related to the increase in energy demand.

- ✓ **Impact of Energy Policies:** Migration affects the energy policies of a country or region. Especially large-scale migrations lead to revisions in energy policies and require measures such as greater diversity of energy sources or policy changes towards renewable energy.

These factors clearly show the relationship between external migration and energy demand. Migration may have direct or indirect effects on energy demand and consumption. These effects play an important role in shaping energy policies at local, national and international level.

Energy security is of strategic importance in terms of utilising local resources and reducing external dependency. The role of solid fuels requires a focus on the interaction of various factors such as economic growth, technological progress, environmental impacts and energy security. The growing interest in renewable energy reveals that energy policies should be long-term, permanent and effective. Reducing the need for solid fuel consumption will reduce foreign dependency for Türkiye as in many countries of the world, and more economic profitability will be achieved with renewable energy. In shaping the energy policies of Türkiye and other countries, the creation of strategies for more effective and efficient use of renewable energy resources in a sustainable manner will play an important role in the future.

While the importance of solid fuels in the energy sector is gradually increasing, strategic transformation towards renewable energy sources and the adoption of

sustainability-oriented policies are very important for these reasons. This constitutes an important step in terms of both economic development and environmental protection.

Türkiye needs more environmentally friendly renewable energy production and utilisation practices and studies. For this reason, the energy need provided by the use of solid fuels should be supported by renewable environmentally friendly energy systems. In this regard, political and economic incentives should be rapidly implemented in order to provide foreign investment in Türkiye, and incentives for foreign investors who will invest in this field should be diversified and implemented.

## REFERENCES

- Akdağ, V., & Gözen, M. (2020). Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(Armağan Sayısı), 139-156. <https://doi.org/10.18026/cbayarsos.637375>
- Akpan, U. F., & Akpan, G. E. (2012). The contribution of energy consumption to climate change: A feasible policy direction. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(1), 21-33.
- Asif, M., & Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1388-1413. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.12.004>
- Çalışkan, Ş. (2015). Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılık ve enerji arz güvenliği sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 297-310.
- Çelik, A. N. (2021). Analysis of energy supply, installed power and renewable capacity in the World, the EU and Turkey. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 500-519. <https://doi.org/10.29130/dubited.827250>
- Dumrul, C., Bilgili, F., Zaralı, F., Dumrul, Y., & Kiliçarslan, Z. (2024). The evaluation of renewable energy alternatives in Turkey using intuitionistic-fuzzy EDAS methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(10), 15503-15524. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31816-7>
- Emeksiz, C., & Fındık, M. M. (2021). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26, 155-164. <https://doi.org/10.31590/ejosat.948729>
- Huo, J., & Peng, C. (2023). Depletion of natural resources and environmental quality: Prospects of energy use, energy imports, and economic growth hindrances. *Resources Policy*, 86, 104049. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104049>
- İsmiç, B. (2015). Gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketimi, ekonomik büyüme ve nüfus ilişkisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 259-274.
- Jie, H., Khan, I., Alharthi, M., Zafar, M. W., & Saeed, A. (2023). Sustainable energy policy, socio-economic development, and ecological footprint: The economic significance of natural resources, population growth, and industrial development. *Utilities Policy*, 81, 101490.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101490>
- Johansson, B. (2013). Security aspects of future renewable energy systems-A short overview. *Energy*, 61, 598-605. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.09.023>
- Özbektaş, S., Şenel, M. C., & Sungur, B. (2023). Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji durumu ve kurulum maliyetleri. *Mühendis ve Makina*, 64(711), 317-351.
- Raheem, İ. D., & Yusuf, A. H. (2015). Energy consumption- economic growth nexus: Evidence from linear and nonlinear models in selected African countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(2), 558-564.
- Sarıtunalı, H. N. (2021). Çevresel güvenlik ve enerji arz güvenliği bağlamında Türkiye’nin enerji politikası. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 409-421. <https://doi.org/10.33712/mana.913406>
- ScienceDirect. (n.d.). *Solid Fuel Combustion - an overview | ScienceDirect Topics*. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/solid-fuel-combustion>
- Şencan, D. (2022). Yenilenebilir enerjide Türkiye’nin dünyadaki yeri ve uygulanan teşviklerin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(3), 693-709. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1083332>
- Seydioğulları, H. S. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23(1), 19-25.
- Sütterlin, B., & Siegrist, M. (2017). Public acceptance of renewable energy technologies from an abstract versus concrete perspective and the positive imagery of solar power. *Energy Policy*, 106, 356-366. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.061>
- Tosun, N. (2021). Enerji tüketimi ve makroekonomik değişkenlerin ampirik analizi: Türkiye örneği. *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 201-227. <https://doi.org/10.20493/birtop.1030998>
- Turok, I., & McGranahan, G. (2013). Urbanization and economic growth: The arguments and evidence for Africa and Asia. *Environment and Urbanization*, 25(2), 465-482. <https://doi.org/10.1177/0956247813490908>
- Yalçın, A. Z., & Dogan, M. (2023). Enerjide Dışa Bağımlılık Sorunu: Türkiye İçin Ampirik Bir Analiz. *Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 30(2), 203-223. <https://doi.org/10.18657/yonveek.1206158>
- Yılankırkan, N., & Doğan, H. (2020). Türkiye’nin enerji görünümü ve 2023 yılı birincil enerji arz projeksiyonu. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 10(2), 77-92.
- Yıldırım, O., & Nuri, F. İ. (2018). Yenilenebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma ilişkisi. *Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 105-143.
- Yılmaz, E. A., & Can Özic, H. (2018). Türkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyeli ve gelecek hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535.
- Zhao, Y., & Wang, S. (2015). The relationship between urbanization, economic growth and energy consumption in China: An econometric perspective analysis. *Sustainability*, 7(5), 5609-5627. <https://doi.org/10.3390/su7055609>

## DEPREM RİSKLERİNE KARŞI BETONARME YAPILARIN DAYANIKLILIĞINI ARTIRMADA SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ<sup>1</sup>

### SEISMIC ISOLATION SYSTEMS FOR ENHANCING THE STRUCTURAL RESILIENCE OF REINFORCED CONCRETE BUILDINGS AGAINST EARTHQUAKE RISKS

Yusuf SÜMER<sup>1</sup>, Abdül Samet BAŞ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sakarya/ Türkiye  
ORCID NO: 0000-0002-9314-1640<sup>1</sup>, 0000-0001-5690-0225<sup>2</sup>

**Öz:** Depremler, önceden tahmin edilemeyen ve kontrol edilemeyen doğal afetlerdir. Meydana geldiğinde binalarda ciddi hasarlar meydana getirerek can kaybı riskini artırır. Depremlerin zamanının belirlenememesi, yapı tasarımında alınacak önlemlerin önemini vurgular. Betonarme yapılar, deprem etkilerini hesaba katarak tasarlanır ve deprem yüklerini dikkate alarak planlanır. Bu sürecin temel amacı, olası yapı hasarlarını sınırlamaktır. Geleneksel yöntemler, yapıların depremde daha esnek olmasını sağlayarak hasarı minimize etmeyi amaçlar. Ancak, bu yaklaşım beraberinde bazı sorunları da doğurduğundan farklı alternatifler geliştirilmiştir. Bu çalışmada farklı yapısal sistemlerin performansını değerlendirmek için SAP2000 analiz programı kullanılarak çeşitli kat yüksekliklerine sahip farklı yapı modelleri tasarlanmıştır. Bu modeller, ankastre mesnetli, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü ve sürtünmeli sarkaç izolatörlü olmak üzere farklı mesnetlenme koşullarına sahiptir. Farklı izolatör sistemlerinin performansı karşılaştırılmış ve izolatör sistemlerinin etkinliği incelenmiştir. Analizler, yapıların çeşitli performans ölçütleriyle değerlendirilmiştir. Bu ölçütler arasında yapıların periyotları, maksimum yer değiştirmeleri, maksimum taban kesme kuvvetleri ve göreceli kat ötelemeleri bulunmaktadır. Sismik izolatörlerin yapıların deprem performansını önemli ölçüde artırabileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak, sismik izolatörler sayesinde 16 ve daha az kat adedine sahip binaların geleneksel yapılara göre deprem esnasında çok daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sismik İzolasyon, Taban Yalıtımı, Deprem, Betonarme

**Abstract:** Earthquakes are unpredictable and uncontrollable natural disasters. When they occur, they cause serious damage to buildings and increase the risk of loss of life. The inability to determine the time of earthquakes emphasizes the importance of the measures to be taken in building design. Reinforced concrete structures are designed by taking into account earthquake effects and planned by considering earthquake loads. The main objective of this process is to limit potential structural damage. Traditional methods aim to minimize damage by making structures more resilient in earthquakes. However, since this approach also causes some problems, different alternatives have been developed. In this study, in order to evaluate the performance of different structural systems, different models with various story heights were designed using SAP2000 analysis program. These models have different support conditions, including built-in support, lead core rubber insulators and friction pendulum insulators. The analyses were evaluated with various performance criteria of the structures. These measures include the periods, maximum displacements, maximum base shear and relative storey drifts of the structures. It has been shown that seismic isolators can significantly improve the earthquake performance of structures. Because of seismic isolators, it has been found that structures with 16 storeys or fewer perform much better during earthquakes than conventional structures.

**Keywords:** Seismic Isolation, Base Insulation, Earthquake, Reinforced Concrete

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Abdül Samet BAŞ, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Departmanı, Sakarya/ Türkiye, y195007070@subu.edu.tr, Geliş Tarihi / Received: 22.11.2023, Kabul Tarihi / Accepted: 27.04.2024, Makalenin Türü: Type of Article: (Araştırma - Uygulama; Research - Application) Çıkar Çatışması, Yok - Conflict of Interest, None, Conflict of Interest, None, Etik Kurul Raporu veya Kurum İzin Bilgisi Ethical Board Report or Institutional Approval, Yok / None, "Bu çalışma ilgili kurumdan elde edilen kişisel panel veriler kullanılarak hazırlanmış olup, yazarların beyanları üzerine etik kurul raporu gerektirmediği kararı oluşmuştur.", "Bu çalışma Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. / This study has been prepared in accordance with Research and Publication Ethics."



## GİRİŞ

Betonarme yapıların projelendirilmesi, yapının kullanım süresince maruz kalacağı çeşitli yük ve etkileri dikkate alarak gerçek davranışına en yakın şekilde belirlenmelidir (Altan vd., 2021). Tasarım süreci, yapıya etkiyen statik yüklerin yanı sıra zamanla değişen dinamik yük etkilerini de içermelidir. Yapının kendi ağırlığı, yönetmeliklerde belirtilen ölü yük ağırlıkları gibi kalıcı yüklerin yanı sıra yapı kullanımına bağlı olarak değişen ve yönetmeliklerle belirlenen hareketli yükler, statik yükler arasında yer alır ve genellikle kolayca belirlenebilir. Ancak, yapıya etkiyen ve zamanla değişen dinamik yük etkileri de göz ardı edilmemelidir. Bu dinamik yük etkileri arasında yapı içindeki makinelerden kaynaklanan titreşimler, patlamalar, rüzgarlar ve en önemlisi depremler yer alır. Depremler, önceden tahmin edilemeyen ve kontrol edilemeyen doğal olaylardır. Zamanının önceden bilinmemesi nedeniyle depremlere karşı alınacak önlemler, genellikle yapı projelendirme aşamasında planlanır. Yapısal elemanlardaki hasarın sınırlandırılması ve taşıyıcı elemanlardaki güvenlik, depreme dayanıklı yapıların temel hedeflerindedir. Geleneksel yöntemlerde, yapısal elemanların deprem yüküne dayanıklılığını artırmak için kesitlerin belirli bir süneklilik düzeyine göre modellenmesi gerekmektedir. Bu, yapısal elemanların kapasitesinin artmasına ve dolayısıyla maliyetin artmasına neden olabilir. Bu yaklaşım, elastik dayanımın sınırlandırılması ve yapının baştan hasar almasına izin verilmesi gibi sorunları da beraberinde getirebilir. Özellikle, hastane gibi

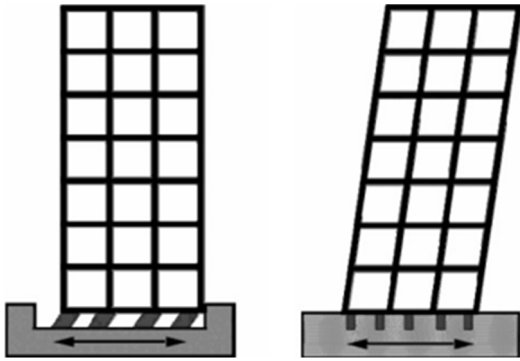
kritik yapılar için hemen kullanılabilirlik gereksinimi, geleneksel tasarım ilkelerinin ekonomiklikten uzaklaşmasına neden olabilir. Bu nedenle, modern yapı tasarımında, mühendisler daha yenilikçi ve etkili çözümler aramaktadır.

Sismik izolasyon yöntemi, deprem yükünün etkisini azaltmayı hedefleyen bir yapı tasarım metodudur. Bu yöntemde, yapı ile zemin arasına yerleştirilen esnek bir tabaka, yapıya gelen deprem yüklerinin üst yapıya iletilmesini engeller. Bu yapıyı depreme karşı daha dirençli hale getirir ve hasarın minimize edilmesine yardımcı olmaktadır (Güner, 2012). Her yapının kendine özgü bir periyodu vardır ve bu periyot, yapının deprem sırasındaki dinamik tepkisini belirler. Eğer yapının periyodu deprem sırasında zeminin periyodu ile aynı ise, rezonans denilen yıkıcı bir olay meydana gelebilir ve yapı hasar görebilir. Depremin oluşturduğu enerji, yapı tarafından sönmülmeye çalışılır ve yapıların dinamik analizlerinde sönmüleme önemli bir faktördür (Abd-Elhamed vd., 2018).

Deprem etkilerini minimize etmek için birçok deprem yalıtımı geliştirilmiştir. Bunlar arasında en yaygın kullanılanı sismik izolatörlerdir. Sismik izolatörler, yapıyı temelden veya herhangi bir konumdan ayırarak deprem etkilerini azaltmayı amaçlar (Güner, 2012). Bu yöntem, yapıların deprem performansını artırabilir ve hasarın minimize edilmesine yardımcı olabilir (Özer & İnel, 2021; Özkan vd., 2023; Alhan & Hacıemiroğlu, 2023). Ankastre mesnetli klasik betonarme yapılarla karşılaştırıldığında, sismik izolasyon sistemleri daha esnek bir davranış



sergiler ve deprem etkilerini daha etkili bir şekilde absorbe eder (Sheikh vd., 2022). Bu sistemler, yapıların deprem sonrası kullanılabilirliğini artırabilir ve yapıların daha güvenli hale gelmesine katkıda bulunabilir. Sismik izolasyon sisteminde kullanılan malzemeler yatay doğrultuda rijit olmayan (esnek) davranış gösterirken düşey doğrultuda ise rijit davranış gösteren özelliğe sahiptir. Bu sayede de oluşan titreşimlerin etkisiyle yapıda meydana gelecek olan şekil

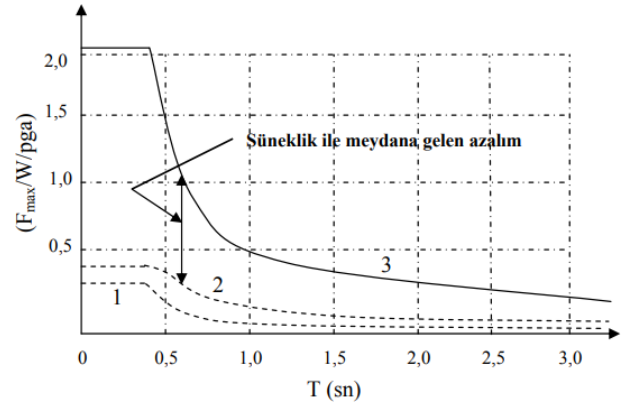


**Şekil 1 .** Sismik İzolatör Uygulanmış Yapı Davranışı (Ayhan, 2006)

Sismik izolasyon sistemleri ile tasarlanan binalar geleneksel şekilde tasarlanan yapılara göre daha deprem etkileri altında daha güvenli ve etkin olabilir. Her yapının ihtiyaçları farklı olduğundan, tasarım sürecinde dikkatli bir analiz ve değerlendirmesi gereklidir. Deprem etkilerini minimize etmek için kullanılan çeşitli teknolojiler, yapıların dayanıklılığını artırabilir ve insan hayatını koruyabilir (Alnajjar, 2023).

Türk (2019), betonarme çerçevesi bir sağlık merkezi binasının 6, 12 ve 18 katlı olarak tasarlanmasını ele almış ve bu yapıları ankastre mesnetli, kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli ve sürtünmeli sarkaç mesnetli

değiştirmeler izolatör üzerinde sönümlenmektedir. Sismik enerji üst yapıya erişemeyip izolatörde kaldığından dolayı yapı rijit davranır (Sansarcı, 2002). Şekil 1’de taban izolasyonlu bir yapı ile ankastre mesnetlenmiş bir yapının dinamik etkiler altında davranış biçimi görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere üst yapı rijit olduğu müddetçe, taban izolasyonu uygulanmış yapı, tek serbestlik dereceli yapı gibi davranacaktır.



**Şekil 2.** Tipik Bir Tasarım Spektrumu

olmak üzere farklı mesnetlenme durumlarına göre 9 farklı model olarak analiz etmiştir. Çalışmada, sismik izolatörlerin davranış biçiminin yapının yüksekliğiyle ilişkisi incelenmiş ve sismik izolatör tipleri kendi içinde karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

Doğru (2014), bir hastane yapısının taban yalıtımlı sistem kullanarak modellenmesi üzerine detaylı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, sismik izolasyon sistemleri hakkında genel bilgiler sunulmuş ve sismik izolatör sınıflandırılmasıyla ilgili kabul gören görüşler incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca mevcut sismik izolatörlerin sınıflandırılması yanı sıra yeni geliştirilen

sismik izolatörlerle ilgili bilgiler ve diğer sınıflandırma sistemleri tanımlanmıştır.

Toker (2015), deprem esnasında binalara etki eden deprem kuvvetlerini inceleyerek, elastomer esaslı deprem izolatörlerinin, taban yalıtımı ile tasarlanan yapıların deprem kuvvetleri karşısındaki faydalarını ele almıştır. Çalışmada, kolon altlarına yerleştirilen elastomer esaslı deprem izolatörlerinin, deprem kuvvetlerinin etkisi altında gösterdikleri performanslar değerlendirilmiştir.

Ekinci (2022), sismik izolatör sistemiyle deprem yalıtımı yapılan betonarme-çelik kompozit ve çelik yapısal taşıyıcı elemanlarından oluşan bir binayı incelemiştir. Çalışmada, aynı üstyapı özelliklerine sahip iki model oluşturulmuş ve bu modellerden biri ankastre, diğeri ise sürtünmeli sarkaç mesnetli olarak tasarlanmıştır. Çalışma, sismik izolasyonun yapısal tasarımdaki önemini vurgulayarak, bu tür yapıların deprem riskini azaltmada ve dayanıklılığını artırmada potansiyel faydalarını ortaya koymuştur.

Yücesoy (2005), depreme dayanıksız yapıların sismik izolasyon sistemi ile tasarlanıp, depreme dayanıklı hale getirilmesini incelemiştir. Çalışmasında, yapının deprem yüklerinin altındaki etkisi ve davranışı detaylı bir şekilde incelenmiş ve depreme karşı dayanıklı yapıların tasarımsal ilkeleri konusunda genel bilgilendirmeler yapılmıştır. Ayrıca, sismik yalıtım malzemeleri yönetmelikler örnek alınarak tanıtılmış ve boyutlandırılmalarından bahsedilmiştir. Sismik izolasyonun yapı davranışına etkisini göstermek amacıyla 5

kata sahip betonarme bir yapı önce ankastre mesnetli, sonra da taban yalıtımlı olacak şekilde tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Analizler zaman tanım alanında yapılmıştır ve taban izolasyon sisteminde mesnetler kurşun çekirdekli kauçuk olarak kullanılmıştır.

Sevim (2016), sismik izolasyon teorisinden, tarihsel süreçten, uygulama alanlarından ve izolasyon tiplerinden bahsetmiştir. Çalışmasında, Deprem yönetmeliği (2007)'deki sünek tasarım ilkelerine sahip ankastre mesnetli tabana sahip ve sismik izolatörlü aynı özelliklere sahip iki betonarme çerçevesel yapı tasarlanmıştır. Bu iki yapının deprem etkisi altındaki davranışları karşılaştırılmıştır. Hastane yapısı, hem ankastre mesnetli hem de sismik izolatörlü olarak SAP2000 analiz programında modellenmiştir. Sistemde yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetler kullanılmıştır. Her iki model de 1980 Loma Prieta ve 1999 Kocaeli Depremi ivmeleri kullanılarak zaman tanım alanında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, tasarımdaki düğüm noktaları, kesitte meydana gelen deprem etkileri ve yer değiştirme değerleri gibi parametreler açısından karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Sağlam (2017), deprem izolatörlerinin yüksek katlı binalardaki etkisini incelemiştir. Çalışmada, farklı boyutlarda izolatörlerin performansı ankastre mesnetli yapının performansı ile karşılaştırılmıştır. 122,5 metre yüksekliğinde, 35 katlı bir yapı modeli üzerinde çalışılmıştır. İki model de 1999 Kocaeli Depremi ivme kayıtlarıyla analiz edilmiştir. Sonuçlar, izolatörlü yapıların

ankastre mesnetli yapıya göre üstün performans göstermediğini göstermiştir. Bu nedenle, izolasyon sistemlerinin tasarımı ve etkilerinin iyileştirilmesi için öneriler sunulmuştur.

Güner (2012), betonarme bir hastane yapısının tasarımını inceleyerek, geleneksel yöntemle ve sismik yalıtıcılar kullanarak tasarımın dinamik açıdan karşılaştırılmasını ve sismik izolatörlerin karakteristik özelliklerini ele almıştır. Bu çalışma, sismik izolasyon teorisine ve uygulama alanlarına odaklanarak çeşitli sismik izolasyon tekniklerini sınıflandırmış ve ön tasarım ile uygulama metotlarına değinmiştir. Analiz çalışması olarak, Etabs programı kullanılarak 8 katlı ankastre mesnetli bir hastane yapısının tasarımı gerçekleştirilmiş ve aynı kesit ölçüleri baz alınarak yapının kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü tasarımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## AMAÇ

Bu makalenin ana hedefi, yapıların deprem etkilerine karşı direncini artırmak için kullanılan geleneksel ve modern yapı tasarım yaklaşımlarını ayrıntılı bir şekilde incelemektir. Geleneksel yapı tasarımı, deprem etkilerini absorbe etmek ve kontrol etmek için temel sönümleme prensiplerine dayanır. Ancak, bu yaklaşım genellikle yapısal deformasyonlara ve hasarlara neden olabilir. Modern yapı tasarımında ise, sismik izolasyon sistemleri gibi yeni teknolojiler, yapıların deprem sırasında esneklik kazanmasını ve hasarın en aza indirilmesini sağlar. Bu makale, geleneksel yöntemle tasarlanmış yapılarda sismik sönümleyiciler kullanılması durumunda yapıların deprem

davranışında ortaya çıkacak farkları ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla öncelikle yapıların modellenmesinde kullanılacak parametrelerin belirlenmesi ve analiz modelinin tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Analizlerden ortaya çıkan sonuçlar grafikler ve tablolar yardımıyla yorumlanarak izolatörlerin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Bundan başka çalışmada, sismik izolasyonun yapıların deprem etkilerine karşı direncini nasıl artırdığı ve yapısal bütünlüğünü nasıl koruduğu üzerinde odaklanılmıştır. Bunun yanı sıra bu sistemlerin geniş ölçekte kullanımının mümkün olup olmadığı değerlendirilecektir.

Makalede ayrıca, deprem riski altındaki bölgelerde yapıların tasarımında ve inşasında daha güvenli ve dayanıklı çözümler sağlamak için önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler doğrultusunda odaklanılacak alanlar mühendislik uygulamalarının ve yapı standartlarının geliştirilmesi, deprem bilincinin artırılması ve kamu politikalarının oluşturulması şeklindedir. Son olarak, bu makale, yapı mühendisliği ve deprem riski konularında ilgilenen araştırmacılar, mühendisler, planlamacılar ve karar alıcılar için bir kaynak olarak hizmet etmeyi amaçlamaktadır.

## KAPSAM

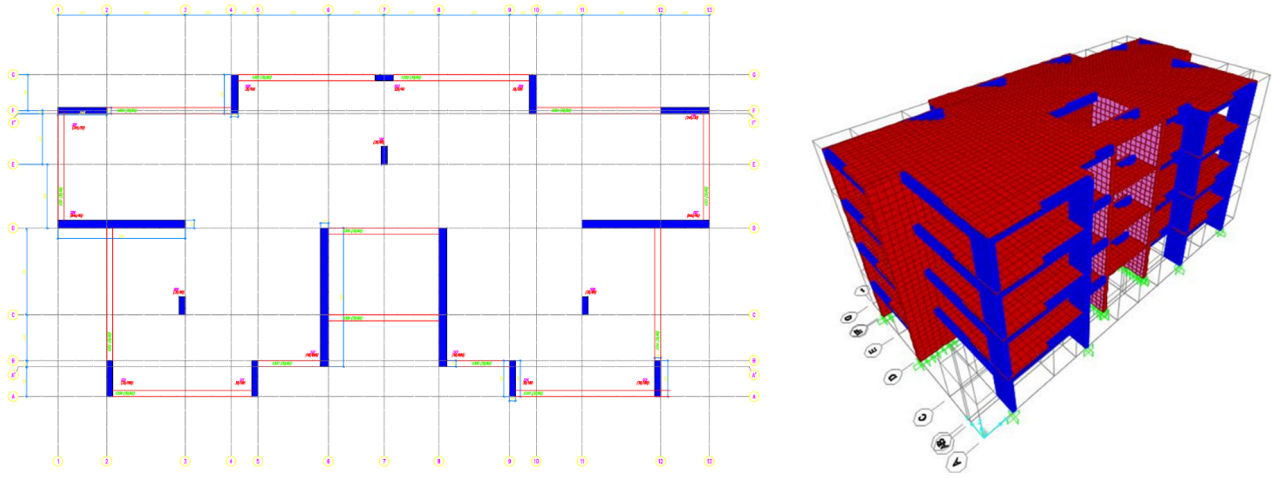
Bu araştırma ve çalışma kapsamında, geleneksel yapı tasarım yöntemleri ile sismik izolatör sistemli yapıların performansını karşılaştırmayı hedeflenmiştir. Başlangıç olarak, farklı yapı türleri ve kat yükseklikleri için çeşitli modeller oluşturulmuştur. Ankastre mesnetli yapılar ile kurşun

çekirdekli kauçuk izolatörlü ve sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapılar arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. SAP2000 analiz programı kullanılarak 4, 8 ve 16 katlı konut yapıları modellenmiştir. Bu modellemelerin farklı kat yüksekliklerinde yapılması, sismik izolatör sistemlerinin kat yüksekliği ile etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte geleneksel yapılarla taban yalıtımlı yapıların performansı ve sismik izolatör tiplerinin farklılıkları araştırılmıştır. Analizler, 6 Şubat Kahramanmaraş depreminin ivme kayıtları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tüm modeller, bu deprem kaydına göre analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapıların periyotları, maksimum yer değiştirme değerleri, maksimum taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemeleri gibi çeşitli parametreler, tablolar ve grafikler aracılığıyla incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tasarım spektrumları, standart sapmaların birleştirilmesiyle oluşturulmuştur ve bu spektrumlar genellikle tepki spektrumlarına göre analizde tercih edilebilir niteliktedir (Murat, 2007). Yapısal özelliklerin yanı sıra deprem tahminlerindeki belirsizlikler göz önünde bulundurularak tasarım spektrumlarının seçimi önemlidir. Şekil 2’de tipik bir tasarım spektrumu örneği sunulmuştur. Yapılan çalışma, geleneksel yapı tasarımından sismik izolasyon sistemlerine geçişte yapısal performans ve güvenlik üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışma, deprem mühendisliği ve yapı tasarımı alanında önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

## YÖNTEM

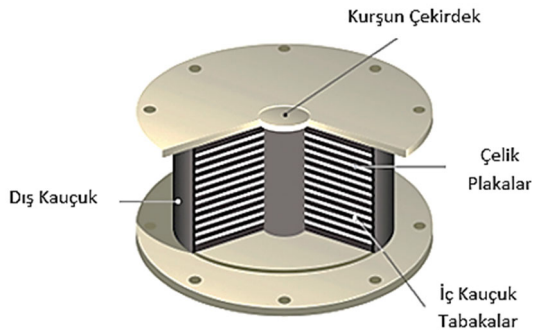
Bu çalışmanın amacına uygun olarak, farklı izolatör sistemlerinin (kauçuk izolatörlü ve sürtünmeli sarkaç izolatörlü) betonarme yapıların deprem performansı üzerindeki etkileri SAP2000 analiz programı kullanılarak 4, 8 ve 16 katlı konutlar yapıları için incelenmiştir. Yapı modelleri, geleneksel (ankastre) temel sistemli ve sismik izolatörlü (kauçuk izolatörlü ve sürtünmeli sarkaç izolatörlü) olarak farklı şekillerde oluşturulmuştur. Tasarım sürecinde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve TS498-500 yönetmelikleri göz önünde bulundurulmuş ve taşıyıcı sistem elemanları bu standartlara uygun olarak tasarlanmıştır. Bütün yapıların kesitleri ve boyutları, en yüksek modelin minimum gereksinimlerini karşılayacak şekilde belirlenmiştir. Yapıların döşeme kalınlığı 27 cm olarak belirlenmiş ve beton sınıfı C35 olarak seçilmiştir. Deprem etkilerinin analizi için, İstanbul’un Florya ilçesindeki Şenlikköy Mahallesi’nin zemin özellikleri dikkate alınarak orta sertlikte bir zemin kabul edilmiştir. Analizler için AFAD Türkiye İvme Veri Tabanı ve Analiz Sistemi üzerinden ulaşılan 6 Şubat Kahramanmaraş Pazarcık depreminin ivme kayıtları kullanılmıştır. Modellenen yapıların tüm özellikleri aynı tutulmuş ve deprem azaltma katsayısı (R) ile dayanım fazlalığı katsayısı (D) aynı alınmıştır. Ölü yükler, hareketli yükler ve duvar yükleri sisteme üniform olarak tanımlanmıştır. Şekil 3’te analiz modellerinin plan ve perspektif görünümü verilmiştir.



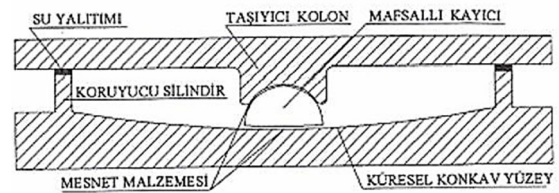
**Şekil 3.** 4, 8 ve 16 Katlı Modellerin Planı ve 4 Katlı Yapı Görünümü

Kurşun çelikli kauçuk taban izolatörleri düşük sönümlü kauçuk mesnedin sahip olduğu düşük sönüm dezavantajını ortadan kaldırmak amacıyla üretilmiştir. Düşük sönümlü kauçuk mesnetlerden farklı olarak düzenli bir kayma şekil değiştirmesi sağlamak ve sistemde zayıf olan sönüm özelliğini arttırmak amacıyla izolatörün merkezinde yer alan deliğin içine sıkıca yerleştirilmiş kurşun esaslı silindir şeklinde bir gövde eklenmiştir. Bu çekirdek sayesinde

kauçuğun yüksek kayma yer değiştirmeleri engellenir ve izolatör mesnede yer değiştirmeye bağlı yeterli bir başlangıç rijitliği ve başlangıç sönümü kazandırılmış olur (Şekil 4a). Sürtünlü sarkaç izolatörde ise küresel yüzey ile kayıcı mafsallı arasında bir sürtünme kuvveti oluşur. Oluşan bu sürtünme sisteme sönüm etkisi yapar. Küresel yüzeyin eğrilik yarıçapı, mesnedin efektif rijitliğini ve yapının periyodunu etkiler (Şekil 4b).



a) Kurşun Çelikli Kauçuk Taban İzolatörlü Mesnet



b) Sürtünlü Sarkaç İzolatörlü Mesnet

**Şekil 4.** Çalışmada Kullanılan İzolatör Sistemleri

Sismik izolasyonlu yapının yatay ve düşey kuvvetler altında doğrusal davranış

gösterdiği varsayılmıştır. İzolatörler SAP2000 programına Nlink elemanlar ile

tanımlanmıştır. İzolatörlerin düşey ve yatay yöndeki rijitliklerini tanımlanması için “spring (yay)” elamanlar atanmıştır. İzolatörlere ait mekanik değerler TDBY 2018 ve ASCE 7-10’ a göre her iki izolatör tipi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İzolatörlerin

SAP2000 programına tanımlanmasında kullanılan parametreler Tablo 1’ de verilmiştir. İzolatörlü tasarlanan yapılar ayrıca ankastre mesnetli olarak 4, 8 ve 16 katlı olarak tasarlanmıştır.

**Tablo 1.** İzolatörlere Ait Parametreler

Kauçuk İzolatör		Sürtüneli Sarkaç İzolatör	
U1 Linear Efektif Rijitlik	1125000 kN/m	U1 Linear Efektif Rijitlik	3140000 kN/m
U2 ve U3 Linear Efektif Rijitlik	7860,16 kN/m	U2 ve U3 Linear Efektif Rijitlik	5178,64 kN/m
U2 ve U3 Nonlinear Rijitlik	6625,51 kN/m	U2 ve U3 Nonlinear Rijitlik	4394,6 kN/m
U2 ve U3 Akma Dayanımı	345,7 kN	U2 ve U3 Sürtünme Katsayısı, Yavaş	0,03
U2 ve U3 Akma Sonrası Sertlik Oranı	0,1	U2 ve U3 Sürtünme Katsayısı, Hızlı	0,05
		U2 ve U3 Hız Parametresi:	50
		U2 ve U3 Kayar Yüzey Yarıçapı:	2,23

Çalışmada, ankastre mesnetli yapılarla izolatörlü yapıların deprem altındaki davranışları karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. İzolatörün farklı kat yüksekliklerindeki yapılar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma ve araştırma çerçevesi kapsamında, farklı izolatör

sistemlerinin betonarme yapıların deprem performansı üzerindeki etkilerini anlamak ve yapısal tasarım sürecinde daha güvenli ve dayanıklı çözümler sunmak amacıyla analizler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yapı parametreleri ve deprem verileri Tablo 2 ve Tablo 3’ te sunulmuştur.

**Tablo 2.** Yapı Analiz Parametreleri

Bina Bilgileri	Sembol	Birim	Değer
Kat Sayısı	-	adet	4
Kat Yüksekliği	h	m	4
Yapı Yüksekliği	h <sub>t</sub>	m	16
Döşeme Kalınlığı	h <sub>d</sub>	m	0,27
Kiriş Boyutu	-	cm	30x60
Kolon Boyutları;	-	cm	30x90, 30x180, 35x195, 40x120
Perde Kalınlıkları	-	cm	30, 40
Kullanım Amacı	-	-	Konut
Malzeme Bilgileri			
Beton Sınıfı	C	-	C35
Beton Elastisite Modülü	E <sub>c</sub>	N/mm	33000
Beton Birim Hacim Ağırlığı	-	kN/m <sup>3</sup>	25
Beton Possion Oranı	u	-	0,2

Beton Isıl Genleşme Katsayısı	A	-	10 <sup>-5</sup>
Donatı Sınıfı	-	-	B420C
Çelik Elastisite Modülü	E <sub>s</sub>	N/mm	200000
<b>Tasarım Parametreleri</b>			
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	-	-	DD-2
Bina Önem Katsayısı	I	-	1
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	n	-	0,3
Zemin Sınıfı	-	-	ZC
Bina Kullanım Sınıfı	BKS	-	3
Duvar Yükü	P <sub>d</sub>	kN/m <sup>2</sup>	6,25
Kaplama Yükü	P <sub>k</sub>	kN/m <sup>2</sup>	2,1
Hareketli Yük	Q	kN/m <sup>2</sup>	2
Hareketli Yük (Çatı katı)	Q	kN/m <sup>2</sup>	1,5
Deprem Azaltma Katsayısı	R	-	7
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	D	-	2,5

**Tablo 3.** Deprem Verileri

	Sembol	Birim	Değer
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı	S <sub>s</sub>	-	1,247
1.0 Saniye Periyot için Harita Spektral İvme Katsayısı	S <sub>1</sub>	-	0,338
En Büyük Yer İvmesi	PGA	g	0,513
En Büyük Yer Hızı	PGV	cm/sn	31,461
Kısa Periyot Bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı	F <sub>s</sub>	-	1,200
1.0 Saniye Periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı	F <sub>1</sub>	-	1,500
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S <sub>DS</sub>	-	1,496
1.0 Saniye Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı	S <sub>D1</sub>	-	0,507
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu	T <sub>A</sub>	sn	0,068
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu	T <sub>B</sub>	sn	0,339
Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	T <sub>L</sub>	sn	6,000
Düşey Elastik Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu	T <sub>AD</sub>	sn	0,023
Düşey Elastik Tasarım Spektrumu Köşe Periyodu	T <sub>BD</sub>	sn	0,113
Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	T <sub>LD</sub>	sn	3,000

## BULGULAR

Öncelikle, yapılan modal analizlerde 4, 8 ve 16 katlı yapılar için ankastre mesnetli, kurşun

çekirdekli kauçuk izolatörlü ve sürtümlü sarkaç izolatörlü modeller oluşturulmuştur.

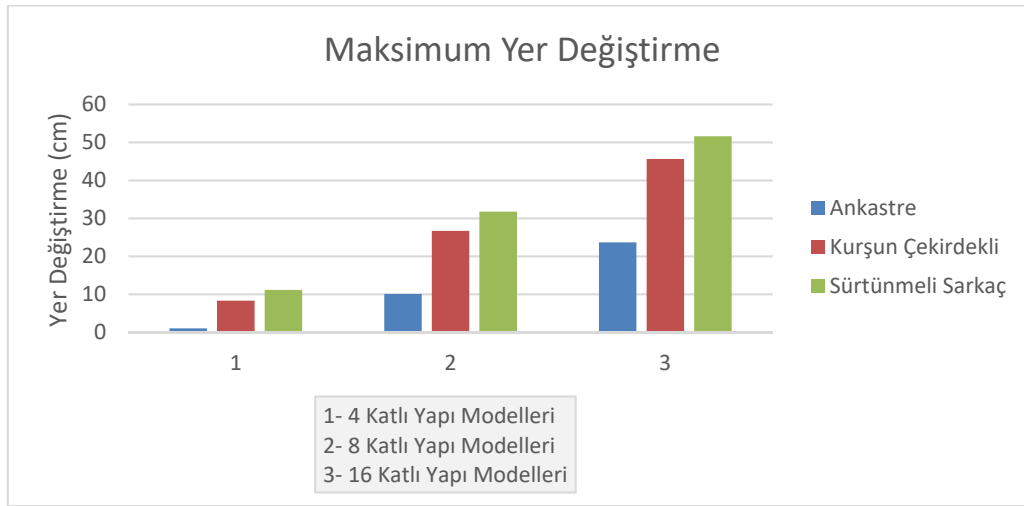
**Tablo 4.** Yapıların Doğal Titreşim Periyotlarının Karşılaştırılması

Kat Sayısı	Mod	Ankastre Mesnetli (sn)	Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlü (sn)	Sürtümlü Sarkaç İzolatörlü (sn)
4	1	0,578	1,394	1,532
4	2	0,358	1,075	1,265
4	3	0,344	0,910	1,025

8	1	1,374	2,258	2,418
8	2	1,051	1,778	1,988
8	3	1,008	1,572	1,684
16	1	3,277	4,141	4,295
16	2	3,246	3,987	4,169
16	3	2,702	3,275	3,317

Uygulanan sismik izolatör yöntemiyle yapıların periyot değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Özellikle kısa periyotlu yapıların sismik izolasyona daha uygun olduğu ve rezonans tehlikesinden

uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 5'te yapıların maksimum yer değiştirme değerlerinin grafik halinde karşılaştırılması verilmiştir.



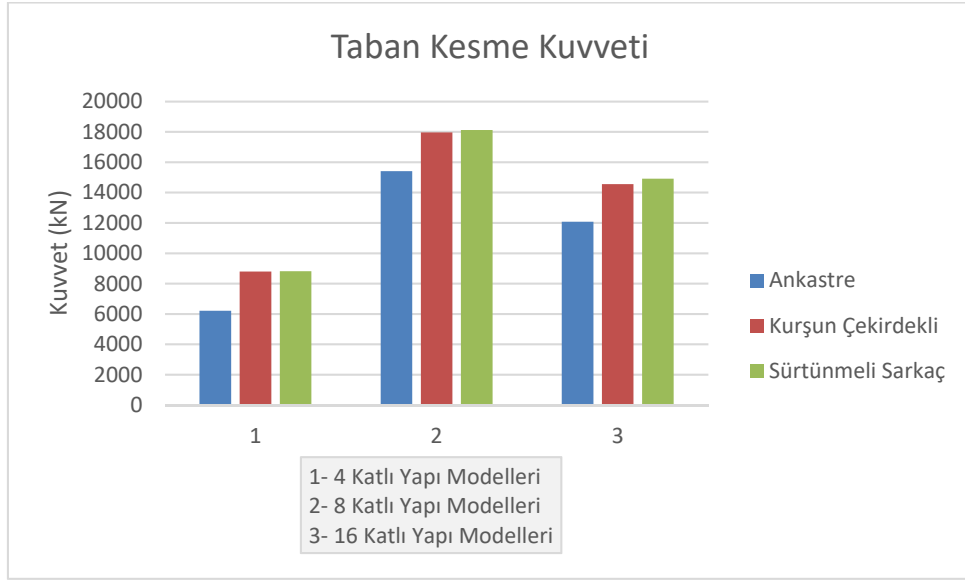
**Şekil 5.** Yapıların Maksimum Yer Değiştirme Değerlerinin Karşılaştırılması

Maksimum yer değiştirmeleri incelendiğinde, farklı izolatör tipleri ve kat yüksekliklerinde yapılan karşılaştırmalar dikkat çekmektedir. Özellikle sismik izolatör uygulanan yapıların yer değiştirmelerinin, ankastré mesnetli yapıların yer değiştirmelerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kat yüksekliği arttıkça ve izolatör uygulanan yapılar incelendikçe, yer değiştirmelerin de arttığı belirlenmiştir. Bu durum, yapıların deprem etkisi altında nasıl davrandığını anlamak açısından önemlidir.

Taban kesme kuvvetleri de incelenmiş ve ankastré mesnetli yapılara göre sismik

izolatörlü yapıların daha yüksek taban kesme kuvvetlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Sismik izolatörlü yapılar daha esnek bir davranış gösterdiği için daha fazla yer değiştirme yaparlar ve bu da taban kesme kuvvetlerinin daha da büyümesine sebep olur. Bu durum, yapı tasarımında ve yapısal güvenlik açısından değerlendirilmeli ve izolatör tasarımında taban kesme kuvvetlerinin büyüklüğü de göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil 6'da yapıların maksimum taban kuvvetlerinin karşılaştırılması grafik halinde sunulmuştur.





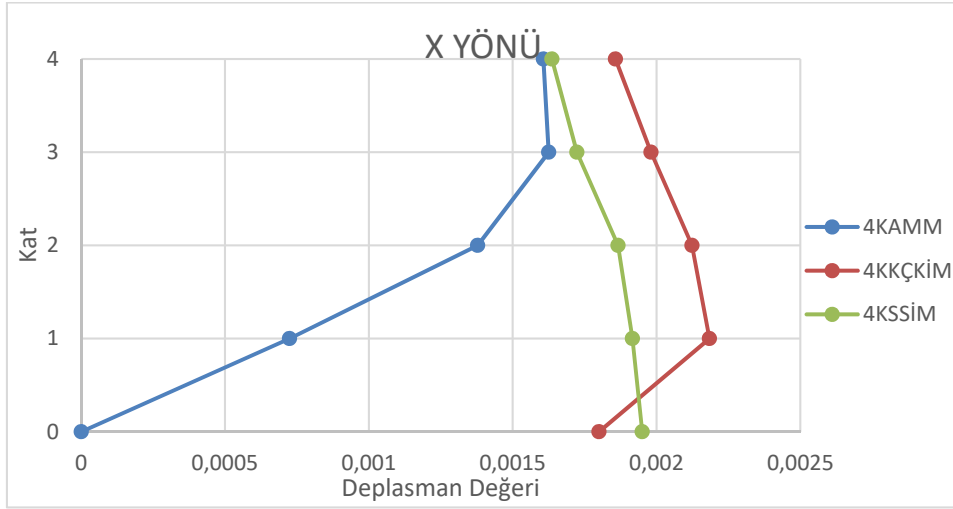
**Şekil 6.** Yapıların Maksimum Taban Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Son olarak, görelî kat ötelemeleri incelenmiş ve ankastre mesnetli yapılar ile sismik izolatörlü yapılar arasındaki farklar ortaya konmuştur. Sismik izolatörlü yapıların daha lineer bir eğilim gösterdiği ve mesnetlerle birlikte hareket ettiği belirlenmiştir. Bu durum, yapıda oluşabilecek hasar riskinin minimize edildiğini ve deprem etkisi altında nasıl davranışlar sergilendiğini göstermektedir. Aşağıdaki şekillerde 4, 8 ve 16 katlı modellerin görelî kat ötelemelerinin dağılım grafikleri verilmiştir (Şekil 7-12). Grafiklerde yer alan 4K, 8K ve 16K ifadeleri 4katlı, 8 katlı ve 16 katlı yapıyı ifade ederken AMM kısaltması ankastre mesnetli modeli, KÇKİM kısaltması kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapı modelini ve SSİM kısaltması ise sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapı modelini temsil etmektedir. Grafikler incelendiğinde 16 katlı model haricinde diğer modellerin lineer bir dağılım gösterdiği görülmektedir.

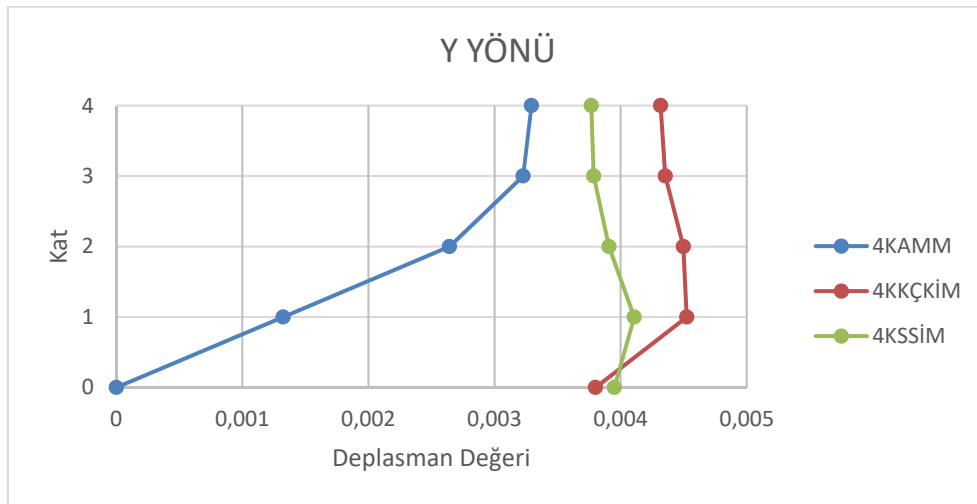
Görelî kat ötelemeler incelendiğinde ankastre mesnetli modelde her iki doğrultuda

(X ve Y), izolatörlü modellere kıyasla daha fazla görelî kat ötelenme oranlarının hesaplandığı görülmüştür (Şekil 7-8). Ankastre mesnetli ve geleneksel sistemle oluşturulan yapı ile izolatörle güçlendirilen yapılar karşılaştırıldığında her iki izolatör yönteminin de görelî kat öteleme oranlarını azalttığı ve değerlerin geleneksel yöntemle göre daha az olduğu görülmüştür (Şekil 9-10).

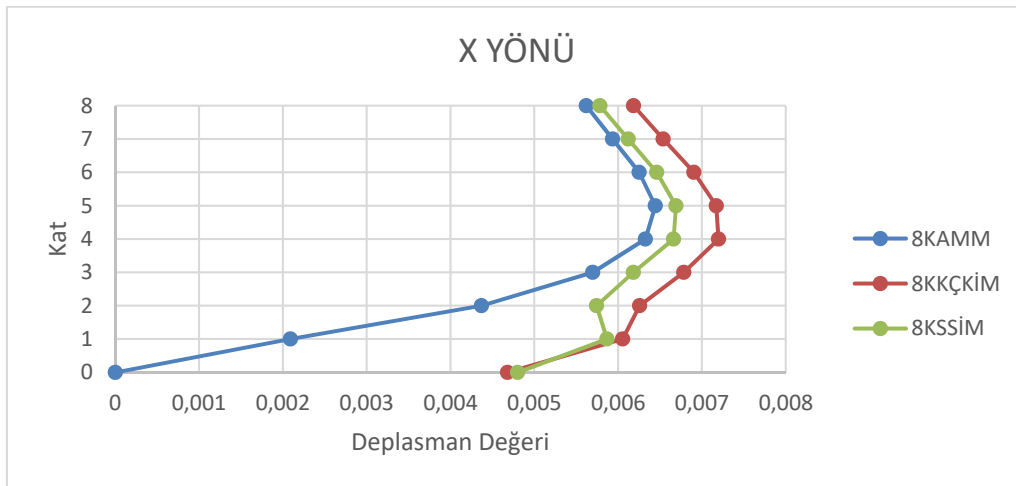
İzolatör kullanılan kat seviyesinde maksimum deplasmanlar meydana geldiği için görelî kat öteleme değerleri diğer katlarda azalmaktadır (Şekil 7-8). Fakat kat adedinin artması ile üst katlarda da görelî ötelemelerde artış gözlenmektedir (Şekil 11-12). Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapı modelinin az katlı yapılarda sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapı modeline göre daha sınırlı ötelenme değerleri verdiği ancak çok katlı yapılarda görelî ötelemelerin her iki yapı modeli için benzer değerler aldığı tespit edilmiştir.



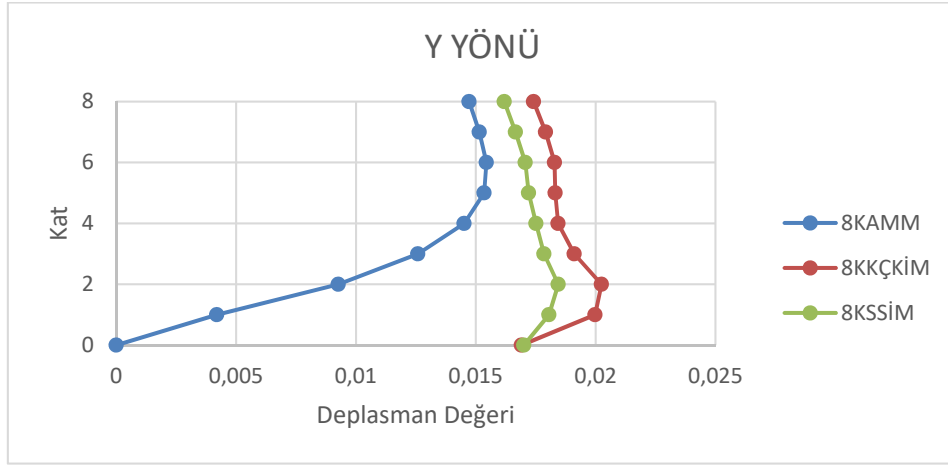
Şekil 7. 4 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (X Yönü)



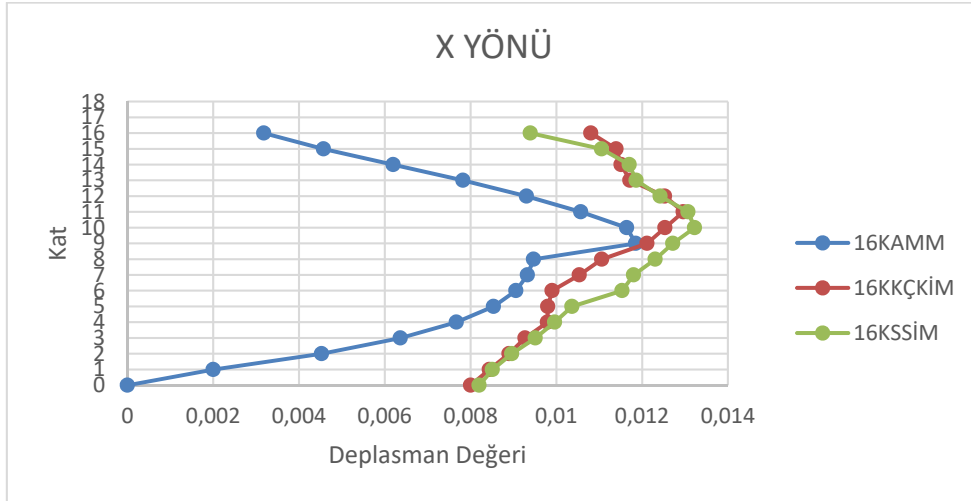
Şekil 8. 4 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (Y Yönü)



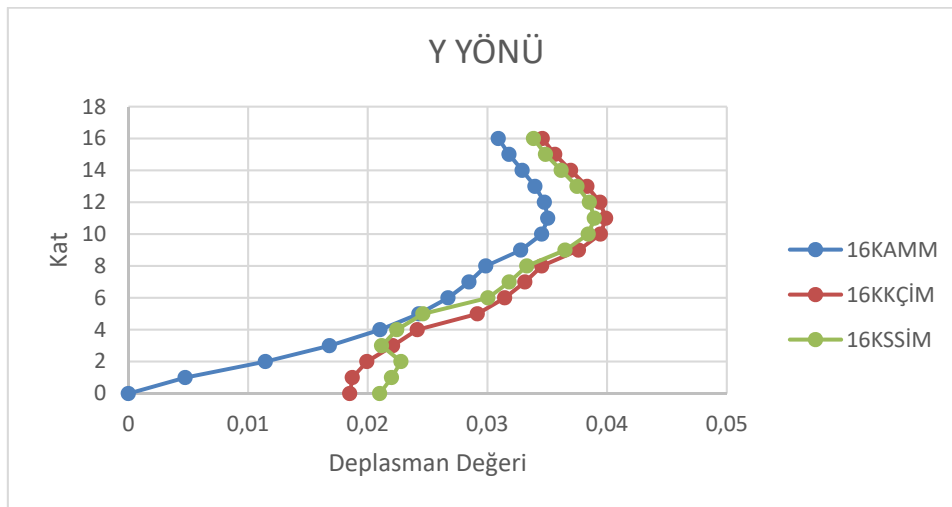
Şekil 9. 8 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (X Yönü)



Şekil 10. 8 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (Y Yönü)



Şekil 11. 16 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (X Yönü)



Şekil 12. 16 Katlı Yapıların Görelî Kat Ötelemeleri (Y Yönü)

Genel olarak, yapılan bulguların, yapı tasarımı ve deprem güvenliği konularında önemli ipuçları sağladığı ve yapısal mühendislik açısından değerli bir analiz sunduğu söylenebilir.

## SONUÇ

Bu çalışmada, 4, 8 ve 16 katlı yapılar olmak üzere toplam 9 farklı model tasarlanmıştır. Bu modeller, ankastre mesnetli, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü ve sürtümlü sarkaç izolatörlü olmak üzere farklı mesnetlenme koşullarına sahiptir. SAP2000 analiz programı kullanılarak tasarlanan modeller, 6 Şubat Kahramanmaraş depreminin ivme kayıtları temel alınarak zaman tanım alanında doğrusal analize tabi tutulmuştur. Bu analizlerin amacı, sismik izolatörlerin yapının deprem karşısındaki davranışına etkisini incelemek ve izolatörler arasındaki farklılıkları veya benzerlikleri değerlendirmektir.

Tüm modeller, aynı yüklemelere ve deprem ivmelerine maruz bırakılarak analiz edilmiştir. Ayrıca, yapılardaki kat adedi değişken tutularak izolatör sisteminin yapı yüksekliğiyle ilişkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarında, yapıların periyotları, maksimum yer değiştirmeleri, maksimum taban kesme kuvvetleri ve görelî kat ötelemeleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda, tablolar ve grafikler kullanılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

- Ankastre mesnetli yapıların periyot değerlerinin, sismik izolatörlü yapıların periyot değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Sismik izolatör

systemi, yapının periyodunu artırarak deprem kuvvetlerine karşı daha dirençli hale gelmesini sağlar. Sismik izolatörlerin temel amacı, yapının periyodunu artırmaktır. Bu, yapıyı rezonans etkilerinden uzaklaştırır ve büyüyen deprem kuvvetlerine karşı yapıda hasar oluşmadan bu kuvvetleri karşılayabilmesini sağlar. Yapının periyodu ne kadar artarsa, zeminden yapıya aktarılan deprem etkisi o kadar azalır. Yapının periyodu, kat yüksekliğiyle doğru orantılı olarak artar. Ankastre mesnetli 4, 8 ve 16 katlı modeller incelendiğinde bu ilişki açıkça görülebilir. Ancak, yapının maksimum periyot değerinin 5 - 6 saniyeleri aşmaması gerekmektedir. Çok yüksek yapılarda sismik izolatör sisteminin tercih edilmesinden kaçınılmasının sebebi, zaten yüksek periyodu olan bir yapının periyodunu daha da yükseltmek istenmemesidir. Bu durumlarda sismik izolatörler beklenen performansı sağlayamayabilir. Bu nedenle, sismik izolatörlü sistemler için en uygun yapılar kısa periyotlu yapılardır.

- Sismik izolatörlü yapılar, ankastre mesnetli yapıların yer değiştirme değerlerine kıyasla daha fazla yer değiştirme göstermiştir. Örneğin, 8 katlı ankastre mesnetli bir model 10 cm yer değiştirirken, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü modelde bu değer 26,7 cm, sürtümlü sarkaç izolatörlü modelde ise 31 cm'e kadar çıkmaktadır. Bu da izolatörlü sistemlerin, deprem kuvvetine direnç göstermek yerine deprem

- etkisiyle salınım yapmasının bir sonucudur. İzolatör kullanımı ile yapının zemin kat seviyesinde hareketine izin verilir ve deprem hasarı önlenmiş olur.
- Yer değiştirme değerlendirilmesinde önemli parametrelerden biri görelî kat ötelemesidir. Görelî öteleme katlar arasındaki deplasman farkını göstermektedir. Yapılarda katlar arası görelî öteleme yönetmeliklerle sınırlandırılmıştır. Görelî öteleme grafikleri incelendiğinde ankastre mesnetli modellerde değerler sıfırdan başlayarak artarken izolatörlü modellerde belli bir deplasman değeri ile başlamaktadır. Elde edilen sonuçlar ankastre mesnetli modellerin görelî ötelemelerinin izolatörlü yapılara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. İlave olarak izolatörlü modellerde görelî kat ötelemeleri birbirine yakın değerler gösterirken ankastre modellerde katlar arası ötelemelerin daha fazla olduğu belirlenmiştir. 4 ve 8 katlı modellerde her iki doğrultuda kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü modellerin sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapılara göre daha fazla deplasman kapasitesi sağladığı tespit edilmiştir. Kat yüksekliğinin artması ile her iki modelde görelî ötelemeler birbirine yaklaşmıştır. Bunun sebebi, kat yüksekliğiyle beraber zaten yüksek olan periyot değerinin izolatörün de etkisiyle daha da yükselmesi, bunun sonucunda izolatörlerin beklenen performanslarından biraz uzaklaşması olduğu düşünülmektedir.
  - Kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ile sürtünmeli sarkaç izolatör sistemine baktığımızda, çok benzer davranışlar sergilediklerini gözlemliyoruz. Sürtünmeli sarkaç izolatörler, yapının periyodunu bir miktar daha arttırmaktadır ayrıca bu sistemin yatay yöndeki rijitliği kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü sistemden daha az olduğu için yer değiştirmeleri daha fazladır. Görelî kat öteleme grafikleri incelendiğinde, sürtünmeli sarkaç izolatörlü yapıların, kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapılara göre daha doğrusal bir davranış sergilediğini ve daha düşük görelî deplasman değerlerine sahip olduğu görülmektedir.
  - Taban kesme kuvvetleri, yapının deprem kuvvetlerinin etkisi altında tabanında oluşan kuvvetlerdir. Yapıdaki yer değiştirme değeri ne kadar artarsa, yapıya gelen kuvvet de o kadar artacaktır. İzolatörlü yapıların yer değiştirme değerleri, yukarıda bahsettiğimiz sebepler dolayısıyla oldukça yüksektir. Bu nedenle oluşan taban kesme kuvvetleri, ankastre mesnetli yapılara göre daha fazla çıkmaktadır.
  - Elde edilen bulgular literatürde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında yapılarda kullanılan izolatörler sayesinde 16 ve daha az kat adedine sahip binaların geleneksel yapılara göre deprem esnasında daha iyi performans sergilediği sonucu bu alanda yapılan çalışmalar ile örtüşmektedir. Ayrıca deplasman talepleri üzerinde

izolatörlerin etkisi değerlendirildiğinde, izolatör seviyesinde meydana gelen deplasmanın burada sönümlenmesi ile binaların çatı katındaki ötelenmelerin, ankastre mesnetli modellere göre azaldığı sonucu da literatür ile uyuşmaktadır. Dolayısıyla bu sistemlerin betonarme yapılarda oluşabilecek hasarların azaltılması ve can güvenliğinin sağlanması konusunda büyük faydaların olacağı kesindir.

Günümüzde sismik izolasyon tekniğinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır ve özellikle hastane, kamu binası gibi deprem sırasında ve sonrasında işlevselliğini sürdürme zorunluluğu olan yapılar için vazgeçilmez hale gelmiştir. Ancak, konutlarda bu sistem hala gerekli ölçüde ilgi görmemektedir. Oysaki günümüzde büyük ölçekli sitelerin ve yoğun nüfusa sahip konut alanlarının artmasıyla, deprem anında bu bölgelerde yaşanabilecek toplu can kayıpları ciddi bir endişe kaynağıdır. Bu nedenle, sismik izolasyon sistemlerinin öncelikle can güvenliğini düşünerek daha yaygın hale gelmesi gerekmektedir.

#### KAYNAKÇA

- Abd-Elhamed, A., Shaban, Y., & Mahmoud, S. (2018). Predicting Dynamic Response of Structures under Earthquake Loads Using Logical Analysis of Data. *Buildings*, 8(4), 61.
- Aldemir, Ü. (1994). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Aktif Kontrolün Kullanılması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alhan, C., & Hacıemiroğlu, M. (2023). Dirençli Şehirler İçin Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 2(4), 96-127.
- Alnajjar, A. (2023). Seismic Bracing for Earthquake-Resistant Design: Architectural Functioning and Enhancing Building Safety and Aesthetics Suggestions, Case of Istanbul. *Digital International Journal of Architecture Art Heritage*, 2(2), 24-42.
- Altan, M. F., Cansız, S., Kaya, O., & Turna, Ç. (2020). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Betonarme Binanın Performansının ve Zemin Etkileşiminin Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1004-1014. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.727437>
- ASCE 7-10. (2010). *Minimum design loads for buildings and other structures*. American Society of Civil Engineers, USA.
- Ayhan, O. (2006). *Binaların Depreme Karşı Güçlendirilmesinde Klasik Yöntem ile Sürtünmeli Sarkaç Sistemlerin Karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baştuğ, B. K. (2004). *Yapı Sistemlerinde Depreme Karşı Sismik İzolatör Kullanılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Celep, Z., & Kumbasar, N. (2004). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Beta, İstanbul.
- Çonay, B. (2021). *Yapıya Özel Sismik İzolatör Tiplerinin Belirlenmesi ve Test Edilmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Demir, S. (2008). *Sismik İzolasyon Sistemleriyle Yapıların Tasarımı ve*

- Mevcut Bir Yapıya Uygulanması [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Doğru, A. (2014). *Hastane Binasının Sismik İzolatörlerle Depreme Dayanıklı Tasarımı* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Ekinci, E. (2022). *Sismik İzolatör Kullanılarak Tasarlanan Çelik ve Betonarme – Çelik Kompozit Yapılarının İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Gökhan, E. (2009). *Betonarme Yapılarda İzolatör Kullanımının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkileri* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güner, G. (2012). *Bir Hastane Yapısının Klasik Yöntemle ve Sismik İzolatör Kullanılarak Tasarımının Dinamik Yönden Karşılaştırılmasının Yapılması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hoşbaş, A. B. (2006). *Çok Katlı Betonarme Yapının Sismik İzolatörlerle Modellenmesi ve Yapının Perdelerle Güçlendirilmiş Durumu ile Karşılaştırılması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Mum, N. (2006). *Betonarme Köprülerde Sismik İzolasyon Etkisinin İncelenmesi ve Bir Uygulama Örneği* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Murat, E. (2007). *Binaların Tabanlarına Elastomer Mesnetler Yerleştirilerek Sismik Yalıtım Uygulanması* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures*. Director of Research and Development, Los Angeles, California.
- Özer, E., & İnel, M. (2021). Sismik İzolatörlerin Betonarme Konut Binasının Performansı Üzerindeki Etkileri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 303-311.
- Özkan, A. M., Gürsoy, Ş., & Garip, Z. Ş. (2023). Zemin Kat Yüksekliği ve Kat Adedi Farklı Olan Betonarme Binalarda Sismik İzolatör Kullanımının Bina Davranışına Etkisinin İncelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 15(2), 671-688.
- Özpalanlar, C. G. (2004). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, B. K. (2007). *Yapısal Kontrol Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Taban İzolatörlerinin Betonarme Bir Binaya Uygulanması* [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sağlam, D. (2017). *Sismik İzolatörlerin Yüksek Binalarda Deprem Davranışına Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sevim, E. (2016). *Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sheikh, H., Van Engelen, N. C., & Ruparathna, R. (2022). A review of base isolation systems with adaptive characteristics. *In Structures*, 38, 1542-1555
- TBDY. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı



- Tezcan, S. S., & Cimilli, S. (2002). *Seismic Base Isolation*. Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul.
- Toker, M. (2015). *Kolon Altı Sismik İzolatör Kuvvet Analizi* [Doktora Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Toplu, E. (2020). *Sismik Yalıtımlı Yapılarda Patlama Etkilerinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.
- Toprak, T. (2012). *Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışa Olan Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türk, H. A. (2019). *Çok Katlı Betonarme Yapılarda Farklı Sismik İzolatör Sistemlerin ve Kat Adetinin Deprem Davranışına Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Urgu, M. İ. (2006). *Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı* [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yücesoy, A. (2005). *Sismik İzolatörler ile Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı* [Yüksek Lisans Tezi]. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.



## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** Earthquakes are natural disasters that cannot be timed and controlled in advance. When they occur, they can cause serious damage to structures and bring the risk of loss of life. The fact that the time of earthquakes cannot be known in advance increases the importance of measures that can be taken during building design. Reinforced concrete structures are designed by considering earthquake effects and are designed by taking into account the earthquake loads that will act on the structure. The main objective of this design process is to limit the damage that may occur due to earthquake effects. Traditional methods aim to limit the damage by making the structures more flexible during earthquakes. However, this approach has some limitations. In order to evaluate the performance of different structural systems including built-in, lead rubber core isolators and friction pendulum isolators, 9 different models with different storey heights of 4, 8 and 16 storeys were designed using SAP2000 analysis program. These models were analyzed with the acceleration records of the February 6 Kahramanmaraş earthquake. In the study, the performance of each structural model against earthquake effects has been rigorously investigated. In the process of this investigation, the performance of different isolator systems with respect to anchored bearings is evaluated and at the same time, each isolator system is compared within itself. Furthermore, the effect of different storey heights on the effectiveness of the isolators was directly analyzed. As a result of

the analyses, various performance criteria of the structures were evaluated. These criteria include periods, maximum displacements, maximum base shear forces and relative storey drifts of the structures. In the comparisons made, the data obtained were visualized through tables and graphs. The analyses performed for the structures where seismic isolators were applied aimed to ensure that the structure can continue to be used without damage or with minimum damage even under the earthquake effect. This shows that seismic isolators can significantly improve the earthquake performance of structures. In conclusion, the correct application and evaluation of seismic isolation systems can contribute to making structures safer against earthquake risk and reducing loss of life. Therefore, it is important to promote seismic isolation systems based on engineering standards and accurate cost analysis.

UHMFD “Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi” 2014 yılı itibariyle yayın hayatına girmiştir. Dergimizde literatüre kaynak sağlayacak nitelik ve değerinde olan yayınlara yer verilmektedir. Dergimiz uluslararası hakemli bir dergi olup, yılda ÜÇ sayı çıkarmaktadır. Dergimizin sayıları NİSAN, AĞUSTOS ve ARALIK aylarında sistem üzerinden yayımlanmaktadır. Dergimiz gerek basılı gerek de internet üzerinden ulaşılabilen bir dergidir. Dergimizde Mühendislik ve Fen Bilimleri alanı içerisinde değerlendirilebilecek her türlü yayına yer verilebilmektedir. Dergimizin baş editörü Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ olup, dergi yönetimin kurulunun aldığı kararlar doğrultusunda faaliyetlerini gerçekleştirmektedir.

Gönderilen her yayın kendi alanında uzman iki hakem ya da dergi sistem editörü ile yayın kurulunun belirleyeceği iki hakem dışında atama yapacağı hakemlerin onayından geçmeli ve hakemler tarafından yayımlanabilir görüşüne sahip olmalıdır. Aynı sayı içerisinde yazarın bir yayınına yer verilir. Birden fazla hakem ve yayın kurulu onayından geçen çalışmalar sıraya alınarak ilerleyen sayılarda yayınlanır. Hiçbir yazar hakem ve yayın kurulu üyeleri üzerinde etkili değildir. Dergimizde yayımlanmak üzere sisteme yüklenen çalışmalar için yayın telif hakkı sözleşmesi istenmez. Sisteme yüklenen çalışmalar dergiye devredilmiş olarak kabul edilir. Yazar ya da yazarlar bu durumu kabul etmiş ve derginin yayın kabul şartlarına uygun hareket etmeyi teyit ederek bu sisteme dâhil olmuştur. Hiçbir şekilde yazarların itiraz hakkı bulunmaz. İtiraz hakkını kullanamaz.

Dergimiz hakem ve bilim kurullarında yer almak isteyen akademisyen ve bilim araştırmacılarının mutlaka Dr. unvanı almış ve alanında uzman olması gerekmektedir. Ayrıca bilimsel çalışmalar yapmış olması şartı aranır. Dr. ya da Uzman unvanına sahip olmayan ve alanında yayın yapmayan hiç kimse bilim, danışma ve hakem kurullarında yer alamaz. Dergi yayın kurulu derginin en üst karar ve yürütme mekanizmasını oluşturur. Yayın kurulunun aldığı her türlü karar kesin ve değiştirilemez niteliktedir. Yayın kurulu kararı olmaksızın hiçbir koşul ve şartta dergi üzerinde işlem gerçekleştirilemez ve uygulamaya gidilmez. Dergi baş editörleri hakem onayına gönderilmeyen çalışmaların dergide kabul edilip edilmeyeceğine, hakem sürecine gönderilip gönderilmeyeceğine karar verebilir. Bu karar sürecinde yayın kuruluna bilgi vermek zorunda değildir. Dergimiz bünyesinde hakem, bilim ve danışma kurulunda yer almak isteyen bilim insanlarının katılımına ancak yayın kurulu karar verebilir.

Dergimizde bazı ulusal ya da uluslararası kongrelerde yayınlanmış sözlü ve hakem onayından geçmiş çalışmalar için özel sayılar şeklinde çalışmalar da gerçekleştirilmektedir. Bu tip özel sayılar ancak anlaşma yapılan kongrelerde sunulmuş sözlü bildirimler için geçerlidir. Bu bildirimlerin mutlaka kongre bilim kurulundan onay almış hakem değerlendirmesi yapılmış olmalıdır. Hakem değerlendirmesi yapılmamış hiçbir çalışma yayına alınmaz. Yayımlanmak için gönderilen çalışmalar dergi hakem onayına gönderilir. Her iki hakemden olumlu dönüş alan çalışmalar yayına alınır. Ayrıca sözlü sunulan bildirimlerin mutlaka basılı materyali ile hakem onay raporları dergimiz yayın kuruluna ve baş editörlerine sunulmuş olmalıdır. Bu bilgi ve materyallere sahip olmayan bildirimlere dergimizde yer verilmez.

Dergimizde işlem sürecine dair bilgiler yazar ve yazarlara mail olarak dergi internet mail adresinden bildirilir. Ayrıca dergimize üye olup sisteme giriş yapan her bir yazar süreç ile ilgili bilgileri derginin üye sayfasından kendisi izleyip gelişmeleri takip edebilir. Dergimizdeki koşul ve şartlar tüm yazar ve yazarlar için aynıdır. Hiçbir yazar için bu kurallar ve koşullar değiştirilmez. Farklılık sağlanması istenemez talep edilemez. Dergimiz bünyesinde yayımlanması istenen eserlerin mutlaka derginin yayın kabul ettiği alanlardan olması şartı aranır. Bu özellikleri taşımayan hiçbir yayına dergimizde yer verilemez. Hakem sürecine dair işleyiş baş editörler kontrolünde gerçekleştirilir. Baş editörler yayının dergide hakem sürecine dair işleyişine yönelik bilgi ve karar verme yetkisine sahip bulunur. Baş editörlerin uygun bulmadığı ya da kabul etmediği bir yayın dergide sürece dâhil edilmez. Bu konuda yazar ya da yazarlar dergi ile diğer organlar üzerinde bir yükümlülük oluşturamaz. Hakem onayından geçse bile editörler ya da yayın kurulu mevcut çalışmanın yayımlanmasına olumlu görüş bildirmemesi veya makale sistemde yayına alınsa bile kurulların kararı ile iptal edilebilir. Böyle bir durumda yazar ya da yazarlar dergiye bir yaptırım uygulayamaz. Her türlü yetki tek taraflı olarak dergi yayın ve editörler kuruluna aittir. Yüksek lisans ve Doktora tezlerinden üretilen çalışmalarda mutlaka bu durum kaynakça kısmında yazar notu olarak belirtilmelidir. Dergimizde yayımlanması talep edilen ve dergi sistemine yüklenen makalelerden mutlaka etik kurul raporu ya da çalışma izni belgesi talep edilir. Bu belgelere sahip olmayan çalışmalara dergimizde yer verilmez. Etik kurul gerektirmeyen çalışmalar için herhangi bir belge talep edilmez. Ortak yazarlarda mutlaka sisteme kayıt olan ve makaleyi yöneten yazar muhatap kabul edilir. Bu nedenle sorumluluk sadece sisteme üye olup yayını yükleyen yazara aittir. Dergimiz ve yönetimi/kurulları sorumlu yazar dışında hiçbir yazarla iletişim içerisinde bulunmaz bu yönde diğer yazarlar bir talep oluşturamaz.

UHMFD “International Refereed Journal of Engineering and Science” was published in 2014. In our journal, articles, which meet the criteria of scientific quality and contribute to the field, are included. Our journal is an international refereed journal and it publishes THREE issues per year. Issues of our journal are published on the system in APRIL, AUGUST and DECEMBER. Our journal can be accessed both in print and online. All kinds of publications that can be evaluated in the field of Engineering and Science can be included in our journal. The chief editor of our journal is Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ and the journal carries out its activities in line with the decisions taken by the board of directors.

Each submitted publication must be approved by the appointed referees, other than two referees or journal system editors who are experts in their field, and two referees to be determined by the editorial board, and must have the opinion that it can be published by the referees. Only one publication of the author is included in the same issue. Studies that have gained the approval of more than one referee and editorial board are put in order and published in the following issues. No author has any influence over the referees and the editorial board members. A publication copyright agreement is not required for the manuscripts uploaded to the system for publication in our journal. Studies uploaded to the system are considered to be transferred to the journal. The authors are supposed to have accepted this situation and have been included in this system by confirming to act in accordance with the publication acceptance conditions of the journal. The authors have no right of objection in any way. They cannot exercise the right of appeal.

Academics and scientific researchers who want to take part in the refereeing and scientific committees of our journal must have the title of Dr. and be experts in their fields. In addition, They are expected to have conducted scientific studies. Anyone who does not have the title of Dr. or Expert and does not publish in their field cannot take part in the scientific, advisory and refereeing boards. The editorial board of the journal constitutes the highest decision and executive mechanism of the journal. Any decision taken by the editorial board is final and unchangeable. No action can be taken on the journal under any conditions and without the decision of the editorial board. The editors of the journal can decide whether the studies that are not sent to the referee’s approval will be accepted in the journal and whether they will be included in the referee process. It is not obliged to inform the editorial board during this decision process. Only the editorial board can decide on the participation of scientists who want to take part in the referee, science and advisory boards of our journal.

In our journal, studies are also carried out in the form of special issues for oral and refereeapproved studies published in some national or international congresses. Special issues are only valid for oral presentations presented at the congresses with which an agreement is made. These papers must have been approved by the scientific committee of the congress and have been evaluated by a referee. Any work that has not been peer-reviewed will not be published. Studies submitted for publication are sent to the journal for referee approval. Studies that receive positive feedback from both referees are published. In addition, the printed material of the oral presentations and the referee approval reports must be submitted to the editorial board and chief editors of our journal. Papers that do not have this information and materials will not be published in our journal.

In our journal, information about the processing process is sent to the author and authors via e-mail from the journal's internet e-mail address. In addition, each author who is a member of our journal and logs in to the system can monitor the information about the process on the member page of the journal himself and follow the developments. The terms and conditions in our journal are the same for all authors. These rules and conditions do not change for any author. It is required that the works requested to be published within our journal must be from the fields that the journal accepts publication. Any publication that does not have these features cannot be included in our journal. The functioning of the referee process is carried out under the control of the chief editors. The chief editors have the authority to inform and decide on the functioning of the publication in the journal regarding the referee process. A publication that is not approved or accepted by the chief editors is not included in the process. In this regard, the author or authors cannot place sanctions on the journal and other organs. Even if it is approved by the referee, the editors or the editorial board do not give a positive opinion on the publication of the current study or even if the article is published in the system, the process can be canceled by the decision of the boards. In such a case, the authors cannot impose a sanction on the journal. All kinds of authority unilaterally belong to the journal publication and editorial board. If studies are produced from master's and doctoral theses, this should be stated as an author's note in the bibliography section. Ethics committee report or work permit document is definitely requested from the articles requested to be published in our journal and uploaded to the journal system. Studies that do not have these documents will not be included in our journal. No documents are requested for studies that do not require an ethics committee. In co-authors, the author who registered in the system and manages the article is considered the addressee. For this reason, the responsibility belongs only to the author who is a member of the system and uploads the publication. Our journal and its management/boards do not communicate with any author other than the responsible author, and no request can be made for other authors in this regard.

