ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES

PRINT ISSN: 2149-2484 - ONLINE ISSN: 2148-4783 • SAYI: 21 YIL: 2023 - ISSUE: 21 YEAR: 2023

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

İÇİNDEKİLER
CONTENTS

ZİRAİ İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ İLAÇLAMA STRATEJİSİ VE PÜSKÜRTME SİSTEMİ İÇİN JETSON NANO DEVKIT TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ TASARIMI **1-15**
Jetson Nano Devkit Based Decision Support System Design For Spraying Strategy And Spraying System Of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles
Ukbe Usame UÇAR, Ahmet Can ESKİKALE, Mustafa Taha TOPALOĞLU

BETONARME KOLONLARDA LİF TAKVİYELİ POLİMER SARGILAMANIN PERFORMANSA ETKİSİ **16-30**
Effects Of Wrapping With Fiber-Reinforced Polymer Materials On The Performance Of Reinforced Concrete Columns
Yusuf SÜMER, Wallaa SHINNO

TÜRKİYE'NİN ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDE 2030 YILI ENERJİ TÜKETİM TAHMİNİ **31-49**
Energy Consumption Forecast For Turkey's Transportation Sector In 2030
Nazile YILANKIRKAN, Ebru YILDIRIM

DÜŞÜK REYNOLDS SAYILARINDA BİR ISI ÇUKURUNUN ISIL PERFORMANSININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ **50-63**
Numerical Investigation On Thermal Performance Of A Heat Sink At Low Reynolds Numbers
Özgün KOŞDERE, Özge ALTUN, Zerrin SERT

Baş Editörler

- Prof. Dr. Abdülkadir GÜLLÜ - Gazi Üniversitesi Teknoloji 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

Dil Editörleri

- Doç. Dr. Gökşen ARAS - Atılım Üniversitesi - Fen Edebiyat Fakültesi (İngilizce) - Türkiye
- Ph.D. L. Santhosh KUMAR - Bishop Heber College - Department of English (İngilizce) - Hindistan

Teknik Editörler

- Prof. Dr. Levent ARIDAĞ - Gebze Teknik Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. H. Meltem GÜNDOĞDU - Kırklareli Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Öğr. Gör. Ozan KARABAŞ - Hitit Üniversitesi - İskilip Meslek Yüksekokulu - Türkiye

Yayın Kurulu

- Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ - Gazi Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ackerman MARKS - University of Michigan - Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü - A.B.D.
- Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU - İstanbul Teknik Üniversitesi - Makina Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Adrian OLARU - Polytechnic University of Bucharest - Teknolojik Sistemler Mühendisliği ve Yönetimi Fakültesi - Romanya
- Prof. Dr. Arbakariya ARIFF - University Futra - Biyoteknoloji ve Biyomoleküler Bilimler Fakültesi - Malezya
- Prof. Dr. Arvind ATREYA - University of Michigan - Mühendislik Fakültesi - A.B.D.
- Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU - Çanakkale 18 Mart Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ashok JAMMI - Principal Anurag College of Engineereng - Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü - Hindistan
- 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. Erdoğan GÜNEŞ - Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi - Ankara
- Prof. Dr. Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR - Eskişehir Teknik Üniversitesi - Havacılık 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 BÜYÜKMIHCI - Erciyes Üniversitesi - Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Grzegorz KRÓLCZYK - Opole University of Technology - Makina Mühendisliği Fakültesi - Polonya
- Prof. Dr. Hamid Reza KARIMI - Politecnico di Milano - Makina Mühendisliği Bölümü - İtalya
- Prof. Dr. H. Ziya ÖZEK - Namık Kemal Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Hiroshi Sekimoto - Tokyo Institute of Technology - 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 - University Of Arizona - Dans Okulu - A.B.D.
- Prof. Dr. Hatice ÖĞÜT - Ahievran Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ - Düzce Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Mihaela BUCIUMEANU - University Dunarea de Jos of Galati - Mühendislik Fakültesi - Romanya
- Prof. Dr. Mohammad ISRAR - Sur University College Mechanical Engineering - Mühendislik Bölümü - Hindistan
- 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. Ömer ALKAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Ömer YILDIRIM – G.O.P. Üniversitesi - Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Pete WALKER - University Of Bath - Mimarlık ve İnşaat Mühendisliği Bölümü - İngiltere
- Prof. Dr. Peter CHILDS - Imperial College London - Mühendislik Fakültesi - İngiltere
- Prof. Dr. Rajini Nagarajan - Kalasalingam University - Makine Mühendisliği Fakültesi - Hindistan
- Prof. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Sevil YÜCEL - Yıldız Teknik Üniversitesi - Kimya-Metalurji Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Şükran ŞAHİN - Ankara Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Tauseef A. Khan - Lahore University of Engineering and Technology - Makina Mühendisliği Bölümü - Pakistan
- Prof. Dr. Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ - İstanbul Aydın Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTİM Teknik Universitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Prof. Dr. Yoshihiko Takano - National Institute for Materials Science - Uluslararası Malzeme Nanoarchitektonik Merkezi - Japonya
- Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU - İstanbul Ticaret Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

Yayın Kurulu

- Doç. Dr. Adil GÜLER - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Abdulkerim KARAASLAN - Atatürk Üniversitesi - İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU - Atatürk Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Aytaç YILDIZ - Bursa Teknik Üniversitesi - Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet ÇELEBİ - Sakarya Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Abney STEVEN - University Of Michigan - Dilbilim Bölümü - A.B.D.
- Doç. Dr. Cihat BOYRAZ - Marmara Üniversitesi - Teknoloji Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Didem SALOĞLU DERTLİ – İstanbul Teknik Üniversitesi - Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetim Enstitüsü - Türkiye
- Doç. Dr. Dimitri A. SHULGIN - Kazan National Research Technological University - Makina Mühendisliği Fakültesi - Rusya
- Doç. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKCİ - Atatürk Üniversitesi - Mimarlık ve Tasarım Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Gülcan DEMİROĞLU TOPÇU - Ege Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Latif ASLANOV - Azerbaijan University of Architecture and Construction - Azerbaycan
- Doç. Dr. Pınar GÜLTEKİN - Düzce Üniversitesi - Orman Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Süheyla BÜYÜKŞAHİN - Necmettin Erbakan Üniversitesi - Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Sinan KOPUZLU - Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi - Türkiye
- Doç. Dr. Tory FAIR - Brandeis University - Güzel Sanatlar Bölümü - A.B.D.
- Doç. Dr. Vishal S. SHARMA - University of the Witwatersrand - School of Mechanical - Hindistan
- Doç. Dr. Vural OYAN - Van Yüzüncüyıl Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Türkiye

Lead Editors

- Prof. Dr. Abdülkadir GÜLLÜ - Gazi University - Faculty of Technology - 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

Language Editors

- Assoc. Prof. Gökşen ARAS - Atılım University - School of Arts and Sciences (English) - Türkiye
- Ph.D. L. Santhosh KUMAR - Bishop Heber College - Department of English (English) - India

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

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 Futra - 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. Ashok JAMMI - Principal Anurag College of Engineereng - Department of Electronics and Communication Engineering - India
- 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. Hatice 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. Mohammad ISRAR - Sur University College Mechanical Engineering - Department Of Engineering - India
- 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. Ömer ALKAN - Atatürk University - Faculty of Economics and Administrative Sciences - Türkiye
- 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. Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ - İstanbul Aydın University - Faculty of Architecture and Design - Türkiye
- Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN - OSTIM 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

Editorial Board

- Assoc. Prof. Adil GÜLER - Marmara University - Faculty of Technology - Türkiye
- Assoc. Prof. Abdulkerim KARAASLAN - Atatürk University - Faculty of Economics and Administrative Sciences - Türkiye
- Assoc. Prof. Ahmet Semih UZUNDUMLU - Atatürk University - Faculty of Agriculture - 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. Steve ABNEY - University Of Michigan - Department of Linguistics - U.S.A.
- 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 Federation
- Assoc. Prof. Elif AKPINAR KÜLEKCİ - 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 okurlar, kıymetli bilim insanları,

Bu sayımızda, alanlarında öncü ve yenilikçi nitelikler taşıyan 04 farklı araştırma makalesine yer verdiğimiz için büyük bir memnuniyet duyuyoruz. Her biri alanında değerli katkılar sunan yazarlarımıza, çalışmalarını dergimizle paylaştıkları için içtenlikle teşekkür ederiz. Her sayımızın hazırlanmasında büyük bir titizlikle görev alan hakemlerimize de minnettarlığımızı sunuyoruz.

Dergimizin sürekli gelişmesi ve daha geniş kitlelere ulaşması için aralıksız çalışan editörler kurulumuza, teknik destek ekibimize ve yayın kurulumuzda yer alan değerli bilim insanlarına özverili çalışmaları için teşekkür ederiz.

Bilim dünyasında daha geniş bir yankı uyandırmak ve dergimizin etki alanını genişletmek için uluslararası indekslerde yer almak amacıyla yürüttüğümüz çalışmalar devam etmektedir. Yayınlanan makalelerin daha geniş bir okur kitlesi tarafından keşfedilmesi ve literatüre olan katkılarının artırılması için duyurularımızı sürdürüyoruz.

Ayrıca, dünya çapında daha fazla bilim insanına ulaşabilmek için uluslararası iletişim ve tanıtım faaliyetlerimize hız kazandırdık. Destekleriniz ve katkılarınız dergimizin sürekli gelişiminde büyük bir rol oynamaktadır.

Siz okurlarımıza ve değerli bilim insanlarına, gelecek sayılarımızda yeniden buluşmayı dört gözle beklediğimizi belirtirken, sağlık ve başarı dolu günler dileriz.

(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 şartlardaoluşan ya da oluşacak bir sorunda problemde dergimiz, yayın kurulu, imtiyaz sahibi, yazı işleri, hakem vebilim kurulları sorumluluk kabul etmez. Yazar(lar) bu bilgiyi dergiye yazılı olarak vermekle yükümlüdür.Bu konuda tüm sorumluluk yazar(lar) a aittir).

Basın Yayın Kanunun "5187" gereğince basılı eserler yoluyla işlenen fiillerden doğan maddi ve manevizarar m-13-14 kapsamında dergimizde yayınlanan yayınların içeriği ve hukuki sorumluluğu tek taraflıolarak yazar(lar) a aittir. Dergimiz, yönetim, hakem, editör, bilim ve imtiyaz sahibi bu yükümlülüklerikabul etmez. Dergimizde bilimsel içerikli, literatüre katkı yapan, bilimsel anlamda değer ifade eden çalışmalar kabul edilir ve yayınlanır. Bunun dışında siyasi, politik, hukuki ve ticari içerikli fikri sınai haklarkanununa aykırılık içeren yayınlara yer verilmez. Olası bir olumsuzluk durumunda yazar(lar) doğabilecekher türlü maddi ve manevi zararı peşinen kabul etmiş ve yüklenmiştir. Bu nedenle ikinci üçüncü ve diğerşahıs ile kurumlar konusunda dergimiz yönetimi ve kurulları hiçbir sorumluluğu kabul etmez. Bu yöndedergimiz ve kurulları üzerinde bir hukuki yaptırım uygulanması söz konusu olamaz. Eserlerin içeriği vemevcut durumu yazar(lar) ait olup dergimiz bu yayınların sadece yayınlanması ve literatüre kazandırılmasıaşamasında görev üstlenmiştir. Tüm okuyucu, kamuoyu ve takipçilerine ilanen duyurulur.

Prof. Dr. Abdulkadir GÜLLÜ

Chief Editor

Dear readers,

In this issue, we are very pleased to include 04 different research articles that are pioneering and innovative in their fields. We sincerely thank our authors, each of whom have made valuable contributions in their fields, for sharing their work in our journal. We would also like to express our gratitude to our referees who work meticulously in the preparation of each issue.

We would like to thank our editorial board, technical support team and valuable scientists in our editorial board for their devoted work for the continuous development of our journal and reaching a wider audience.

We continue our efforts to be included in international indexes in order to create a wider resonance in the scientific world and to expand the impact of our journal. We continue our announcements to ensure that the published articles are discovered by a wider readership and to increase their contribution to the literature.

In addition, we have accelerated our international communication and promotion activities in order to reach more scientists worldwide. Your support and contributions play a major role in the continuous development of our journal.

We look forward to meeting you, our readers and esteemed scientists, in our future issues, and wish you health and success.

(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.

ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES
Doi: 10.17366/uhmfd.2023.21.1 / ss. 1-15 - pp. 1-15

ZİRAİ İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ İLAÇLAMA STRATEJİSİ VE PÜSKÜRTME SİSTEMİ İÇİN JETSON NANO DEVKIT TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ TASARIMI[1]

JETSON NANO DEVKIT BASED DECISION SUPPORT SYSTEM DESIGN FOR SPRAYING STRATEGY AND SPRAYING SYSTEM OF AGRICULTURAL UNMANNED AERIAL VEHICLES

Ukbe Usame UÇAR[1], Ahmet Can ESKİKALE[2], Mustafa Taha TOPALOĞLU[3]
[1]Fırat University, School of Civil Aviation, Department of Aircraft Maintenance and Repair, Elazığ / Türkiye
[2]Fırat University, Forensic Informatics Engineering, Elazığ / Türkiye
[3]Fırat University, Electrical and Electronics Engineering, Elazığ / Türkiye
ORCID: 0000-0002-9872-2890[1], 0009-0001-4834-7834[2], 0009-0002-9654-6165[3]

Öz: Amaç: Bu makalenin amacı Zirai İnsansız Hava Araçlarıyla tarım arazilerinde yapılan ilaçlama ve gübreleme işlemleri için akıllı bir karar destek sistemi oluşturmaktır. Bu sistemde, seyrek ya da gelişmemiş bölgelere farklı, normal gelişim gösteren bölgelerde farklı ve yoğun gelişim gösteren bölgelerde farklı ilaç atımları gerçekleştirilecek ve bitki sağlığı korunacaktır. Böylelikle, bitkinin yetersiz ilaçlanmasının ya da fazla ilaçlamadan kaynaklanarak yanmasının önüne geçilebilecektir.

Yöntem: Bu makalede Zirai İnsansız Hava Araçları (ZİHA) ile yapılan ilaçlama ve gübreleme işlemleri için Jetson Nano Devkit Yapay Zeka Bilgisayarına gömülü bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. ZİHA dan elde edilen anlık görüntülerin doğru bir şekilde analiz edilmesi için 3 farklı görüntü işleme algoritması ("RGB Filter Method", "Pixelwise Classification Method" ve "HSV Range Filter Method"), 4000 tarım arazi görüntüsü üzerinde test edilmiştir. Anlık olarak görüntülerin değerlendirilmesi ve ilaç püskürtme miktarının değiştirilmesi gerektiği bu sistemde çözüm süresi ve çözüm güvenilirliği (yeşil yakalama oranı) iki farklı amaç olarak dikkate alınmıştır. Görüntü işleme sonuçlarına göre 3 farklı kademelendirilen (düşük-orta-yüksek seviye) ve "Pulse Width Modulation" ile "Pulse Width Modulation" tekniklerine göre oluşturulan püskürtme sisteminin çalışma prensibi "Proteus" simülasyon programı üzerinden simüle edilmiş ve gerçek sistem üzerine aktarılmıştır.

Bulgular: Analiz çalışması sonucunda çözüm süresi ve çözüm güvenilirliği amaçlarını eş zamanlı sağlayan ideal algoritmanın "RGB Filter Method" olduğu tespit edilmiştir. Püskürtme sisteminde ise 3 kademe için saniyede atılacak ilaç miktarları belirlenmiştir. Son olarak ise ZİHA üzerindeki kameradan 6 saniyede bir görüntü alınması ve buna göre ilaçlama yapılmasına karar verilmiştir.

Sonuç: Önerilen karar destek sistemi sayesinde tarım alanları bitkinin ihtiyaç düzeyine göre dinamik seviyelerde ilaçlanabilecektir. Küresel ısınma, toprak erozyonu ve su kıtlığının bulunduğu günümüz dünyasında, çalışmanın akıllı tarım uygulamalarına pozitif katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka Bilgisayarı, Akıllı Tarım Uygulamaları, Görüntü İşleme, Sürdürülebilirlik, Zirai İnsansız Hava Araçları

Abstract: Aim: The aim of this paper is to create an intelligent decision support system for spraying and fertilization operations in agricultural lands with Agricultural Unmanned Aerial Vehicles. In this system, different pesticides will be sprayed in sparse or undeveloped areas, different pesticides will be sprayed in areas with normal development and different pesticides will be sprayed in areas with intensive development and plant health will be protected. Thus, inadequate spraying or burning of the plant due to over spraying will be prevented.

Method: In this paper, a decision support system embedded in the Jetson Nano Devkit Artificial Intelligence Computer is developed for spraying and fertilization operations performed by Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Three different image processing algorithms ("RGB Filter Method", " Pixelwise Classification Method" and "HSV Range Filter Method") were tested on 4000 agricultural field images in order to accurately analyze the snapshots obtained from UAVs. Solution time and solution reliability (green capture rate) were considered as two different objectives in this system where the images should be evaluated instantaneously and the amount of pesticide spraying should be changed. According to the image processing results, the working principle of the spraying system, which was created according to 3 different levels (low-medium-high level) and "Pulse Width Modulation" and "Pulse Width Modulation" techniques, was simulated through the "Proteus" simulation programme and transferred to the real system.

Results: As a result of the analysis, it was determined that the "RGB Filter Method" is the ideal algorithm that simultaneously meets the objectives of solution time and solution reliability. In the spraying system, the amount of pesticide to be sprayed per second was determined for 3 stages. Finally, it was decided to take an image every 6 seconds from the camera on the APC and to spray accordingly.

Conclusion: Thanks to the proposed decision support system, agricultural areas can be sprayed at dynamic levels according to the level of plant needs. In today's world of global warming, soil erosion and water scarcity, the study is expected to make a positive contribution to smart agricultural practices.

Keywords: Artificial Intelligence Computer, Smart Agriculture Applications, Image Processing, Sustainability, Agricultural Unmanned Aerial Vehicles

[1] Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ukbe Usame UÇAR, Fırat University, School of Civil Aviation, Department of Aircraft Maintenance and Repair, Elazığ / Türkiye, uuucar@firat.edu.tr, ***Geliş Tarihi / Received:25.07.2023, Kabul Tarihi / Accepted:29.12.2023, Makalenin Türü / Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research -Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu/ Ethics Committee Report Yok / None "A declaration has been made by the author(s) that the study does not require an ethics committee, and the responsibility is unilaterally assumed by the author in all material / moral aspects"***

Güven Plus Group Consulting Inc. International Refereed Journal of Engineering and Sciences İstanbul/Türkiye
Copyright 2023, Güven Plus Group Consulting Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

INTRODUCTION

Agriculture, the oldest and most common source of livelihood in the world, is an indispensable part of the food sector. There are many factors for a sustainable and efficient agriculture. Agricultural spraying and fertilization are among these factors. These processes, which are carried out for different purposes, are of great importance in terms of plant health and product yield. Thanks to spraying, the plant is protected from diseases and harmful organisms such as insects and locusts. Thanks to the spraying process, which is effective in the growth of plants, more products are obtained per unit area. Quality and healthy products are obtained from correctly sprayed plants. In this way, factories and companies operating in the food sector can produce reliable products. In addition, thanks to spraying, organism populations affecting plant growth can be kept under control and their spread is prevented. All of these benefits are possible with the right spraying policy.

Wrong spraying policies in agricultural practices have many negative consequences. Improper spraying causes chemical residues in the soil and may pose a threat to natural life by leaking into water resources. As a result of incorrect spraying, harmful organisms such as pests, insects and locusts develop resistance to drugs and the effectiveness of drugs decreases. Another consequence of wrong spraying policy is on soil health. The harmful chemicals in the pesticide disrupt the organic structure of the soil and may adversely affect the activities of beneficial microorganisms. Finally, accumulation of pesticide residues on plants and consequently jeopardizing food safety is a consequence of the wrong spraying policy. In this context, there is a high need for the implementation of a correct and conscious agricultural policy in terms of human health and ecological balance.

Artificial intelligence technologies are becoming increasingly widespread solution architectures that are being used in solving agricultural problems. Artificial intelligence approaches are used to increase agricultural productivity, develop sustainable agricultural policies and optimize processes in plant production. With big data and data mining, data obtained from agricultural lands are analysed and made sense of, and ideal cultivation practices are offered to farmers. With prediction models such as artificial neural networks, meteorological forecasts can be made and the ideal calendar for planting operations can be determined. In addition, irrigation and fertilizations times are carried out according to this calendar. With the developments in Agricultural Unmanned Aerial Vehicle technologies, plant health is monitored using image processing techniques and spraying times are notified with warning systems. With artificial intelligence-based sensor systems, the requirements of the plant are determined and irrigation or fertilization can be carried out as much as needed. There are many studies on agricultural applications of artificial intelligence systems in the literature, some of which are shown in Table 1.

In this paper, a decision support system is developed for the intelligent spraying of

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

agricultural lands with Unmanned Aerial Vehicles. In the system, the foliage levels in agricultural lands are taken into account and an algorithm is developed to change the instantaneous spraying type and adjust the drone spraying level by taking into account the greening rate in the land. Three different image processing techniques were used to determine the foliage levels of agricultural fields and the fastest and most accurate technique was selected on the Jetson Nano Devkit computer through comparative analyses. The spraying level remains constant in the existing UAVs, whereas in our proposed system, the spraying level can change dynamically instantaneously. For this reason, this paper is considered to be different from other studies in the literature. In the second section of the paper, the problem and data sets are described, and the solution methodologies used are introduced in the third section. In the fourth section, information about the application study is given, and in the fifth section, which is the last section, general evaluations about the study are made and information about future studies is given.

Table 1. Some of the Studies in the Literature Related to the Problem

Author Information	Problem	Methodology
Ağın and Malaslı, 2016	Sustainable Agriculture	Image Processing Techniques
Assunção et al., 2022	Weed Control	DeeplabV3
Barış, 2015	Feasibility of Agricultural Lands	SWOT Analysis
Didem, 2019	Classification of Agricultural Products	Controlled and Uncontrolled Classification Methods
Fracarolli et al., 2021	Literature Review	Computer Vision
Güzel, 2022	Weed Detection	YOLOv5
Nnadozie et al., 2023	Harvest Monitoring System	YOLOv5
Majumdar et al., 2017	Agriculture Analysis and Estimation of Soil Fertility	PAM, CLARA, DBSCAN and Multiple Linear Regression.
Oflazoğlu and Özdemir, 2021	Detection of Olive Fruit	YOLOv4
Palepu and Muley, 2017	Agriculture Analysis in terms of Soils	Data Mining
Prabhakaran et al., 2021	Literature Review on Agriculture Methodology and Fertility	Data Mining
Sanchez and Zhang, 2022	Spraying for Weed and Soybean	CNN
Sassu et al., 2023	Artichoke Detection	YOLOv5
Saygılı and Özmen, 2022	Object Detection	SSD MobileNet
Stasenko et al., 2023	Detection of decay after early harvest in apples	GAN, CNN
Şin, B., and Kadıoğlu, 2019	Detection of weed	Image Processing Techniques

Türker et al., 2015	Precision Agriculture	GIS, Data Mining, Artificial Intelligence
Tripathi and Maktedar, 2016	Disease Determination for Agricultural Products	Machine Learning
Zualkernan, 2023	Precision Agriculture and UAS	Machine Learning

PROBLEM

Spraying and fertilization of agricultural lands is of great importance in terms of increasing harvest efficiency, preventing plant diseases and protecting against pests. The ecological damage to the environment, high fuel costs, and the inability to use these machines in adverse meteorological conditions such as rain and mud have led to the development and use of ZİHA systems in agricultural areas. In this paper, the pesticide spraying system of the UAVs is discussed and a spraying system that can change the spraying level instantaneously is created with an artificial intelligence system. In this system where the greenness level of the agricultural land is taken into account, it is aimed to perform high level spraying in areas with low green rate, ideal level spraying in areas with normal green rate and low level spraying in areas with high green area. In this way, each region of the field was evaluated separately and it was aimed to apply as much pesticide to each region as needed. In this way, excessive spraying and burning of the product is prevented and failure to develop due to deficient spraying can be prevented.

The most important part of the development of the spraying system is to accurately and quickly determine the greenness level of the agricultural land. In this system, which will work in harmony with Pixhawk Cube Orange on Jetson Nano, image processing speed is of great importance. In the study where images will be processed with three different methods, a data set consisting of 4000 agricultural land images is used. These data are divided into three categories according to their greenness levels: low, medium and high, some of which are shown in Figure 1.

Low Medium High

Figure 1. Examples of Images Used in the Data Set

After image processing, the adjustment of the nozzles in the spraying system constitutes the other stage of the problem analysed in the article. The characteristics of the Agricultural

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Unmanned Aerial Vehicle used and the image processing times affect the intervals at which the spraying will be done and how many pressures will be made according to the relevant level. Insufficient spraying will prevent the growth of the plant, while over-spraying may cause the plant to burn. In the next section, the solution methodologies used in the problem are introduced.

SOLUTION METHODOLOGY

In this study, the features of the Agricultural Unmanned Aerial Vehicle developed by us and shown in Figure 2 are taken into consideration. In particular, the components of the UAV have a great influence on the determination of the working principle of the spraying system. In this context, the solution methodology for the problem stated in section 2 consists of two parts. In the first part, three different methods used in image processing are explained, and in the second part, the formulation to be used in the spraying system is expressed. The solution architecture for the problem is shown in Figure 3.

Figure 2. Developed Agricultural Unmanned Aerial Vehicle

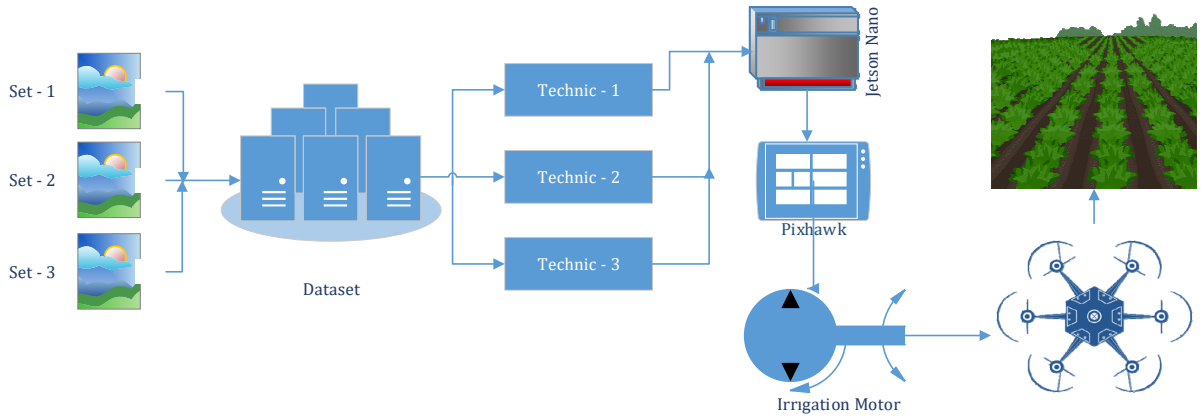


Figure 3. Solution Architecture

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

The techniques and systems described in Figure 3 are described in detail in the following sections.

Image Processing

Image processing is the mathematical and computational studies carried out to bring the images in digital format to the desired structure with the help of computer software. Clarifying the image, producing other images for different purposes, creating digital images and analyzing them are activities within the scope of image processing. Detection, differentiation and separation of objects are examples of the purposes of image processing. Image processing methods are used in many fields such as agriculture, defence, health and industry. (Başaran and Elbasan, 2023) Many methods are used in the literature on image processing, and the methodologies used in this article are described below.

Technic-1 (RGB Filter Method)

In object or pattern processing, feature detection or colour-based image processing methods can be used. The colour properties of images that are not affected by geometric transformations such as scaling or rotation can be represented by various colour models in digital systems. In the literature, RGB colour space is generally preferred because it can process images easily. (Zarkasi et al., 2019).

RGB colour space (Figure 4) consists of the initials of the colours red (R), green (G) and blue (M). In this method, the colours represent the three surfaces of a cube and form an array of three variables. The elements of this array store the colour code for the intensity value obtained by mixing the RGB colours.

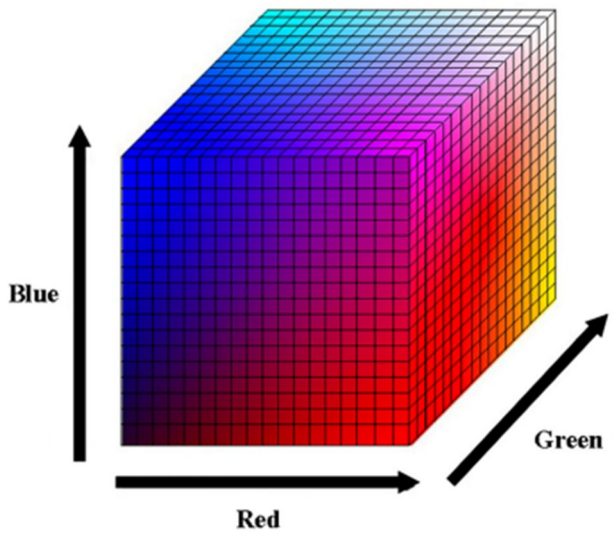


Figure 4. RGB Space (Chen et al., 2020)

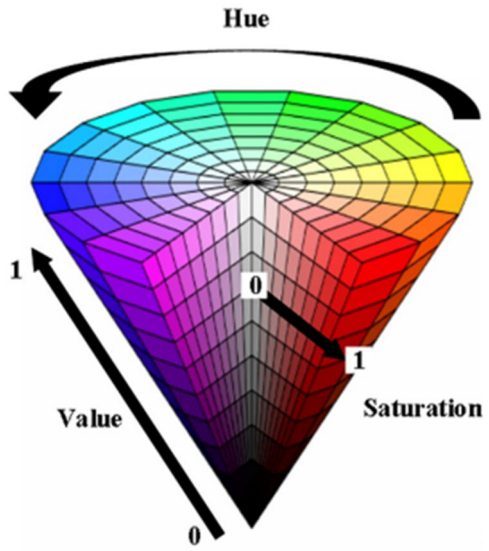


Figure 5. HSV Range Filter Method (Chen et al., 2020)

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

The RGB Filter Method uses a logical filter to determine shades of green in RGB colour space. Green pixels should be larger than red and blue pixels. In this study, a vectorised filtering process is implemented using the "Numpy" library in Python 3.9.13. Since this study focuses on green areas, if the green component of each pixel is larger than the red and blue components, this pixel is considered green. The RGB Filter Method is known to be the most cost-effective, reliable and fast method to determine green and its shades in colour space.

Technic - 2 (Pixelwise Classification Method)

In this method, the RGB values of each pixel are directly controlled. Since this paper focuses on plant growth, the green pixels should be larger than the red and blue pixels. That is, if the green component of each pixel is larger than the red and blue components, this pixel is considered as green. Unlike the previous method, this method uses nested loops to check each pixel individually. (Guo et al., 2018).

Technic - 3 (HSV Range Filter Method)

HSV colour space (Figure 5) consists of 3 different elements as "Hue", "Saturation" and "Value". In this method, the hue of the colour is expressed by "Hue" and the value of this element varies between 0 and 360 degrees. The intensity of the colour in the space is expressed by the term "Saturation" and the brightness of the colour is expressed by the term "Value". The range of values that these two variables can take is between 0 and 100. (Bektaş et al., 2023). In this article, the colour green is considered and the range of values of the 3 components for this colour can vary between [0,0,12] and [180,63,100].

Spraying System

The spraying system used in this article works in conjunction with the Jetson Nano Devkit artificial intelligence development card on the Agricultural Unmanned Aerial Vehicle, where image processing methods are applied. In the general working principle of the system, the plant development level outputs obtained by using image processing technique with Jetson Nano are processed through fuzzy logic algorithm and classified as low-common-high. In the next step, the amount of spraying is changed by instantaneous control of the spraying pump on the Agricultural Unmanned Aerial Vehicle with Jetson Nano Devkit.

In order to realize the specified system, a liquid transfer pump with DC 12V supply and a motor driver circuit board with L298N integrated motor driver circuit board, where Pulse Width Modulation (PWM) speed control technique can be used to control this pump instantaneously (Köse et al., 2013; Fatma and Hamid, 2019). Thanks to the enable input on this circuit board, DC motor control is performed by using the enable output of the Jetson Nano board depending on the low-medium-high classes obtained as a result of the fuzzy logic algorithm processed on Jetson Nano. In this way, the amount of liquid transferred can be increased or decreased by changing the supply voltage of the liquid transfer pump depending on the image processing outputs during the spraying of the Agricultural Unmanned Aerial Vehicle.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

The realization stages of the system, whose general logic and working principle are explained above, were carried out in a certain process. As the beginning of this process, the PWM speed control of the DC motor was simulated through the Proteus simulation program shown in Figure 6.

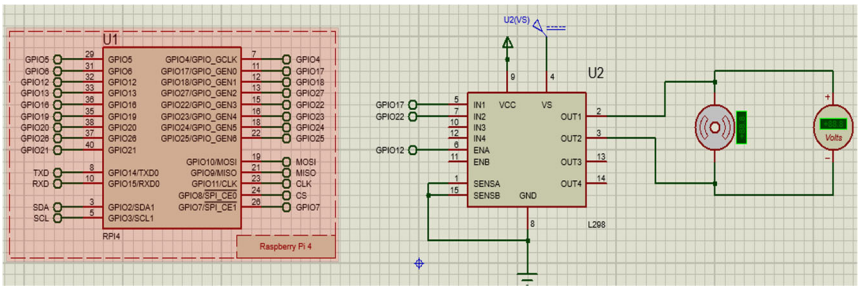


Figure 6. Simulation of the Spraying System on Proteus

According to the results obtained after simulation, the proposed spray system was installed in the real world and started to be tested. As a result of these tests, it was observed that the DC motor in the liquid transfer pump could not overcome the moment of inertia with the motor driver card. The reason for the different results from the simulation was determined that the liquid transfer pump structure was not exactly the same in simulation environments. Then, as a solution to this problem, direct starting method was applied to the motor with a relay controlled by a microcontroller during the period when the liquid transfer pump can overcome the moment of inertia. After the motor overcomes the moment of inertia, the driver circuit board re-enters the system with the help of the relay and the motor control is started. In the next section, the application study is developed in line with the proposed solution methods and the specified problem characteristics.

EXPERIMENTAL STUDY

In the application study, the features and components of the Agricultural UAV in Figure 2 were taken into consideration and image processing studies were first carried out on the Jetson Nano Devkit. According to the results of the analysis, the ideal one among 3 different methods was determined and the spraying system was tried to be developed according to this method.

Image processing studies were carried out on a Jetson Nano Devkit artificial intelligence computer with 4 GB 64-bit LPDDR Ram and 1.43 GHz processor. In the test study where 4000 different photographs were used, the greenness levels of the photographs varied between 0% and 100%. The data set in the application study consists of photographs obtained from the "kaggle" online platform (Website-1, Website-2). In Python 3.9.13, image processing studies were carried out by using “Numpy” (for mathematical operations), “Opencv” (for image processing), “Skfuzzy” (for fuzzy logic), “Time” (for time management) and “CSICamera” (for Jetson Nano Devkit camera management) libraries. Some of the images obtained as a result of the analysis are shown in Figure 7.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

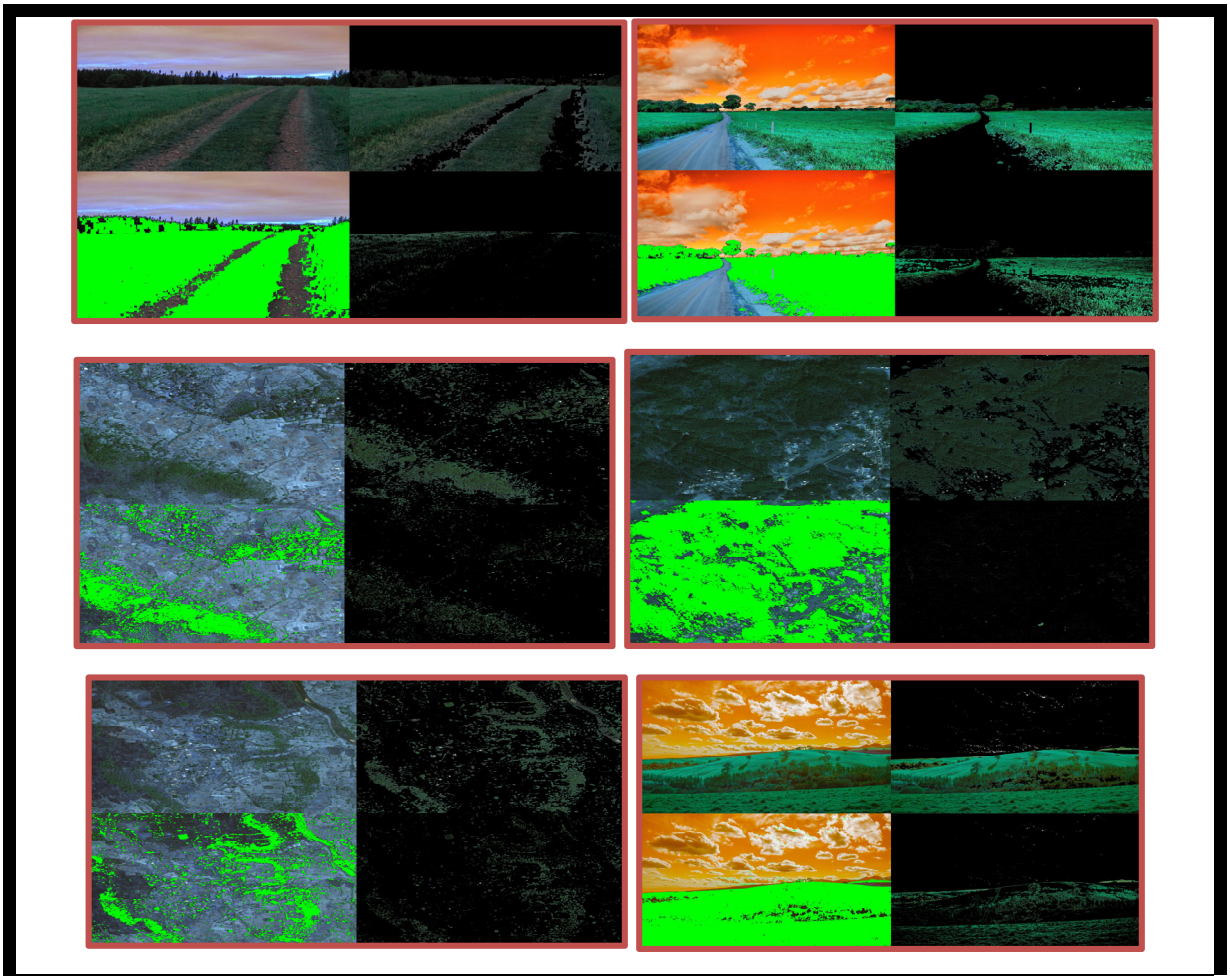


Figure 7. Some of the Results of Image Processing Analysis

In the proposed instantaneous-dynamic spraying system, the speed of image processing techniques on the Jetson Nano Devkit is of great importance. In this paper, the performance indicators for the success of the techniques are the solution time of the algorithms and the percentage of capturing the green rate. In Figure 8, the results obtained from the analysis of 4000 images are expressed in terms of two performance indicators.

When Figure 8 is analysed, it is observed that the solution time of Method-3 (HSV Ranger Filter Method) is less than the others, but the green capture rate is the lowest. The green capture rate of Method-1 (RGB Filter Method) and Method-2 (Pixelwise Classification Method) is approximately the same, and it is determined that Method-1 is quite good in terms of solution time and produces solutions in a short time. As a result, considering the time-cost interaction, it was determined that the ideal image processing technique is Method-1 and it was decided to use this technique in the spraying system.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

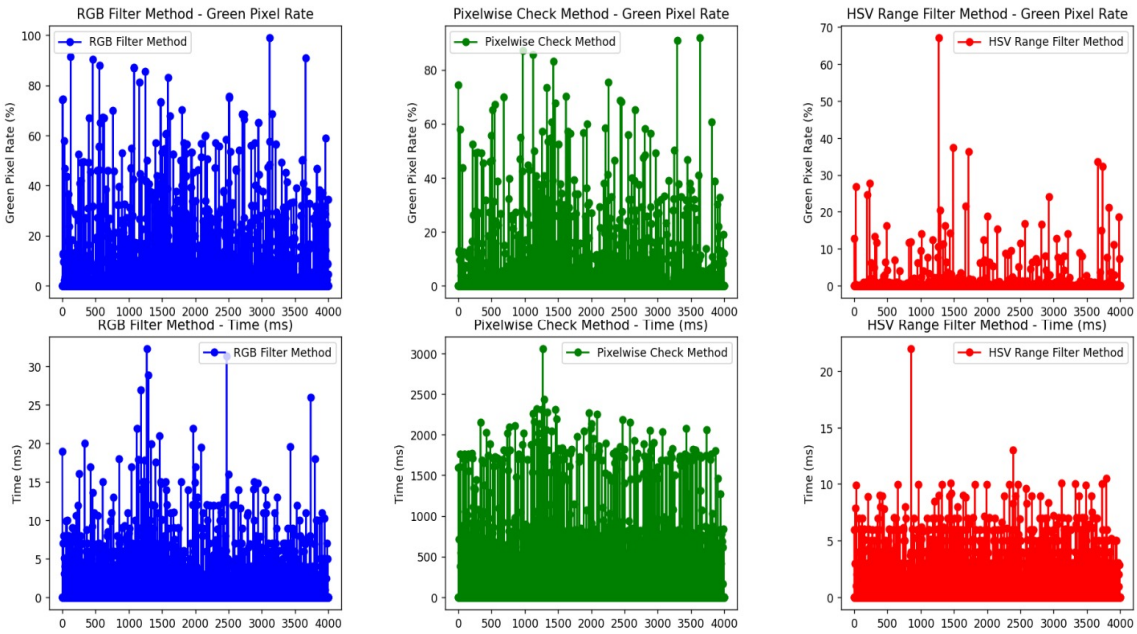


Figure 8. Comparative Analysis Results of Image Processing

In accordance with the Method-1 technique, spray tests were carried out with the experimental setup shown in Figure 9.

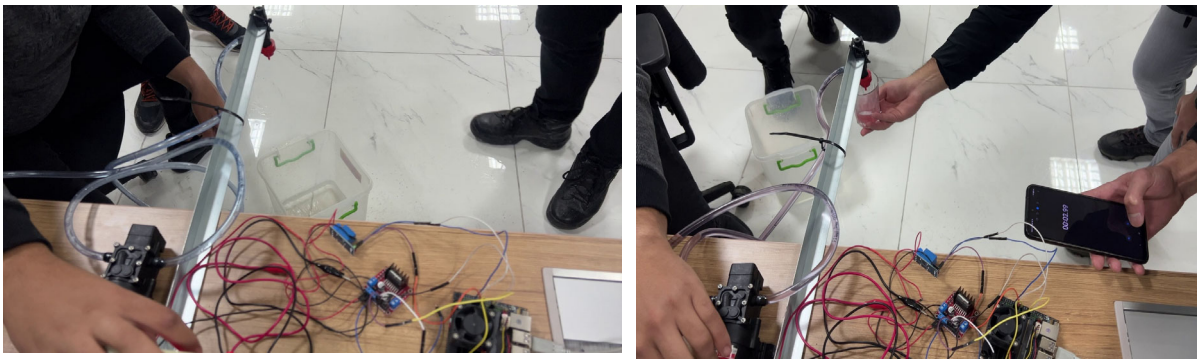


Figure 9. Spray System Experiment Set-Up

While creating the spraying system, it was assumed that more pesticide should be applied to the area with low development level, less pesticide should be applied to the area with high development level and medium pesticide should be applied to the area with normal development level. As a result of image processing, if the greenness rate of the region is between 0% and 40%, it is planned to apply high level pesticide to this region, if it is between 40% and 70%, it is planned to apply medium level pesticide and if it is above 70%, it is planned to apply low level pesticide and the spraying system was created according to this assumption. In order to perform spray tests, the operating voltages of the liquid transfer pump were determined according to low, medium and high classes. These parameters are 6V for low class, 9V for medium class and 12V for high

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

class. In order for the liquid transfer pump to operate at the specified voltage levels, it is realized with the duty period parameter used in Pulse Width Modulation (PWM) technique. This parameter is calculated by the formula $d = \frac{Ton}{T}$. "T" in the formula indicates the period of the pulse signal and "T_{on}" indicates the time when the signal is at "V_{max}". In the calculations made on the basis of the formulation transferred, after determining $V_{max} = 12V$, the duty period for the 6V supply value determined for the low class is "0.5 millisecond", the duty period for the 9V value determined for the medium class is "0.75 millisecond", and finally the duty period for the 12V supply value determined for the high class is calculated as "1 millisecond". This information was software embedded on the Jetson Nano Devkit and the test system in Figure 9 was run. The main purpose of these tests is to see different spray amounts based on the same times according to the image processing outputs.

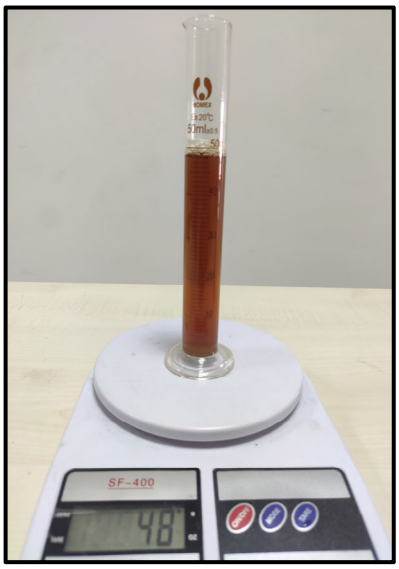


Figure 10. Spray Quantity at 6V Voltage (Low Class)

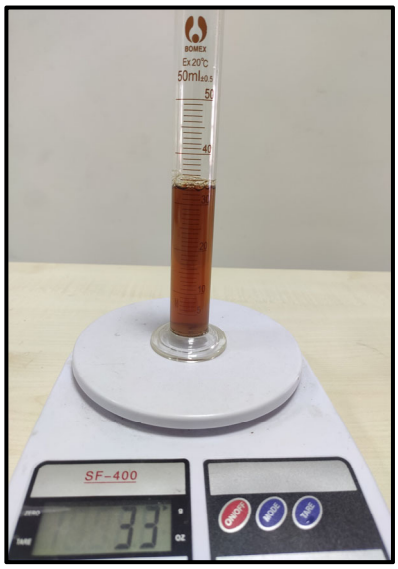


Figure 11. Spray Quantity at 9V Voltage (Medium Class)

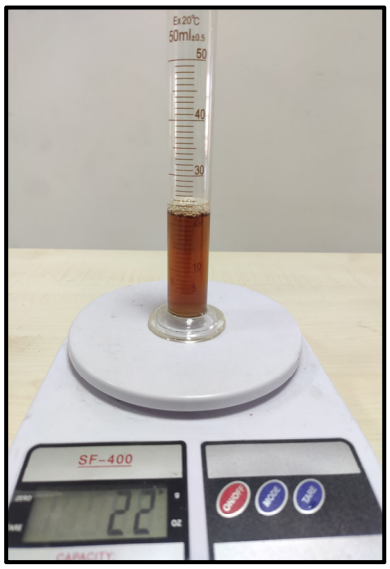


Figure 12. Spray Quantity at 12V Voltage (High Class)

In the tests, firstly, the amount of spraying depending on the low class was tried to be determined. For this purpose, as a result of the low class output received from Jetson Nano, the liquid transfer pump sprayed for 3 seconds. Considering that the ZİHA can spray every second, the conversion was made according to the 3-second data and the amount of agricultural medicine sprayed in 1 second in Figure 4 was measured as 22 milliliter in a 50 milliliter scaled container. Then, as a result of the 3-second test based on the medium class output, it was determined that 33 milliliter of pesticide should be discharged within 1 second as shown in Figure 5. Finally, it was determined that 48 milliliter of liquid should be sprayed as shown in Figure 6 in the ratio of 3 seconds of test

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

results to 1 second at high spraying level. As a result of the tests, it was seen that different amounts of spraying can be done according to the image processing outputs.

RESULTS

As a result of the analyses, it was determined that a time of 5.1 seconds was required considering the image processing time (maximum 100 milliseconds = 0.1 seconds for method-1), the on-off time of the camera on the Jetson Nano (3.5 seconds) and the spray system operating time (1.5 seconds). Considering the possible waits due to technical conditions, it was decided that the camera connected to the Jetson Nano Devkit on the UCAV should take a field image every 6 seconds and change the spraying system according to this time.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Traditional agricultural methods are being replaced by modern technologies due to their high fuel costs, damage to nature caused by fossil fuels and dysfunctional in difficult terrain conditions. Agricultural Unmanned Aerial Vehicles are one of these modern technologies and are used extensively in agricultural lands thanks to their different features. In these vehicles, which are widely used in liquid spraying and fertilization processes, the UAV performs spraying on the relevant land in a fixed manner. Due to both soil structure and meteorological conditions, each region of the land develops at different rates and different spraying processes need to be carried out in different regions. In this paper, a dynamically based decision support system is developed on Jetson Nano Devkit artificial intelligence computer for a smart spraying and spraying process in ZİHAs. In the method, it is aimed to accelerate the greening by spraying high amount of pesticide in low-growing areas in the field and to prevent the plant from burning by spraying low amount of pesticide in high-growing areas. Firstly, image processing techniques were analysed with Jetson Nano Devkit computer and Python libraries on 4000 different field images and it was determined that RGB Filter Method among 3 techniques could determine green areas quickly and reliably. In the second stage, according to the results of the RGB Filter Method, the working principle of the spraying system was tried to be determined with the prepared test setup. As a result of image processing, 3 different spraying levels were determined and it was determined that 22 milliliter of pesticide should be sprayed per second with a voltage of 6V for the low level. In addition, it was analysed that 33 milliliter of liquid should be discharged at medium level with 9V voltage and 48 milliliter of liquid should be discharged at high level with 12V voltage. Finally, as a result of the analyses, it was determined that the camera connected to the Jetson Nano Devkit on the AIHA should take and process the field image every 6 seconds and change the spraying system accordingly. In today's world where there are ecological problems such as water scarcity, global warming and soil erosion, smart and accurate spraying and fertilizations of agricultural lands is of great importance, and it is thought that the proposed system will contribute to the solution of these problems.

In future studies, it is recommended that researchers should test the proposed methods on more specific crop groups, revise the system for different types of pesticides and fertilizers and improve the solution with different methods. Obtaining soil images with drones with high resolution and spectrum and applying the proposed method may constitute another field of study for researchers. Detection of pests that damage agricultural lands and determination of the amount and type of pesticide to be applied according to the abundance of pest population and plant health is seen as a new field of study. Developing a new mathematical model for the problem and optimizing the amount of pesticide to be sprayed and the spraying time according to this model will lead to a different approach to future studies.

REFERENCES

Ağın, O., & Malaslı, M. Z. (2016). Görüntü İşleme Tekniklerinin Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri Ve Önemi: Literatür Çalışması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, *12*(3), 199-206.

Assunção, E., Gaspar, P. D., Mesquita, R., Simões, M. P., Alibabaei, K., Veiros, A., & Proença, H. (2022). Real-Time Weed Control Application Using a Jetson Nano Edge Device and a Spray Mechanism. *Remote Sensing*, *14*(17), 4217.

Barış, T. (2011). Tarım Alanlarının Planlaması Sürecinde Swot Analizi Kullanımına Bir Örnek: Sandıklı İlçesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, *9*(2), 189-208.

Başaran, Z., & Elbasan, B. (2023). Fizyoterapi ve Rehabilitasyonda Güncel Yazılım Teknolojisi: Görüntü İşleme Tekniği. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *8*(2), 79-88.

Bektaş Kösesoy, M., Yılmaz, S., & Bilgin, T. T. (2023). Renk Tutarsızlığı Problemleri ve Çözümleri: Bir Araştırma. *Duzce University Journal of Science & Technology*, *11*(3).

Chen, R., Wang, M., & Lai, Y. (2020). Analysis of the role and robustness of artificial intelligence in commodity image recognition under deep learning neural network. *PLoS One*, *15*(7), e0235783.

Didem, C. A. F. (2019). Tarımsal Ürünlerin Uzaktan Algılama ile Tespiti. *Journal of Agriculture*, *2*(2), 80-91.

Fatma, M. W., & Hamid, M. I. (2019, August). *PWM speed control of dc permanent magnet motor using a PIC18F4550 microcontroller*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 602, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Fracarolli, J. A., Pavarin, F. F. A., Castro, W., & Blasco, J. (2021). Computer vision applied to food and agricultural products. Revista Ciência Agronômica, 51.

Guo, R., Liu, J., Li, N., Liu, S., Chen, F., Cheng, B., ... & Ma, C. (2018). Pixel-wise classification method for high resolution remote sensing imagery using deep neural networks. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 7*(3), 110.

Güzel, M. (2022). *Tokat Bölgesi Buğday Üretiminde Bazı Yabancı Otların Derin Öğrenme Yöntemi ile Tespit Edilmesi* (Doktora Tezi). Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi.

Köse, F., Kaplan, K., & Ertunç, H. M. (2013). *PID ve bulanık mantık ile DC motorun gerçek zamanda STM32F407 tabanlı hız kontrolü*. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, 26-28.

Nnadozie, E. C., Casaseca-de-la-Higuera, P., Iloanusi, O., Ani, O., & Alberola-López, C. (2023). Simplifying YOLOv5 for

deployment in a real crop monitoring setting. *Multimedia Tools and Applications*, 1-27.

Majumdar, J., Naraseeyappa, S., & Ankalaki, S. (2017). Analysis of agriculture data using data mining techniques: application of big data. *Journal of Big Data*, *4*(1), 20.

Oflazoğlu, D., & Özdemir, E. (2021, Kasım 26-28). *S-50 Gerçek Ortamda Zeytin Meyvesinin YOLOv4 Nesne Tanıma Algoritması ile Tespiti*. 1. Uluslararası Yapay Zeka ve Veri Bilimi Kongresi, İzmir, Türkiye.

Palepu, R. B., & Muley, R. R. (2017). An Analysis Of Agricultural Soils By Using Data Mining Techniques. *Int. J. Eng. Sci. Comput*, *7*(10).

Prabhakaran, A., Lekshmi, K. C., & Janarthanan, G. (2021). Advancement Of Data Mining Methods For İmprovement Of Agricultural Methods And Productivity. *In Artificial Intelligence in Data Mining* (pp. 199-221). Academic Press.

Sanchez, P. R., & Zhang, H. (2022). Evaluation of a CNN-Based Modular Precision Sprayer in Broadcast-Seeded Field. *Sensors*, *22*(24), 9723.

Sassu, A., Motta, J., Deidda, A., Ghiani, L., Carlevaro, A., Garibotto, G., & Gambella, F. (2023). Artichoke deep learning detection network for site-specific agrochemicals UAS spraying. *Computers and Electronics in Agriculture*, 213, 108185.

Saygılı, Z., & Özmen, G. (2022). İnsansız Hava Araçlarında Gömülü Sistem Üzerinden Derin Öğrenme ile Nesne Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 34, 292-298.

Stasenko, N., Shukhratov, I., Savinov, M., Shadrin, D., & Somov, A. (2023). Deep Learning in Precision Agriculture: Artificially Generated VNIR Images Segmentation for Early Postharvest Decay Prediction in Apples. *Entropy*, *25*(7), 987.

Şin, B., ve Kadıoğlu, İ. (2019). İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması. *Turkish Journal Of Weed Science*, 22(2), 211-217.

Türker, U., Çullu, M. A., Mutlu, N., Demir, H., Bozgeyik, F., and Teke, M. (2015). GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi (Hassas Projesi). Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, *11*(4), 331-337.

Tripathi, M. K., & Maktedar, D. D. (2016, August*). Recent machine learning based approaches for disease detection and classification of agricultural products*. In 2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA) (pp. 1-6). IEEE.

Website-1.https://www.kaggle.com/datasets/balraj98/deepglobe-land-cover-classification-dataset (Access: 19.11.2023)

Website-2.https://www.kaggle.com/datasets/arnaud58/landscape-pictures(Access: 19.11.2023)

Zarkasi, A., Nurmaini, S., Stiawan, D., & Amanda, C. D. (2019, March). Implementation of fire image processing for land fire detection using color filtering method. *In Journal of Physics: Conference Series, 1196*(1).

Zualkernan, I., Abuhani, D. A., Hussain, M. H., Khan, J., & ElMohandes, M. (2023). Machine Learning for Precision Agriculture Using Imagery from Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Survey. *Drones, 7*(6), 382.

Author Note: This study was produced from the KOSGEB project titled "Multi-Functional, Domestic and National Automation Software Based on Artificial Intelligence for Autonomous and Effective Use of Agricultural Unmanned Aerial Vehicles in Agricultural Applications".

ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES
Doi: 10.17366/uhmfd.2023.21.2 / ss. 16-30 - pp. 16-30

BETONARME KOLONLARDA LİF TAKVİYELİ POLİMER SARGILAMANIN PERFORMANSA ETKİSİ[1]

EFFECTS OF WRAPPING WITH FIBER-REINFORCED POLYMER MATERIALS ON THE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

Yusuf SÜMER[1], Wallaa SHINNO[2]
[1-2]Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Department of Civil Engineering, Sakarya / Türkiye
ORCID: 0000-0002-9314-1640[1], 0009-0006-9369-9683[2]

Öz: Amaç: Fiber takviyeli kompozit malzemeler kullanarak betonarme taşıyıcı elemanların dış yüklere karşı dayanımı arttırmak veya eski dayanımını geri kazandırmak son yıllarda yaygın bir uygulama yaklaşımı haline gelmiştir. Bu yöntem betonda sargılama etkisi meydana getirdiği için etkili bir şekilde elemanın mukavemetini arttırmakta, kesme dayanımına ve enerji sönümleme kapasitesine katkı sağlamaktadır. Bu makale, karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) sargılarla güçlendirilmiş, köşeleri yuvarlatılmış eksenel yüklü kare betonarme kolonların davranışı üzerine kapsamlı bir Sonlu Eleman araştırmasının sonuçlarını sunmaktadır. Öncelikle laboratuvar deneylerini bilgisayar ortamında yapmaya imkân sağlayan deneysel çalışma ile doğrulanmış bir sonlu eleman modeli ABAQUS yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra 27 kare kesitli betonarme kolon 200*200*1100mm boyutlarında modellenmiş ve doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Sonlu eleman çalışmasında beton mukavemeti, sarma tipi (tam veya kısmi) ve etriye aralığı olarak üç parametre dikkate alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre sargılı betonarme kolonlara ait sonuçlar, sargısız kolonlarla karşılaştırıldığında CFRP ile sarılmış kare betonarme kolonlarının basınç dayanımlarında önemli artışlar görülmüştür. Kolonu tam sargılamanın ½ sargılamaya göre dayanımı 3 kattan fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Süneklikte ise daha sınırlı bir artış olduğunu belirlenmiştir.

Yöntem: Bu çalışmada öncelikle literatürden alınmış deneysel bir çalışmanın doğrusal olmayan sonlu eleman yöntemi kullanılarak bilgisayar ortamında sayısal modeli oluşturulmuştur. Daha sonra detaylı sonuçlar elde etmek için bir üretilen farklı değişkenler altında kolon dayanımlarını test etmek için bir parametrik çalışma gerçekleştirilmiştir. Parametrik çalışma için belirlenen tüm sayısal modeller ABAQUS sonlu eleman yazılımı ile eksenel yük altında analiz edilmiştir.

Bulgular: Parametrik çalışma sonuçlarına göre tam sarılı sütunlar, şerit sarılı sütunlardan önemli ölçüde daha iyi performans göstermiştir. Beton mukavemetinin artması ile sargılanan kolonlarda iki kattan daha fazla dayanım artışı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç: ABAQUS sonlu eleman yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen sayısal model, literatürden elde edilen eksenel yüklü kolon deneyini kabul edilebilir yaklaşıkla doğrulamıştır. Önerilen sonlu eleman modeli ile yapılan parametrik çalışma, FRP kompozitlerle sargılama yüzdesinin kolonun eksenel yük taşıma kapasitesinin arttırılmasında önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Kolon, Fiber Takviyeli Polimer, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Eksenel Yük

Abstract: Aim: Increasing the resistance of reinforced concrete load-supporting components to external loads or restoring their original strength by utilizing fiber-reinforced composite materials has become an increasingly utilized technique in recent years. Because this process provides a wrapping effect on the concrete, it effectively boosts the element's strength and contributes to shear strength and energy absorption capacity. This paper presents the results of a comprehensive FEM investigation on the behavior of axially loaded square reinforced concrete columns with rounder corners that have been strengthened with carbon fiber-reinforced polymer CFRP wraps. First, a finite element model verified by experimental work, which allows laboratory experiments to be carried out in a computer environment, was obtained using ABAQUS software. 27 square reinforced concrete columns measuring 200*200*1100 mm were modelled and analysis was carried out using a non-linear finite element analysis. Three parameters of concrete strength, type of wrapping (full and partial) and the distance between stirrups were considered. According to the analysis results, significant increases were observed in the compressive strength of square reinforced concrete columns wrapped with CFRP compared to the unwrapped columns. It has been determined that full wrapping of the column increases the strength more than 3 times compared to ½ wrapping. It was found that the increase in ductility was relatively limited.

Method: First, a numerical model of an experimental study from the literature was generated in the computer environment utilizing the non-linear finite element approach in this study. A parametric analysis was then performed to test the column strengths under various conditions in order to acquire extensive data. ABAQUS finite element software was used to examine all numerical models developed for the parametric study under axial load.

Results: According to the parametric study results, fully wrapped columns performed significantly better than strip wrapped columns. It was determined that as the concrete strength increased, the strength of the confined columns increased more than twice.

Conclusion: The numerical model implemented using ABAQUS finite element software confirmed the axial loaded column experiment obtained from the literature with an acceptable approximation. Parametric study conducted with the proposed finite element model showed that the percentage of wrapping with FRP composites plays an important role in increasing the axial load-carrying capacity of the column.

Keywords: RC Column, Fiber Reinforced Polymers, Finite Element Method, Axial Load

[1] Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Yusuf SÜMER, Sakarya University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Department of Civil Engineering, Sakarya / Turkey, ysumer@subu.edu.tr, *Geliş Tarihi / Received:19.06.2023, Kabul Tarihi / Accepted:23.12.2023, Makalenin Türü / Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research - Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu/ Ethics Committee Report Yok / None "A declaration has been made by the author(s) that the study does not require an ethics committee, and the responsibility is unilaterally assumed by the author in all material / moral aspects"*

Güven Plus Group Consulting Inc. International Refereed Journal of Engineering and Sciences İstanbul/Türkiye
Copyright 2023, Güven Plus Group Consulting Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

INTRODUCTION

External confinement of concrete using FRP composites has become a common column modification approach in recent years. When distressed reinforced concrete (RC) columns demand improved axial strength or shear capacity, the use of Fiber Reinforced Polymers (FRP) column jacketing is particularly useful. It effectively reduces concrete cover spalling, improving axial strength, shear capacity, and energy absorption while preventing longitudinal steel buckling. Furthermore, this composite material has proven to be quite effective in retrofitting a variety of basic structural elements, such as beams, columns, slabs, and walls. As a result, FRPs provide alternative and appealing methods of strengthening and retrofitting old, weakened, and updated structures. FRPs are preferred as environmentally friendly and economically advantageous materials for rehabilitation. As mentioned earlier, wrapping deteriorated reinforced concrete elements (beams, columns, slabs, walls, and bridge systems) with FRP not only repairs but also strengthens the structural elements without requiring any demolition or temporary support and can extend their useful life by decades. Thus, significant financial savings can be achieved with FRP-strengthening methods.

Scientists in Switzerland and Japan began developing FRP systems for concrete confinement of columns and flexural strengthening of bridges in the 1980s. Since then, much research has been conducted on FRP strengthening systems, and this technology has been adopted and used since the early 1990s. Externally, FRP system concrete structures have design standards in both Europe (FIB, 2001) and America (ACI Committee 440.2R-02, 2002); alternative design guidelines have also been produced in Turkey (TBEC, 2018), Japan (JSCE, 2001), and Italy (CNR-DT 200, 2006). Despite the existence of universal code rules, designing and analyzing FRP-strengthened concrete structures can be time-consuming and difficult, particularly in situations with unusual loading circumstances.

Al-Salloum (2007), carried out an assessment on how the strength of square reinforced concrete columns, confined with FRP sheets, was influenced by variations in corner radius. The study involved the construction and testing of 20 specimens subjected to axial loads until failure. The corners of these specimens were rounded to dimensions of 1/6, 1/4, and 1/3 of the side length, with a minimum radius set at 5 mm. The findings indicated a direct correlation between the efficiency of FRP sheets and the corner radius, showcasing an enhancement in both strength and ductility. In a study by Wu and Wei (2010), the influence of cross-sectional aspect ratio on strength enhancement was examined. Forty-five specimens underwent uniaxial compression tests, externally confined using bonded carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) sheets. Key factors considered were aspect ratio (ranging from 1.0 to 2.0 in intervals of 0.25) and the number of CFRP layers (ranging from zero to two). Results showed that CFRP jackets improved the performance of rectangular

concrete columns, whereas CFRP wrapping was more effective for square sections. Strength enhancement decreased as the aspect ratio exceeded 2. Additionally, compressive strength increased with more CFRP layers, and specific aspect ratios showed significant improvement. Masia et al. (2004), conducted research to assess the size effect of square, plain concrete columns that were wrapped in CFRP. They found that as the cross-section size increased, the strength boost provided by the FRP jacket dropped. The corner radius was constant for both big and small specimens; therefore, the decline in strength enhancement was associated with a decline in the ratio of the corner radius to the section width.

In an extensive experimental study (Chaallal et al., 2003) investigated the impact of concrete strength, aspect ratio, and the number of carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) layers on the behavior of axially loaded short rectangular columns. A total of 90 specimens underwent rigorous axial compression testing, revealing noteworthy findings. It was observed that the maximum enhancement in strength and ductility occurred with lower-strength concrete as opposed to normal-to-high strength variants. Notably, an increase in unconfined concrete strength correlated with decreased axial and transverse strains, resulting in a reduction in ductility. Meanwhile, Zeng et al. (2018) conducted a focused examination using 15 cylindrical specimens (300 mm height, 150 mm diameter) to explore the behavior of partially fiber-reinforced polymer FRP-confined circular columns. The investigation considered key parameters such as FRP thickness (1, 2, and 3 layers), number of FRP strips (3, 4, and 5), and FRP strip width (25, 30, and 35 mm). Employing a finite element model with a plastic-damage approach to emulate concrete behavior, the study rigorously validated its accuracy through meticulous numerical and experimental comparisons. Results demonstrated that wider FRP strip widths increased peak concrete stress, while thicker FRP strip thickness enhanced compressive strength due to reduced spacing between strips, thereby augmenting confinement stiffness. The research highlighted the efficacy of the FRP partial wrapping technique as a cost-effective alternative to complete FRP wrapping.

Furthermore, most researchers use a reliable three-dimensional (3D) finite element (FE) approach capable of accurately describing the response of FRP-confined concrete columns under concentric (Zeng et al., 2018) and eccentric loads (Csuka & Kollár, 2011; Lin & Teng, 2017) to get over the challenges associated with laboratory experiments. The authors' group (Yu et al., 2010) has created an accurate plastic-damage model for concrete under a general condition of multiaxial compression, which is used in the suggested FE technique.

Most research on the behavior of FRP confined concrete columns that are now accessible has focused on circular columns, whereas only a small number has addressed rectangular columns due to the dispersion of compressive pressure. The cross-sectional aspect ratio, height, corner radius, strength of

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

unconfined concrete, longitudinal and transverse reinforcement ratio, and mechanical properties of FRPs are all factors that affect the compressive strength of confined concrete in non-circular RC columns. Comprehensive examination of the mentioned parameters through experimental studies is difficult and costly, as it requires boundary conditions and extensive experimental setups. In this sense, working with a finite element model verified by experimental study is a logical choice.

In this study, advanced FE simulation was verified by an experimental study produced to search for the effect of concrete strength, type of wrapping, and the distance between stirrups on the CFRP-wrapped rectangular RC column. For this purpose, 27 square reinforced concrete columns (200*200*1100 mm) were modeled, and analysis was carried out with the proposed non-linear finite element method. Verification parameters and the parametric study results are presented in the next chapters.

FINITE ELEMENT MODELING AND VERIFICATION

In this part, a finite element model verification study for axially loaded CFRP-confined Square RC columns using finite element analysis software ABAQUS version 6.14 is described. At first, the experimental study and finite element parameters utilized to create the finite element model will be explained. The formulation of the FE model is addressed in the following sections.

In an experimental study reported by Fouad et al. (2004), two specimens are chosen. Descriptive names have been assigned to the columns, and the groupings of numbers and letters that make up the specimen designation are separated by hyphens. Each of these descriptive names provides details on various facets of the column in the following order (R2, C-F-2-10), which was selected as the validated model in comparison to its experimental counterpart. In this context, R2 is designated as the reference column (unjacketed), and the designation 'C' signifies the utilization of carbon FRP sheets, while 'F' indicates full wrapping, covering the entire height of the column.

As shown in Figure 1, the dimensions of the column cross-section were 200 x 200 mm. The overall height was 1500 mm, and the clear height was 1100 mm. The corner radius was chosen to be 20 mm. A reinforced concrete head of dimensions 200*400 at each end of the columns was chosen to prevent any early failure of the column's head due to stress concentration. The average concrete strength (cylinder strength $f_c{}'$) of the used concrete was 20 MPa. The longitudinal reinforcement of all the specimens was four bars of high-grade (36/52) steel, 12 mm in diameter, with a yield stress of 420 MPa. The transverse reinforcement was 6 mm in diameter of normal mild steel (24/35) with a yield stress of 280 MPa at a vertical spacing of 160 mm. Regular wrapping based on the traditional membrane technique was applied to the column (C-F-2-10).

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

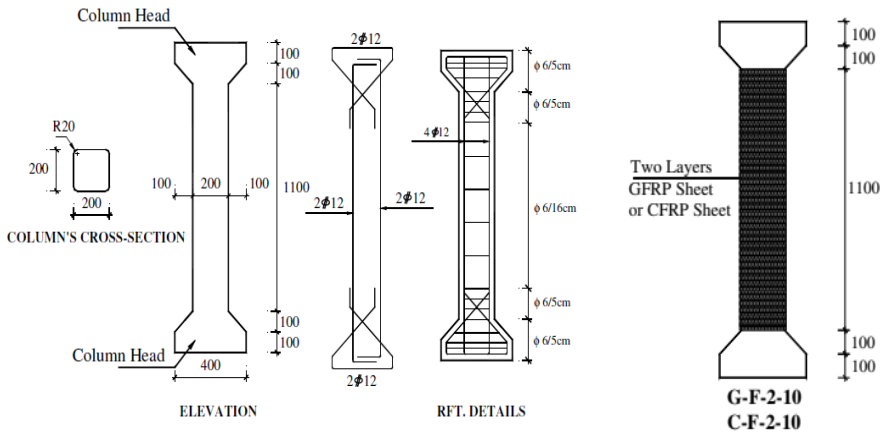


Figure 1. Column Dimensions, Reinforcement and Strengthening with FRP (Fouad et al., 2004)

Constitutive Models and Material Properties

In order to simulate the concrete, a unique concrete element (C3D8R) was used. The x, y, and z translation degrees of freedom are available at each of the eight nodes that make up this three-dimensional solid brick element. This element has crushing (compressive) and cracking (tensile) capabilities. The steel reinforcement, including longitudinal and transverse, was modeled using deformable truss elements in the ABAQUS software (T3D2). These truss elements exclusively carry axial loads during bending. This element consists of two nodes, with each node possessing three degrees of freedom and translations in the x, y, and z directions. Meanwhile, the FRP wraps were considered shell elements with a uniform thickness of 1 mm and included locally fabricated acrylic plates that are used in sandwich wrapping. Specifically, 4-node shell elements (S4R) were employed to accurately model the FRP material.

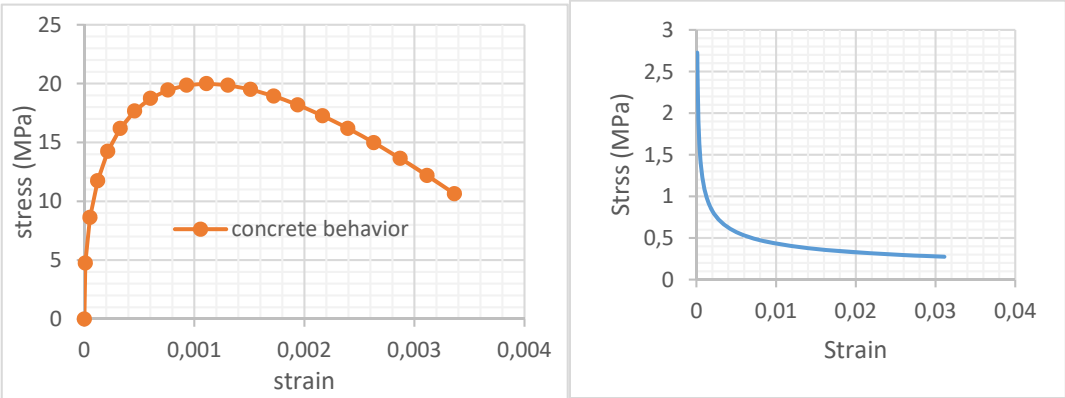
Because of the embedded nature of the reinforcement within the concrete, the interaction between the concrete section and the reinforcement is defined by the tie method. This modeling approach accurately captures the structural behavior, considering the reinforcement's integration within the concrete component. Similarly, the FRP was tied to the concrete using the ABAQUS tie constraint. This constraint facilitated the coupling of the FRP jacket with the corresponding node on the outer surface of the concrete infill. By employing the tie constraint, the two nodes were constrained to undergo the same translations, effectively representing a perfect connection between the FRP and concrete components.

The properties of concrete material are characterized by the elastic modulus and Poisson's ratio for its elastic behavior, and the concrete damage plasticity (CDP) model for its inelastic behavior. The CDP model for concrete is typically partitioned into three distinct sections, namely plastic behavior, tensile behavior, and compressive behavior (Sümer & Aktaş, 2015). Moreover, the CDP model is broadly accepted and utilized for

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

accurately simulating the nonlinear behavior of concrete structures.

Figure 2 shows the compressive and tensile properties, respectively, used in the current analysis. Dilation angle, measures the inclination the plastic potential reaches for high confining pressure and it is accepted 36^0 (Nzabonimpa et al., 2017), eccentricity of the plastic potential surface with a default value of 0.1, the ratio of to the initial biaxial compressive yield stress to the initial uniaxial compressive yield stress with a default value of 1.16, the ratio of the second stress invariant on the tensile meridian to the compressive meridian at the initial yield with a default value of 0.667 were used as the basic parameters required to implement the CDP model (Abaqus User's Manual, 2009). The viscosity parameter is implemented as 0.006 for FE analysis. This parameter is usually employed at similar values in the literature in finite element investigations with the aim of convergence (Demir et al., 2018, Demir et al., 2016, Demir & Caglar, 2020).



(a) **(b)**

Figure 2. (a) Inelastic Compressive and (b) Tensile Behaviors of Concrete (EN 1992-1-1)

Longitudinal and transverse reinforcements, with diameters of 12 mm and 6 mm, respectively, were accurately simulated using bilinear isotropic hardening plasticity. This approach captured the gradual plastic deformation and material hardening as the load was applied, reflecting the steel's yielding behavior. The detailed mechanical properties of these reinforcements are outlined in Table 1.

Table 1 . Material Properties of Steel Reinforcements

Nominal Bar Diameter (mm)	Yield Strength (Mpa)	Yield Strain
12	420	0
8	280	0

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

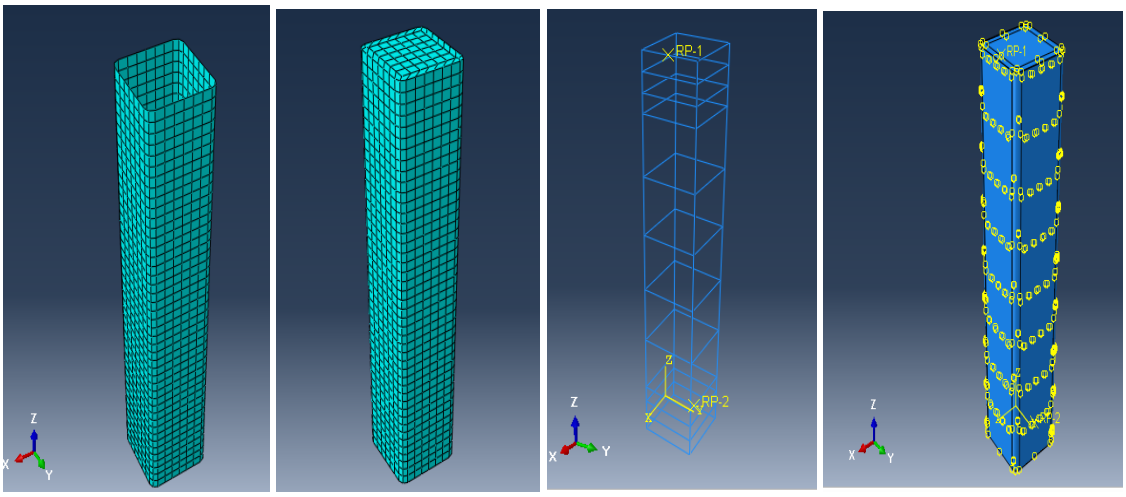
A unidirectional CFRP composite has been employed to reinforce the specimen. This CFRP composite exhibits linear elastic behavior until it reaches rupture, after which it is represented as a linear orthotropic material in the model. The mechanical properties of the FRP that were used in this study are shown in Table 2.

Table 2. Material Properties of CFRP

	Dry properties of FRP sheets				Gross laminate properties			
	Tensile strength GPa	Tensile modulus GPa	Ultimate Elongation %	Fiber thickness mm	Tensile strength MPa	Tensile modulus GPa	Elongation at break %	Laminate Thickness mm
Carbon (CFRP)	3.97	230	1.70%	0.28	876	72.4	1.20%	1.00

FEM accuracy is determined by empirical boundary conditions and exact material simulations. The two full-scale specimens of FRP reinforced concrete columns confined with FRP were simulated, whose base was fixed in all directions, which means the bottom was restricted for all degrees of freedom (DOF), and axial loading was applied to all nodes on the top surface in the z direction.

Mesh sensitivity analysis is performed to find the optimal mesh, but no noticeable difference was found when using a smaller mesh. Therefore, the model with a mesh size of 25 mm was chosen since it produced an accurate solution with a reasonably short analysis time. Figures 3 and 4 illustrate the mesh size and the boundary condition of the model.



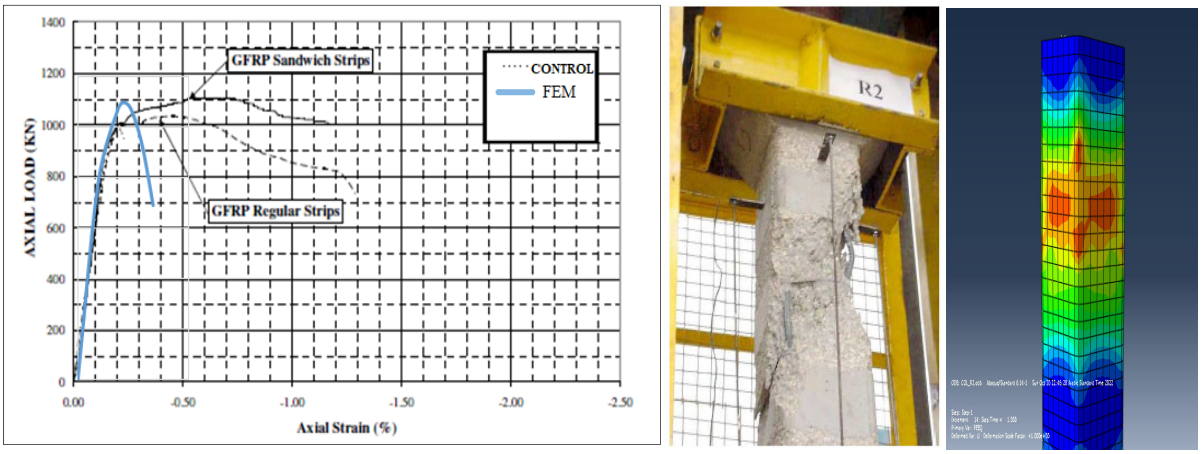
(a) (b) (c) (d)

Figure 3. (a) Mesh Configuration of CFRP (b) Concrete (c) Rebar (d) Boundary conditions

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Comparison FE Model Result with Experimental Data

The analysis results obtained from the proposed finite element model were compared with the experimental results. The total load and corresponding axial deformation results obtained from the upper surface of the columns were examined. Figures 5 and 6 represent that the predicted FEM results in ABAQUS for the columns (R2, C-f-2-10) have a very good correlation with the experimental data (Figures 4 and 5). Furthermore, the failure mode indicated by the column's FEM simulation captured the limited deformation at the top third of the column height for column R2, which is identical to the spalling zone identified experimentally, as shown in Figure 4b.



(a) b)

Figure 4. (a) Control Column Results (b) the Similarity with the Failure Patterns

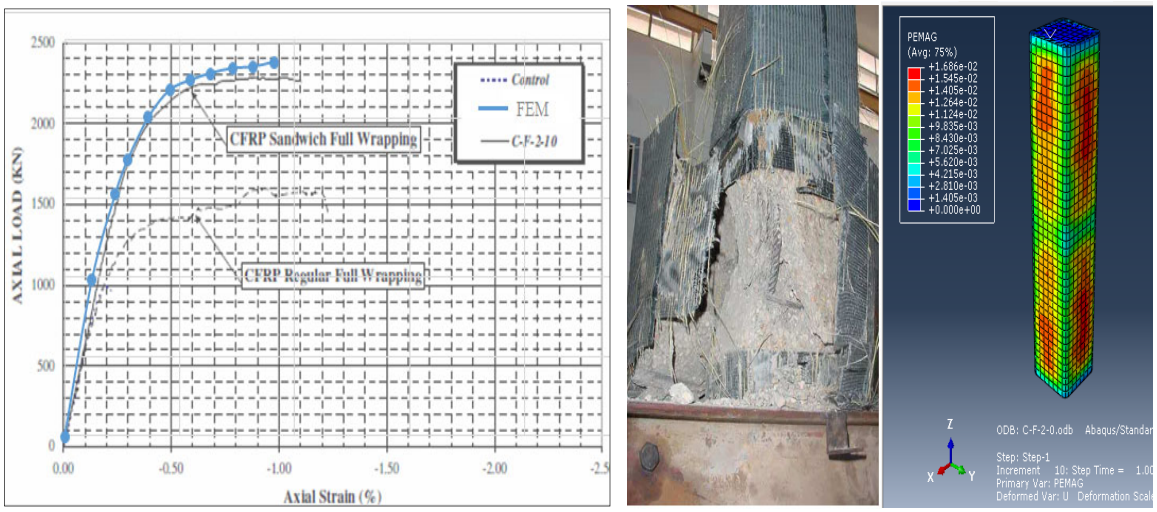


Figure 5. (a) Results for the C-F-2-10 Column (b) the Similarity with the Failure Patterns

The results presented in Table 3 show a notable convergence between numerical simulations and experimental data. While the ABAQUS numerical model predicted a capacity of 1097 KN for the control column, it was characterized in the experimental

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

investigation as 992 KN. Similarly, while the axial load for the C-F-2-0 column was 2285 KN in the experimental tests, it was obtained as 2360 KN with the finite element model. The difference in maximum load for the control and strengthened columns is 9.5% and 3.1%, respectively, which is within acceptable limits. This close approximation to the experimental results demonstrates the accuracy of the numerical model in capturing the experimental behavior.

Table 3. Comparison of the Experimental and FEM Results

Column	P (KN)		Difference ratio	$\varepsilon_{cc}\ 10^{-2}$		Difference
	(EXP)	(FEM)		(EXP)	(FEM)	
R2	992	1097	9.57%	0.20	0.205	2.43%
C-F-2-10	2285	2360	3.17%	1.03	1.037	0.67%

PARAMETRIC STUDY

The parametric study is conducted to examine the impact of various parameters that have not been addressed by experimental investigation, utilizing calibrated models. Parametric analysis is a key tool for design exploration since it allows you to fully understand how the columns behave under different conditions. In this section, the variables investigated are the concrete strength, stirrup spacing, and wrapping ratio. To achieve this goal, 27 numerical models were created, and three sets of models with differing grades of concrete were created. In addition, each set has three groups of columns (Table 4). All of the models were examined against a static load applied to the top surface until failure, and geometric nonlinearity has also been considered. In the sample names, C stands for concrete, S stands for stirrup, and F stands for FRP material. Some of the different illustrations of columns were presented in Figure 6.

Table 4. Parametric Study Matrix

Model Name		Section Dimensions (mm)	Section Length (mm)	Concrete Strength (MPa)	Stirrups Distance (mm)	FRP Length (L=Total column length)
C3	S1-F1	200x200	1100	30	100	F1=L
	S1-F2					F2=2/3 L
	S1-F3					F3=2/4 L
	S2-F1				200	F1=L
	S2-F2					F2=2/3 L
	S2-F3					F3=2/4 L
	S3-F1				400	F1=L
	S3-F2					F2=2/3 L
	S3-F3					F3=2/4 L
C4	S1-F1	200x200	1100	40	100	F1=L
	S1-F2					F2=2/3 L
	S1-F3					F3=2/4 L
	S2-F1				200	F1=L
	S2-F2					F2=2/3 L

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

	S2-F3					F3=2/4 L
	S3-F1					F1=L
	S3-F2				400	F2=2/3 L
	S3-F3					F3=2/4 L
	S1-F1					F1=L
	S1-F2				100	F2=2/3 L
	S1-F3					F3=2/4 L
	S2-F1					F1=L
C5	S2-F2	200x200	1100	50	200	F2=2/3 L
	S2-F3					F3=2/4 L
	S3-F1					F1=L
	S3-F2				400	F2=2/3 L
	S3-F3					F3=2/4 L

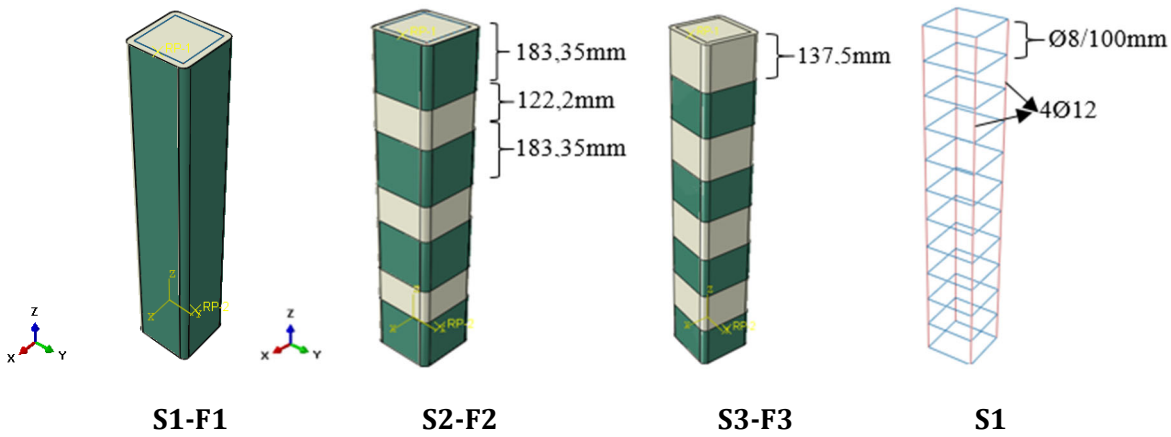


Figure 6. Illustration of Different Samples

ANALYSIS RESULTS

The diagrams below depict the behavior of columns in terms of concrete strength for various column strengthening schemes, as well as the acquired capacity as a result of strengthening. To determine the effect of the CFRP wrapping method on the column capacity, F1 represents CFRP full cover, F2 represents 2/3 of the column length, and F3 represents 2/4 of the column length. As can be seen from Figure 7a, as the concrete strength and CFRP wrapping area increase, the axial strength in the column increases with the additional strength and the confining effect created by CFRP.

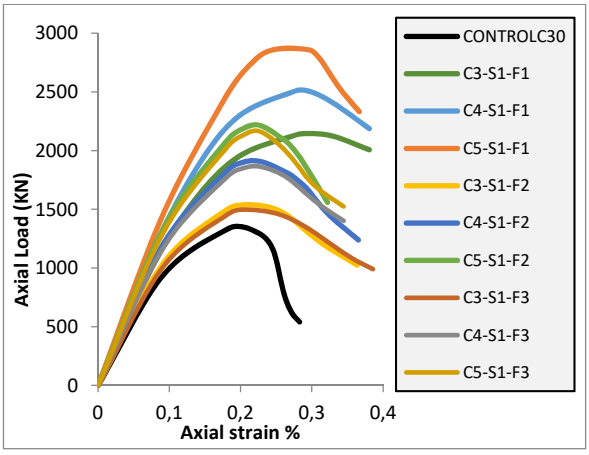
For full wrapping models, the columns showed a clear increase in axial load capacity. The enhancement of axial load capacity for the columns C3-S1-F1, C4-S1-F1 and C5-S1-F1 was 77.12%, 110% and 142%, while the increase in axial strain at ultimate load was 45%, 30% and 20%, respectively, compared to control column C30. The enhancement of axial load capacity was 25.46%, 48.9% and 71.7% compared to control column C40, while the increase in axial strain at ultimate load was 57%, 41.5% and 38.7%, respectively.

For partial wrapping models, the columns showed a slight increase in axial load capacity. The improvement in axial load

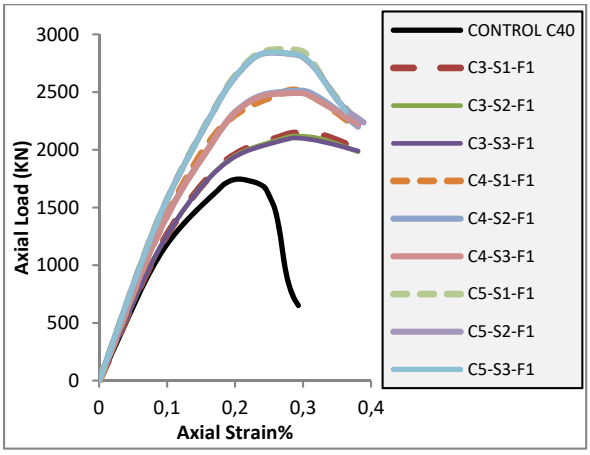
ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

capacity for columns C3-S1-F2, C4-S1-F2, and C5-S1-F2 compared to control column C30 was 22%, 56%, and 84%, respectively, while the increase in axial strain at ultimate load was 2%, 8%, and 8.5%, respectively. When comparing the numerical results for the models (C30-S1-F1, C30-S1-F2, and C30-S1-F3) with the control column C30, it can be seen that full wrapping increases the column capacity by 77%, while, 2/3 wrapping length increases capacity by 22% and wrapping by 2/4 length increases capacity by 18%. It was also discovered that the percentage of wrapping has no effect on the improvement of column axial deformation.

Figure 7b shows the behavior of models with different stirrup distances for full wrapping. To investigate the influence of stirrup distance on column capacity, these models were compared to control columns. As seen in the previous figure, varied amounts of CFRP wrapping have contributed to the column's capacity, although there is no substantial difference in the influence of stirrup distance on column capacity. Furthermore, similar findings have been observed for F3 wrapping models at various concrete strengths (Figure 7c). The behavior of the column in the full and partially wrapped models hadn't changed when changing the distance between stirrups. It can be explained that the CFRP plays the role of stirrups in confining the column and increasing the strength of the column against axial loads.

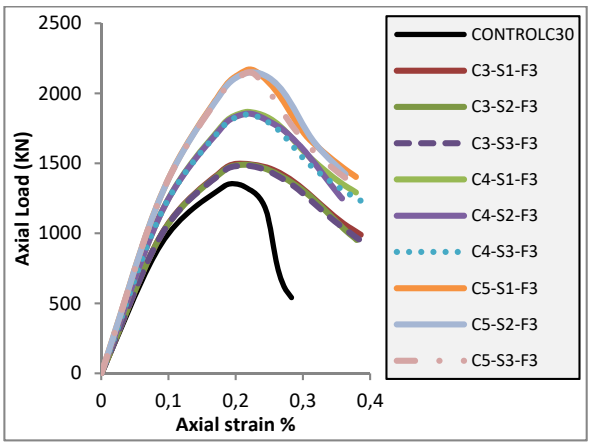


a) The Effect of Concrete Strength to Wrapping Ratio with Minimum Stirrup Distance

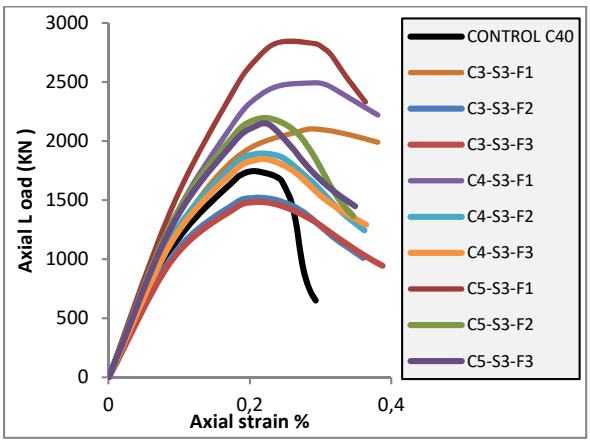


b) The Effect of Stirrup Distance to Full Wrapping

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



c) The Effect of Stirrup Distance to ½ Wrapping



d) The Effect of Concrete Strength to Wrapping Ratio with Maximum Stirrup Distance

Figure 7. Comparison of Parametric Study Results

When figure 7d is examined, it is clear that the axial strength of the column increases noticeably with the increase in concrete strength at the maximum wrapping method. However, no substantial variation in column strength is detected in F2 and F3-type confinements for all concrete strengths. Furthermore, a significant decrease in column ductility is observed as the confinement area decreases.

Figure 8 shows a summary of the maximum axial load for the different column strengthening schemes and the increase in capacity gained due to strengthening. Columns C5-S1-F1 had the highest value of axial load capacity in the CFRP wrapped columns, and their ultimate axial load was 2.23 times the control column C30 and 1.64 times the control column C40. The maximum strength ratio varies between 1.17 and 2.43 times considering the C30 control column for CFRP wrapped samples. Considering the C40 control column, it varies between 0.83 and 1.72 times. Minimum column strengths were recorded in the C3-S3-F3 and C3-S2-F3 samples, respectively.

Wrapping the RC column with FRP sheets increased the value of the axial strain of the column at the ultimate load. From Figure 9, it is found that column C3-S1-F1 had the highest value of axial strain, which was 1.45 times the control column C30 and 1.58 times the control column C40. However, at all the same concrete strengths, the axial strain is shown to be at equal rates for F1 models. It has become clear that full wrapping has an impact on behavior.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

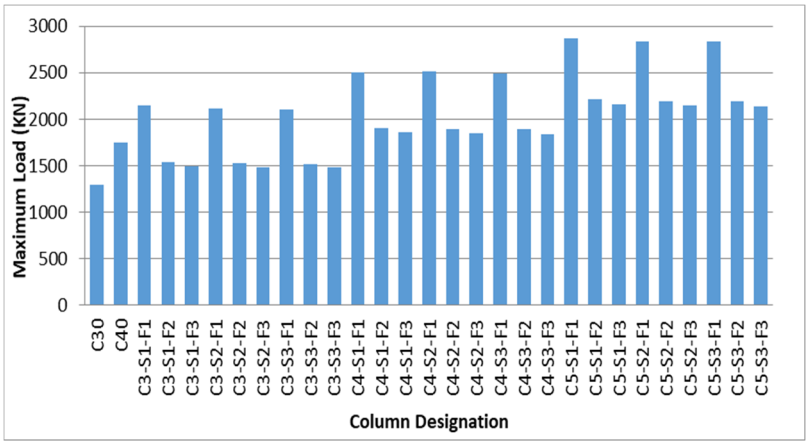


Figure 8. The Ultimate load of Columns Compared with Control Columns

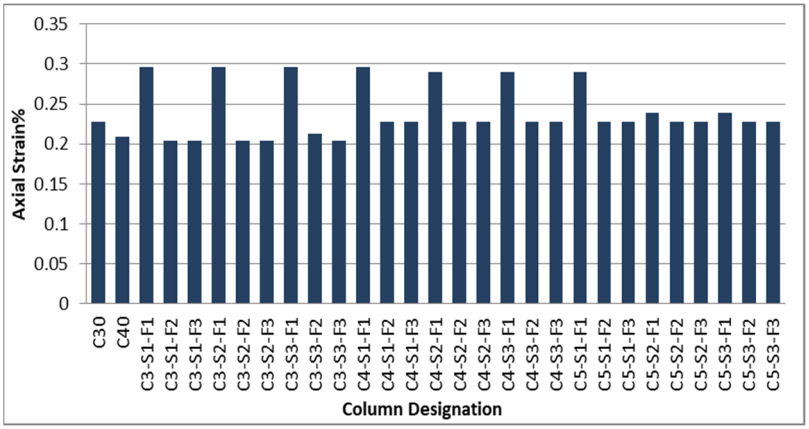


Figure 9. Axial Strain at the Ultimate Load of Columns

CONCLUSIONS

In this work, 27 numerical models of various configurations were investigated, including three sets of columns with varied concrete strengths and each set having different types of FRP sheet covering area and stirrup distance for square columns. The presented numerical model was validated with an experimental study from the literature. All the numerical models used for the parametric study were subjected to axial loads using nonlinear analysis in ABAQUS until failure. The results of the analysis were presented as follows:

1. The suggested FE model validated the selected experimental studies' load-strain graphics, and the experimental studies' failure mode was very well represented by the FEM.

2. The percentage of wrapping clearly played a substantial role in improving axial load capacity; full wrapped columns performed significantly better than strip wrapped columns. This is due to the increased amount of confined concrete in the column, which effectively prevents the reinforcing bars from buckling.

3. When comparing the numerical results for the models C40-S1-F1, C40-S1-F2, and C40-S1-F3 with the control column C40, it was found that full wrapping increases the column capacity by 49%, while 2/3 wrapping length increases capacity by 10.4%, and wrapping by 2/4 length increases capacity by 7.5%. As a result, columns with a higher wrapping percentage exhibit increased capacity and structural strength.

4. The increase in concrete strength in the FRP-retrofitted column increased the strength of the column, where C5-S1-F1 had the highest value of axial load capacity in the CFRP-wrapped columns, and its ultimate axial load was 2.23 times the control column C30.

5. The difference in column strengths did not alter appreciably when the stirrup distance was changed. This is due to the influence of FRP on constraining the concrete, which is similar to the effect of stirrups on column behavior.

6. The FRC jacketing improves the behavior of the column via two major mechanisms: (a) supporting to carry the axial force, and (b) supplying core concrete confinement as resulted in the similar studies at Gholampour et al. (2019), Roudsari et al. (2019).

7. The columns in this paper were tested under pure compression. Because most columns in real-life situations are subjected to both axial load and bending moment, the behavior of FRP-strengthened concrete columns subjected to these effects should be studied.

REFERENCES

Abaqus User's Manual. Version 6.9. (2009). *Hibbit, Karlsson & Sorensen*, Inc., Pawtucket, Rhode Island, USA.

Al-Salloum, Y. A. (2007). Influence of edge sharpness on the strength of square concrete columns confined with FRP composite laminates. *Composites Part B: Engineering, 38*(5-6), 640-650.

American Concrete Institute Technical Committee 440. (2002). *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures*. ACI 440.2R-02.

Chaallal, O., Hassan, M., & Shahawy, M. (2003). Confinement model for axially loaded short rectangular columns strengthened with fiber-reinforced polymer wrapping. *Structural Journal, 100*(2), 215-221. https://doi: 10.14359/12485

CNR-DT200. (2006). Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening existing structures. C.N.R. National Research Council, Italy.

Csuka, B., & Kollár, L. P. (2011). FRP-confined circular columns subjected to eccentric loading. *Journal of reinforced plastics and composites, 30*(14), 1167-1178.

Demir, A., & Çağlar, N. M. (2020). Numerical determination of crack width for reinforced concrete deep beams. *Computers and Concrete*, 25, 193-204.

Demir, A., Caglar, N., Ozturk, H., & Sumer, Y. (2016). Nonlinear finite element study on the improvement of shear

capacity in reinforced concrete T-Section beams by an alternative diagonal shear reinforcement. *Engineering Structures*, 120, 158-165.

Demir, A., Ozturk, H., Edip, K., Stojmanovska, M., Bogdanovic, A., & Seismology, E. (2018). Effect of viscosity parameter on the numerical simulation of reinforced concrete deep beam behavior. *The Online Journal of Science and Technology, 8*(3), 50-56.

EN 1992-1-1. (2004). *Design of Concrete Structures, Part 1.1: General Rules and Rules for Buildings – Eurocode 2*.

Fib. Bulletin 14. (2001). *Externally bonded FRP reinforcement for RC structures*. Technical report. Task Group 9.3 FRP (Fibre Reinforced Polymer) reinforcement for concrete structures.

Gholampour, A., Hassanli, R., Mills, J. E., Vincent, T., & Kunieda, M. (2019). Experimental investigation of the performance of concrete columns strengthened with fiber reinforced concrete jacket. *Construction and Building Materials*, 194, 51-61.

Japan Society of Civil Engineers (JSCE). (2001). *Recommendations for upgrading of concrete structures with use of continuous fiber sheets*. Concrete engineering.

Lin, G., & Teng, J. G. (2017). Three-dimensional finite-element analysis of FRP-confined circular concrete columns under eccentric loading. *Journal of Composites for Construction, 21*(4), 04017003.

Mahmoud, K., Fouad, E., Ramadan, M. O., & Abd-Elalim, A. (2004, December). *Behaviour of axially loaded square RC column confined with sandwich FRP wraps. In Proc*. International Conference: Future Vision and Challenges for Urban Development.

Masia, M. J., Gale, T. N., & Shrive, N. G. (2004). Size effects in axially loaded square-section concrete prisms strengthened using carbon fibre reinforced polymer wrapping. *Canadian Journal of Civil Engineering, 31*(1), 1-13.

Nzabonimpa, J. D., Hong, W. K., & Kim, J. (2017). Nonlinear finite element model for the novel mechanical beam-column joints of precast concrete-based frames. *Computers & Structures*, 189, 31-48.

Roudsari, S. S., Hamoush, S. A., Soleimani, S. M., & Madandoust, R. (2019). Evaluation of large-size reinforced concrete columns strengthened for axial load using fiber reinforced polymers. *Engineering Structures*, 178, 680-693.

Sümer, Y., & Aktaş, M. (2015). Defining parameters for concrete damage plasticity model. *Challenge Journal of Structural Mechanics, 1*(3), 149-155.

Turkish Building Seismic Code (2018). *Ankara: Prime Ministry, Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD)*.

Wu, Y. F., & Wei, Y. Y. (2010). Effect of cross-sectional aspect ratio on the strength of CFRP-confined rectangular concrete columns. *Engineering Structures, 32*(1), 32-45. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.08.012

Yu, T., Teng, J. G., Wong, Y. L., & Dong, S. L. (2010). Finite element modeling of confined concrete-II: Plastic-damage model. *Engineering structures, 32*(3), 680-691.

Zeng, J., Guo, Y., Li, L., & Chen, W. (2018). Behavior and three-dimensional finite element modeling of circular concrete columns partially wrapped with FRP strips. *Polymers, 10*(3), 253.

ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES
Doi: 10.17366/uhmfd.2023.21.3 / ss. 31-49 - pp. 31-49

TÜRKİYE'NİN ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDE 2030 YILI ENERJİ TÜKETİM TAHMİNİ[1]

ENERGY CONSUMPTION FORECAST FOR TURKEY'S TRANSPORTATION SECTOR IN 2030

Nazile YILANKIRKAN[1], Ebru YILDIRIM[2]
[1]Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sivas / Türkiye
[2]Özel Sektör Çalışanı, Kayseri / Türkiye
ORCID: 0000-0002-8274-186X[1], 0000-0001-9057-024X[2]

Öz: Amaç: Türkiye'deki nüfus ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYH) artışının tüketimi artırması, teknolojik ürün kullanımının yaygınlaşması gibi sebeplerden dolayı enerji tüketimi giderek artmaktadır. Enerji ihtiyacının yarısından fazlasını ithal eden Türkiye'de enerji ihtiyacının yerli ve yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasının yanında, Enerjinin yüksek oranda tüketildiği sektörlerdeki enerji verimliliği çalışmalarının önemi büyüktür. Enerji tüketiminin yoğun olduğu sektörler incelendiğinde ise ulaştırma sektörünün %25 gibi yüksek bir orana sahip olduğu görülmektedir. Enerji konusunda dışa bağımlı Türkiye'nin gelecek yıllarda hangi sektörde ne kadar enerji tüketeceğinin tahmin edilmesiyle, yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının ve enerji verimliliği çalışmalarının doğru planlanması açısından yol gösterecektir.

Yöntem: Nüfus, GSYH ve Motorlu taşıt miktarları ve ulaştırma sektöründe nihai enerji tüketimi miktarları verileri kullanılarak, Makine öğrenmesi algoritmalarından; Rastgele orman, Destek vektör makinesi ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemleriyle ulaştırma sektöründe 2030 yılına kadar tüketilecek enerji miktarı tahmin edilmiştir.

Bulgular: Yapılan analizler sonucunda YSA metodunun bu çalışma için en uygun sonucu verdiği görülmüştür. YSA'nın beş çapraz geçerlilik için elde ettiği ortalama eğitim ve test regresyon değerleri sırasıyla 0,9968 ± 0,0019 ve 0,9978 ± 0,0013 olarak bulunmuştur. Yapılan tahmin sonucunda 2030 yılında ulaştırma sektöründe 31.391 bin Ton Eşdeğeri petrol (TEP) enerji tüketileceği hesaplanmıştır.

Sonuç: Ulaştırma sektöründe enerji tüketiminin her yıl giderek artmakta olduğu, enerji ihtiyacını ithal kaynaklardan karşılayan bir ülke olan Türkiye'de, ulaştırma türleri arasında yoğun olarak kullanılan karayolu ulaştırmasındaki yük ve yolcu taşımacılığının önemli bir kısmının enerji tüketiminin daha verimli olduğu demiryolu ve denizyolu taşımacılığına kaydırılması enerji tüketimini azaltacaktır. Ayrıca her sektörde enerji verimliliği çalışmaları ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Enerji tüketiminin azalması da CO2 emisyonunu da düşürecektir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma, Enerji Tüketimi, Yapay Sinir Ağları, Enerji Verimliliği

Abstract: Aim: Energy consumption in Turkey is increasing due to population and Gross Domestic Product (GDP) growth, increasing consumption and the widespread use of technological products. In Turkey, which imports more than half of its energy needs, in addition to meeting the energy need from domestic and renewable resources, energy efficiency studies in sectors with high energy consumption are of great importance. When the sectors with high energy consumption are examined, it is seen that the transportation sector has a high rate of 25%. By estimating how much energy Turkey, which is dependent on foreign energy, will consume in which sector in the coming years, it will guide the correct planning of renewable energy resources investments and energy efficiency studies.

Method: The amount of energy to be consumed in the transportation sector until 2030 has been estimated by using the data on population, GDP and motor vehicle amounts and final energy consumption amounts in the transportation sector, using machine learning algorithms; Random forest, Support vector machine and artificial neural networks (ANN) methods.

Results: As a result of the analysis, it was seen that the ANN method gave the most appropriate result for this study. The average training and test regression values obtained by ANN for five cross validations were 0.9968 ± 0.0019 and 0.9978 ± 0.0013, respectively. As a result of the estimation, it was calculated that 31.391 thousand Tons of Oil Equivalent (TOE) of energy will be consumed in the transportation sector in 2030.

Conclusion: In Turkey, where energy consumption in the transportation sector is increasing every year and Turkey is a country that meets its energy needs from imported sources, shifting a significant portion of freight and passenger transportation in road transportation, which is used intensively among transportation types, to rail and maritime transportation, where energy consumption is more efficient, will reduce energy consumption. In addition, energy efficiency studies in every sector will contribute to the national economy. Reduced energy consumption will also reduce CO2 emissions.

Keywords: Transportation, Energy Consumption, Artificial Neural Networks, Energy Efficiency

[1] Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Nazile YILANKIRKAN, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Sivas / Türkiye, nyilankirkan@cumhuriyet.edu.tr, *Geliş Tarihi / Received:29.05.2023, Kabul Tarihi / Accepted:17.12.2023, Makalenin Türü / Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research - Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu/ Ethics Committee Report Yok / None "Çalışmanın etik kurul gerektirmediğine dair yazar(lar) tarafından beyanda bulunulmuş olup, maddi/manevi tüm yönleriyle sorumluluk tek taraflı olarak yazar tarafından üstlenilmiştir"*

Güven Plus Group Consulting Inc. International Refereed Journal of Engineering and Sciences İstanbul/Türkiye
Copyright 2023, Güven Plus Group Consulting Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

GİRİŞ

Dünyada hızla artan nüfus, ekonomik büyümeler, teknolojik gelişmeler gibi sebeplerden dolayı enerjiye duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Artan enerji ihtiyacına karşılık enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerjinin verimli ve tasarruflu kullanılması oldukça önemli bir hal almıştır. Sektörel enerji tüketimi incelendiğinde, sanayi, ulaştırma, konut ve hizmetler gibi sektörlerde enerji tüketiminin yüksek olduğu görülmektedir.

Ülkelerin enerji tüketimi ve sera gazı salınımları açısından ulaştırma sektörü oldukça önemlidir. Ulaştırma sektöründe enerji tüketimi genellikle fosil yakıt kaynaklı olduğundan tüketim artışı sera gazı salınımlarını da artırmaktadır. Enerji tüketimi ve sera gazı emisyonlarının artışı bu sektörde enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik konularını önemli hale getirmektedir. Ulaştırma sektöründe enerji tüketimi yük ve yolcu taşımacılığı yoluyla gerçekleşmektedir. Söz konusu bu taşımacılık ise günümüze kadar çoğunlukla karayolu taşımacılığı aracılığıyla gerçekleşmiştir.

Türkiye'deki ulaştırma türleri incelendiğinde, Karayolu yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarı, demiryolu yük taşımacılığında tüketilen enerji miktarına göre yaklaşık 2 kat fazladır. Demiryolu alt yapısının geliştirilmesiyle karayolu ile yapılacak yük taşımacılığı yerine demiryolu ile yük taşımacılığının artırılmasında fayda olduğu, 2016 yılında yayınlanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planına göre ifade edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Ebru ve Nazile (2022) tarafından yapılan çalışmada, ulaştırma sektöründeki enerji tüketimini genel hatlarıyla incelemişlerdir. Çalışmaya göre Türkiye'de yolcu ve yük taşımacılığının yaklaşık olarak %90'ı karayolu ulaştırma türü ile sağlanmakta olduğu, yük ve yolcu taşımacılığının önemli bir kısmının demiryolu ve denizyolu ulaştırma türlerine kaydırılarak ve enerji verimliliği sağlanarak azaltılabileceği vurgulanmıştır.

Ali ve Ali Osman (2010) tarafından yapılan çalışmada demiryolu ulaştırmasının yük taşımacılığında %70 oranında, yolcu taşımasında %40-50 oranında daha ucuz olduğunu belirterek, şehirlerarası yük ve yolcu taşımacılığının demiryollarına kaydırılmasının yararlı olacağını belirtmişlerdir.

Cansız vd, (2020) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de karayolu taşımacılığında enerji tüketimini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında yapay sinir ağları (YSA) ile çok değişkenli lineer regresyon yöntemleri kullanılarak karayolu taşımacılığında enerji tüketimi tahmin modellenmesi yapmışlardır. Modellemede nüfus, karayolu yol ağı uzunluğu, ağırlıklı ortalama günlük trafik, taşıt-km, motorlu taşıt sayısı parametreleri bağımsız değişken olarak incelenmektedir. Tahminlerin karşılaştırılmasıyla bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen model ile ulaşım politikalarına yön verilmesi hedeflenmektedir.

Çodur (2021) yaptığı çalışmada, yapay sinir ağları kullanarak Türkiye'nin ulaştırma enerji talebini tahmin etmek için modeller kurmuştur. Yapay Sinir ağı modellerinde, yıl, nüfus, gayri safi yurt içi hâsıla, yakıt fiyatı, araç-km, yolcu-km ve ton-km olarak belirlenen değişkenleri kullanmıştır. Parametrelerin farklı kombinasyonlarının kullanıldığı modeller arasından, Nüfus, yakıt fiyatı ve ton-km verileri ile en iyi modeli kurmuş ve bu modelin en düşük hata ve en yüksek belirleme katsayısı değerlerine sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Cansız vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, karayollarında tüketilen enerji miktarının tahmini için modeller oluşturmuşlardır. Tahmin modellerinin oluşturulması için çok değişkenli regresyon yöntemlerinden ve yapay sinir ağlarından yararlanılmıştır. Modeller oluşturulurken 2004-2018 yılları arasında kullanım amacına göre daha çok özel kullanıma hizmet eden motosiklet ve otomobil sayılarının toplamı, diğer motorlu kara taşıtlarının toplam sayıları ve karayollarında tüketilen toplam akaryakıt miktarı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Karayollarında tüketilen toplam enerji miktarı ise bağımlı değişken olarak kullanılmış ve bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setine göre karayollarındaki enerji tüketimi tahmin edilmeye çalışılmıştır ve tahminlerde başarılı bir sonuç elde edilmiştir.

Ağbulut (2022) çalışmasında ulaştırma sektöründe enerji tüketiminin %99 civarında fosil yakıt kaynaklı olduğunu bu durumun çevreyi ve insan sağlığını olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Türkiye'de ulaştırma sektöründe enerji tüketimini ve ulaştırma sektörü kaynaklı CO_2 emisyonunu tahmin etmek amacıyla Derin Öğrenme, Destek Vektör Makinesi ve Yapay Sinir Ağları makine öğrenmesi algoritmalarını kullanmıştır. Makine öğrenmesi algoritmaları R^2 değerleri 0.8639 - 0.9235 arasında, RMSE değeri ise 5×10^6'dan küçük çıkmıştır. Daha sonra iki matematiksel model kullanarak 2050 yılı için ulaştırma sektöründe CO_2 emisyonu ve enerji talep miktarı tahmini yapmıştır. İki modelden birincisinde 2030 yılı için 20.000 bin TEP ikincisinde ise 36.000 bin TEP enerji talebi olacağı sonucunu bulmuştur.

Sönmez vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin 2034 yılına kadar ulaştırma sektöründeki enerji talep tahmini yapılmıştır. Çalışmada ulaştırma sektöründeki enerji talep tahmini için doğrusal, üstel ve ikinci dereceden formlara dayalı üç farklı model önerilmiştir. Önerilen modellerin başarılı sonuçlar verdiğini tespit ettikten sonra bu üç modeli de tahmin amacıyla kullanarak iki farklı senaryo yapılmıştır. Senaryo 1'de doğrusal ve üstel formların tahmin sonuçları sırasıyla 38.000 bin TEP ve 28.000 bin TEP, Senaryo 2'de ise doğrusal ve üstel formların tahmin sonuçları sırasıyla 31.000 bin TEP ve 28.000 bin TEP olarak tahmin edilmiştir.

Bu çalışmada ise, 2002-2021 yılları arasındaki nüfus, GSYH, motorlu taşıt sayıları ve ulaştırma sektöründe nihai enerji tüketimi verileri kullanılarak 2030 yılında bu sektörde ne kadar enerji tüketileceği tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında yapay sinir ağı (YSA), destek vektör makinesi ve rastgele orman algoritmaları kullanılarak en doğru

tahmin yapılmaya çalışılmıştır. Modele uygulanan veri setinde bazı yıllardaki GSYH ve enerji tüketimindeki düşüşler tahmin sonucunda yavaş bir artış olarak kendisini göstermiştir. GSYH ve enerji tüketiminin düzenli artması durumunda 2030 yılında ulaştırma sektöründe model sonucunda tahmin edilen 31.391 bin TEP'den daha fazla enerji tüketimi olacağı öngörülmektedir. Bulunan bu sonucun literatürdeki diğer çalışmalarda bulunan değerlere yakın olduğu görülmektedir.

Türkiye, enerji konusunda büyük oranda dışa bağımlı bir ülke durumundadır. Enerjinin doğru, etkin, verimli ve tasarruflu kullanılması oldukça önemlidir. Bu çalışmanın ulaştırma sektöründe kısıtlı olan enerji talep tahmin çalışmalarına literatür açısından destek olması amaçlanmıştır.

ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDE ENERJİ TÜKETİMİ

Ulaştırma hem Türkiye'de hem de dünyanın birçok yerinde enerji tüketimi açısından en ön sırada gelen sektörler arasında olması nedeniyle, ulaştırma sektöründe enerji verimliliği konusuna dikkat etmek, sektörü bu konuda bilinçlendirmek ve teknolojik gelişmelerle desteklemek kaçınılmaz olmuştur.

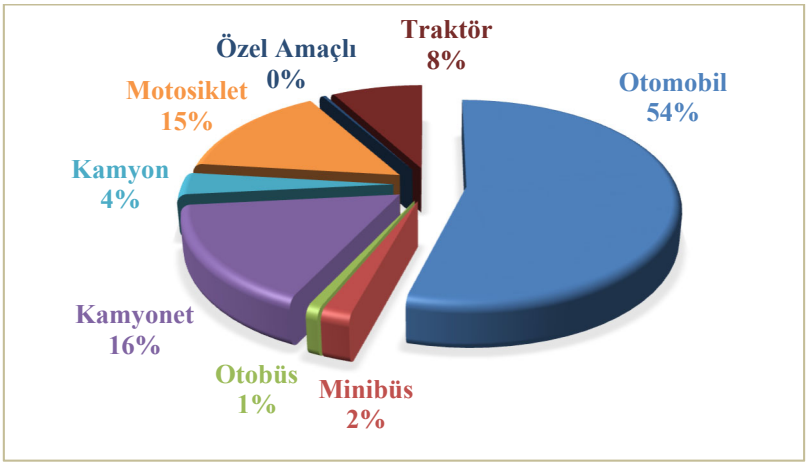
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'de 2021 yılında toplam nihai enerji tüketimi 123.859 bin TEP olmuştur. Bu enerji tüketimi sektörel bazlı incelendiğinde sanayi sektörü 41.614 bin TEP ile ilk sırada yer almaktadır. 30.564 bin TEP enerji tüketimiyle ulaştırma sektörü ikinci sırada gelmektedir. Konutlarda 26.148 bin TEP, ticaret ve hizmetlerde 11.973 bin TEP, tarım ve hayvancılıkta 5.129 bin TEP enerji tüketimi olmuştur. 7.717 bin TEP ise enerji dışı tüketimdir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Ulaştırma sektöründe harcanan 30.564 bin TEP enerji incelendiğinde; bu enerjinin 28.809 bin TEP yani %94'ü karayolu ulaştırmasında, 954 bin TEP ile %3'ü havayolu ulaştırmasında kullanılmıştır. Denizyolu ulaştırmasında 368 bin TEP ile yaklaşık %1, demiryolu ulaştırmasında 217 bin TEP ile %1 ve boru hatlarında 216 bin TEP ile %1 enerji tüketimi gerçekleştirilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).

Ticaret hacminin hızla artması, nüfus artışı ve turizm sektörünün büyümesi gibi birçok nedenlerden dolayı Türkiye'de son yıllarda karayolları ağı geliştirilmeye ve genişletilmeye devam etmektedir. Hızlı kentleşme, imalat sanayiinin gelişmesi ve bireysel araç sahipliği isteği gibi nedenler motorlu kara taşıt sayısı da gün geçtikçe artırmaktadır.

Şekil 1'de verilen pasta grafikte 2021 yılı toplam motorlu kara taşıt sayılarının yüzdelik dağılımı görülmektedir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 1. 2021 Yılına Ait Motorlu Kara Taşıtlarının Yüzdelik Dağılımı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021)

2021 yılında 25.022.960 olan motorlu kara taşıt sayısının %54'ünün otomobil, %16'sının kamyonet, %15'inin motosiklet, %8'inin traktör, %4'ünün kamyon, %2'sinin minibüs ve %1'inin otobüs olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere bireysel kullanıma uygun olan otomobillerin miktarı çok yüksek iken toplu taşıma aracı olan otobüs ve minibüslerin oranı çok düşüktür. Bu durum ise enerji tüketimini ve Karbondioksit (CO_2) emisyon miktarını artırmaktadır.

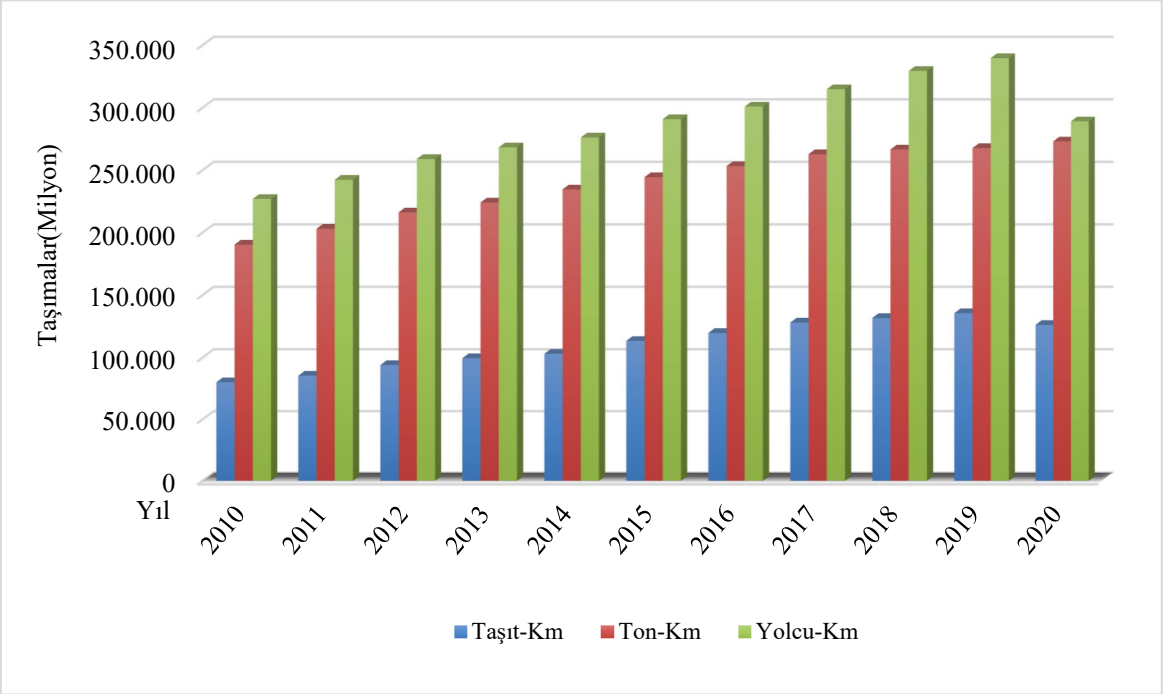
Tablo 1'de Türkiye karayollarında yıllara göre yapılan seyir ve taşımalar kilometre (km) cinsinden verilmiştir. Çizelgede 2019 yılına kadar düzenli bir artış gözlemlenirken 2020 yılında Covıd-19 salgınının başlamasıyla birlikte taşıt-km ve yolcu-km verilerinde bir düşüş yaşandığı görülmektedir. Tablo 1'de verilen seyir ve taşımaların yıllara göre düzenli artışı Şekil 2'deki sütun grafikte daha net görülmektedir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2020).

Tablo 1. Türkiye Karayollarında Yapılan Taşımalar (milyon)

Yıl	Toplam taşıt-km	Toplam ton-km	Toplam yolcu-km
2010	**80.124**	**190.365**	**226.913**
2011	**85.495**	**203.072**	**242.265**
2012	**93.989**	**216.123**	**258.874**
2013	**99.431**	**224.048**	**268.178**
2014	**102.988**	**234.492**	**276.073**
2015	**113.274**	**244.329**	**290.734**
2016	**119.671**	**253.139**	**300.852**
2017	**127.997**	**262.739**	**314.734**
2018	**131.625**	**266.502**	**329.363**
2019	**135.485**	**267.579**	**339.601**

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

2020	**126.053**	**272.913**	**288.992**



Şekil 2. Türkiye Karayollarında Yapılan Seyir ve Taşımalar

Ulaştırma sektöründe çoğunlukla karayolu ulaştırmasının kullanılması atmosferdeki karbondioksit miktarı artırmaktadır. Karbondioksit, fosil yakıtların yanması, endüstriyel süreçler, enerji üretimi, taşımacılık ve ormansızlaşma gibi insan etkinliklerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu durum, sera etkisinin güçlenmesine ve küresel ısınma olarak bilinen iklim krizi sorununa yol açmaktadır.

Ulaştırma sektöründe çoğunlukla fosil yakıtlar tüketildiğinden bu sektörden kaynaklı CO_2 emisyonu da yüksek gerçekleşmektedir. Türkiye'de 2000 yılında ulaşımdan kaynaklı CO_2 miktarı 35 metrik ton (Mt)'dur. 2019 yılına gelindiğinde ise bu miktar 84 Mt'a ulaşmıştır. 2020 yılında ise 79 Mt olmuştur. Bu düşüşün sebebi Covid-19 pandemisi nedeniyle ulaşım sektöründeki yavaşlamadan kaynaklanmaktadır (Data and Statistic, 2023). CO_2 emisyonu miktarının azaltılması açısından ulaştırma sektöründe ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanılan karayolu ulaştırmasının oranının düşürülmesi denizyolu ve demiryolu ulaştırmasının oranının artırılması oldukça önemlidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, Türkiye'de ulaştırma sektöründe yaklaşık %94 oranında enerji tüketilen karayolu ulaştırmasında, enerji tüketimini etkileyen faktörler incelenmiştir. Literatür araştırmasına göre nüfus artışının, GSYH'daki artış ya da azalmaların ve motorlu kara taşıt sayısındaki artışın enerji tüketimini doğrudan etkilediği görülmüştür. Bu sebeple, bu çalışma kapsamında nüfus, GSYH ve

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

motorlu kara taşıt sayısı verilerinden yola çıkılarak ulaştırma sektöründe geleceğe yönelik enerji tüketim tahmini yapılmıştır.

VERİ SETİ

Türkiye'de 2002-2021 yılları arasındaki nüfus, GSYH, karayolu motorlu taşıt sayısı ve ulaştırma sektöründe tüketilen enerji miktarı verileri kullanılarak geleceğe yönelik ulaştırma sektöründe enerji tüketimi tahmini yapılmıştır. Nüfus, GSYH, karayolu motorlu taşıt sayısı ve ulaştırma sektöründe nihai enerji tüketimi verilerinin hepsinin birden ulaşılabildiği en önceki yıl 2002, en son yıl ise 2021 yılı olduğu için çalışmada kullanılan veri setinde 2002-2021 yılları arasındaki veriler bulunmaktadır. Tablo 2'de enerji tüketim tahmini için kullanılan veriler sunulmuştur.

Tablo 2'de görülen veriler, makine öğrenmesi teknikleri olan, Rastgele Orman (RF: Random Forest), Destek Vektör Makinesi (SVM: Support Vector Machine) ve Yapay Sinir Ağı algoritmaları kullanılarak incelenmiştir ve en iyi enerji tüketim tahmin metodu bulunmaya çalışılmıştır. ML modellerinin girdileri sırasıyla Tablo 2'de verilen, nüfus, GSYH, karayolu motorlu taşıt sayısı verileri olup, çıktısı ise nihai enerji tüketimi verisidir.

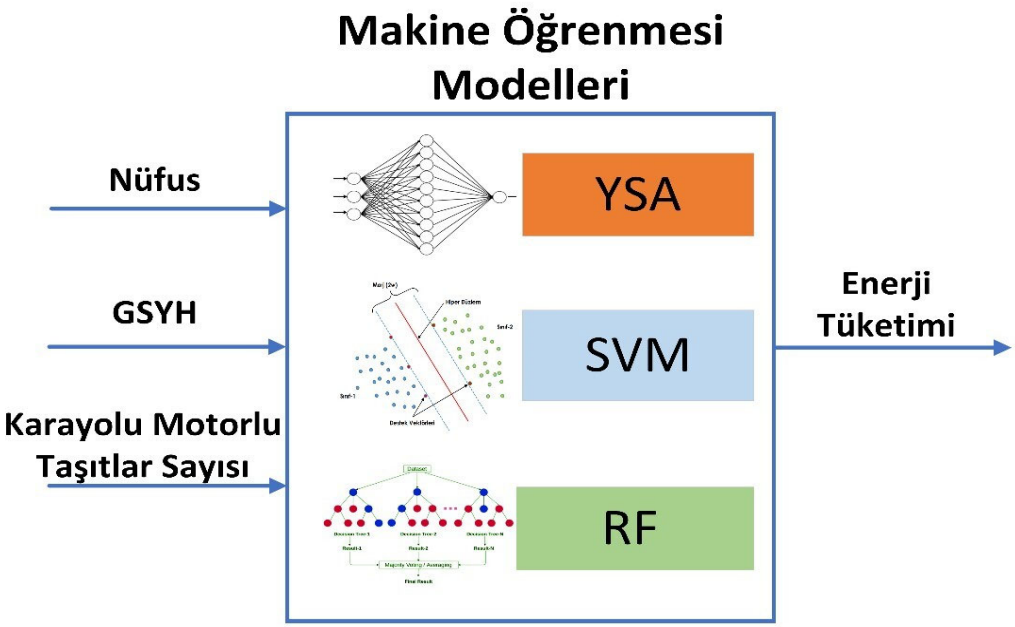
Tablo 2. Deney Verileri (Word Economic Outlook Database, 2023; Türkiye İstatistik Kurumu, 2023a; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021)

YIL	Nüfus (Bin)	GSYH (milyon ABD doları)	Motorlu Kara Taşıt Sayısı	Nihai Enerji Tüketimi (bin TEP)
2002	66.402	240.191	8.655.170	11.404
2003	67.187	314.752	8.903.843	12.394
2004	68.010	409.127	10.236.357	13.775
2005	68.861	506.186	11.145.826	13.849
2006	69.730	555.126	12.227.393	14.980
2007	70.586	680.489	13.022.945	17.264
2008	71.517	770.820	13.765.395	15.981
2009	72.561	648.797	14.316.700	15.886
2010	73.723	776.558	15.095.603	16.314
2011	74.724	838.508	16.089.528	18.455
2012	75.627	880.141	17.033.413	19.485
2013	76.668	957.504	17.939.447	20.734
2014	77.696	938.512	18.828.721	21.940
2015	78.741	864.071	19.994.472	24.936
2016	79.815	869.280	21.090.424	26.812
2017	80.811	858.932	22.218.945	28.429
2018	82.004	779.694	22.865.921	28.441
2019	83.155	760.516	23.156.975	27.687
2020	83.614	719.919	24.144.857	26.971
2021	84.680	806.804	25.249.119	30.562

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Makine Öğrenmesi Tabanlı Tahmin Yöntemi

Makine öğrenmesi, giriş verileri ile çıkış verileri arasında doğrusal bir formül ile ifade edilemeyen problemleri çözebilmek için geliştirilmiş güncel hesaplama sistemleridir. Makine öğrenmesi sonucunda elde edilen bilgiler ve modellerin başarım oranı, tamamen giriş verilerine bağlıdır ve literatürde genel olarak denetimli ve denetimsiz pek çok makine öğrenmesi yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada, aşağıda ayrıntıları verilen RF, SVM ve Yapay Sinir Ağı modelleri sınıflandırma ve tahmin etmedeki başarılarından dolayı kullanılmıştır. Şekil 3'de çalışmada önerilen makine öğrenmesine dayalı enerji tahmin yöntemi görülmektedir.



Şekil 3. Makine Öğrenmesine Dayalı Enerji Tahmin Yöntemi

Şekil 3'de görüldüğü gibi, makine öğrenmesi tekniklerinin girdileri nüfus, GSYH ve karayolu motorlu taşıt sayısı ve çıktısı ise ulaştırmada enerji tüketim miktarıdır. Makine öğrenmesi tekniklerinin eğitimi ve testi için, veri setinin %70'i eğitim, %30'u ise test ve doğrulama (validation) için kullanılmıştır. Tüm deneyler 5 kat çapraz geçerlilik temelli gerçekleştirilmiştir ve bunun sonucunda 5 eğitim ve 5 test verisi üretilmiş ve sonuçların ortalaması alınarak yöntemlerin performansı ortaya konmuştur.

Rastgele Orman

Karar ağaçlarının birleşmesinden meydana gelen RF algoritmasında kullanılan karar ağaçları arasında bağımsızlığı ve doğruluğu en yüksek ağaçlar tercih edilmektedir. Her bir ağaç veri setindeki özelliklere göre dallanmaktadır (Breiman, 2001). RF yöntemi, veri kümesinin çeşitli alt örneklerine bir dizi karar ağacı sınıflandırmasına uyan ve tahmin doğruluğunu iyileştirmek ve aşırı uyumu kontrol etmek için ortalamayı kullanan bir meta tamircidir. Alt örnek boyutu her zaman

orijinal giriş örneklem boyutuyla aynıdır (Veranyurt vd. 2020).

Destek Vektör Makinesi

SVM genellikle sınıflandırma işlemlerinde tercih edilen bir makine öğrenme yöntemi olup denetimli bir öğrenme sağlar. Algoritmanın çalışması sırasında verilerin türüne bağlı olarak farklı çekirdek fonksiyonları kullanılmaktadır ve böylece hem doğrusal hem de doğrusal olmayan sınıflandırma işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. SVM, metin veya görüntü sınıflandırma, biyoinformatik, protein çaprazlama, el yazısı tanıma, yüz algılama, çevre bilimleri ve tahmine dayalı kontrol gibi farklı pek çok alanda yüksek performans sonuçları elde etmektedir (Sedat ve Kıyas, 2020).

Yapay Sinir Ağı

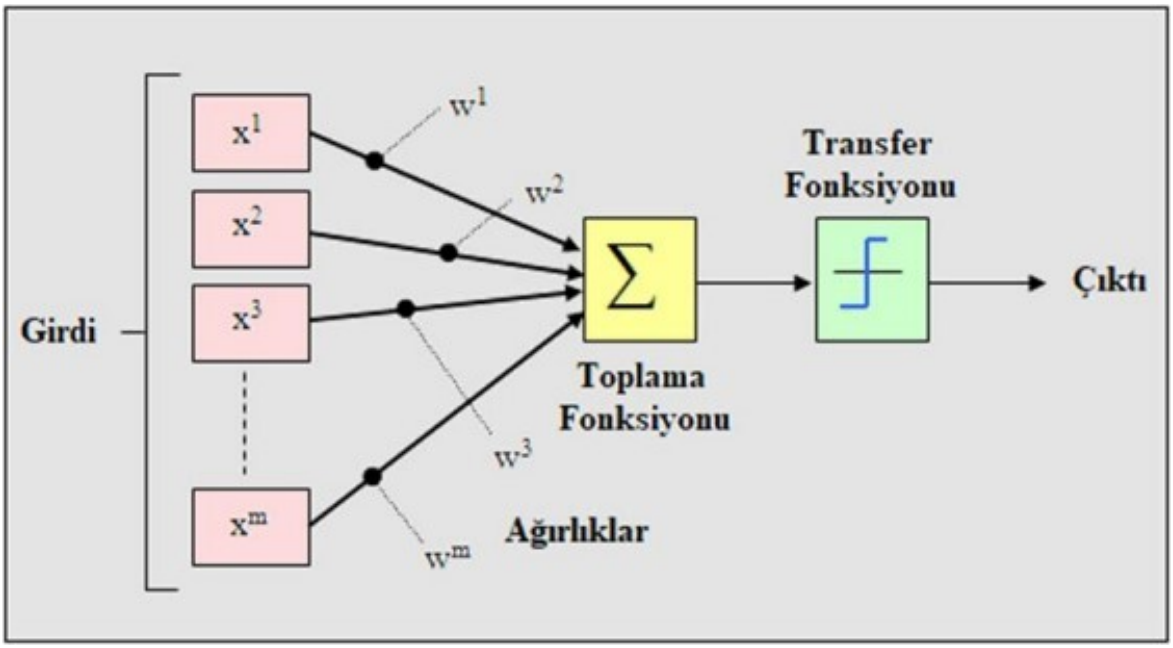
Yapay sinir ağları, biyolojik sinir sistemlerinden yola çıkılarak oluşturulan matematiksel modellemelerdir. Yapay sinir ağları, verileri analiz etmek, karmaşık problemleri çözmek ve desenleri tanımak gibi çeşitli görevleri yerine getirmede kullanılan bir makine öğrenmesi yöntemidir. Yapay sinir ağları, birçok yapay sinir hücresi veya nörondan oluşur. Her bir nöron, girdi verilerini alır, bu verileri işler ve sonuçları diğer nöronlara ileterek bilgiyi işler. Bu işlem, sinir ağının "öğrenme" denilen sürecinde gerçekleşir.

Yapay sinir ağları, eğitim ve test olarak iki temel aşamadan oluşur. Eğitim aşamasında, sinir ağı, önceden etiketlenmiş bir veri kümesiyle beslenir ve ağırlıklarını ve eşik değerlerini ayarlamak için bu veri kümesini kullanarak problemi öğrenir. Bu süreçte, sinir ağı doğru sonuçları üretmek için giriş verilerini işleyerek hata hesaplar ve bu hatayı en aza indirmek için ağırlıkları ayarlar.

Eğitim tamamlandıktan sonra, yapay sinir ağı test aşamasına geçer. Test aşamasında, sinir ağı daha önce görmediği verilerle çalışır ve bu verilere dayanarak sonuçlar üretir. Ağın başarısı, test verileri üzerinde elde edilen doğruluk ve hata oranlarına dayanarak değerlendirilir.

Yapay sinir ağında temelde 3 katman bulunur, bunlar giriş, ara(gizli) ve çıkış katmanlarıdır. Giriş ve çıkış katmaları arasında bulunan gizli katmanlar girişteki verileri kullanarak modelin öğrenmesini sağlamaktadır. Ağ ve çıkış katmanında elde edilen değerler kullanılarak tahminler veya sınıflamalar yapılır. Örnek yapay sinir ağı modeli Şekil 4'de verilmektedir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 4. Yapay Sinir Ağı Modeli (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023)

Bu çalışmada kullanılan YSA'nın eğitiminde, ağın serbest parametreleri olan ağırlık ve sapma değerlerinin güncellenmesi için Levenberg-Marquardt ileri beslemeli geri yayılımlı (Feed-Forward BackProp) optimizasyon tekniği (Karakış, 2009)., gizli ve çıktı katmanlarında aktivasyon fonksiyonu olarak tansig ve logsig fonksiyonları seçilmiştir. Verilerin eğitiminde, gizli katmanda en yüksek performans sonucunu üreten 10 nöron sayısı kullanılmıştır. RF modeli için 100 ağaç, SVM modeli için ise Gaussian çekirdeği kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir

BULGULAR

Bu çalışmada kullanılan veri setindeki nüfus, GSYH, motorlu kara taşıt sayısı ve ulaştırma sektöründe enerji tüketimi miktarları 2002-2021 yılları arasındaki değerleri içermektedir. Ulaştırma sektöründe 2022-2030 yılları arasında ne kadar enerji tüketileceğinin tahmin edilmesi amacıyla ilk olarak bağımsız değişken verilerini belirlemek gerekmektedir. İlk önce TÜİK'in nüfus senaryolarından 2022-2030 yılları arasındaki nüfus tahmin verileri alınmış ve daha sonra bu verilerden yola çıkılarak basit regresyon denklemiyle GSYH ve motorlu kara taşıtı sayısı hesaplanmıştır. Denklemde y bağımlı değişkeni, x bağımsız değişkeni, β_0 kesme terimi, β_1 eğim katsayısı ve ε hata terimini ifade etmektedir.

$$y=\beta_0+\beta_1.x+\varepsilon \qquad [1]$$

Bu denklemde verilen x değeri bağımsız değişken olan nüfus değerini ifade ederken, y değeri ise GSYH ve motorlu kara taşıtı sayısı bağımsız değişkenlerini ifade etmektedir. Regresyon denklemi yardımıyla hesaplanan değerler Tablo 3'te verilmiştir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 3. Regresyon Analizi Sonuçları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023b)

Yıl	Nüfus (Bin)	GSYH (milyon ABD doları)	Motorlu Kara Taşıt Sayısı
2022	85.286	961.849	25.730.981
2023	86.154	983.856	26.507.732
2024	87.003	1.005.377	27.267.358
2025	87.832	1.026.397	28.009.297
2026	88.641	1.046.896	28.732.855
2027	89.428	1.066.854	29.437.295
2028	90.193	1.086.250	30.121.930
2029	90.935	1.105.067	30.786.114
2030	91.654	1.123.291	31.429.347

Tablo 3'te görüldüğü gibi basit regresyon analizi ile hesaplanan GSYH ve motorlu kara taşıt sayılarında yıllara göre nüfus artışına bağımlı olarak düzenli bir artış görülmektedir.

Tablo 2'deki veri seti, Yapay Sinir Ağı, RF ve SVM algoritmalarında eğitim, doğrulama ve test etmek amacıyla, Tablo 3'deki veriler ise tahmin amacıyla kullanılmıştır.

Tablo 4'te makine öğrenmesi tekniklerinin eğitim ve test verileri üzerinde 5 kez çapraz geçerlilik ile elde ettikleri ortalama analiz sonuçları görülmektedir. YSA, RF ve SVM yöntemlerinin test verisi için hesapladığı R değerleri sırasıyla 0,9978±0,0013, 0,9788±0,0075 ve 0,9653±0,0167 olarak hesaplanmıştır. En yüksek R ve en düşük MSE, MAE, RMSE değerleri YSA modeli ile elde edilirken, en kötü değerler ise RF modeli ile elde edilmiştir.

Tablo 4. Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Analiz Sonuçları

Metrikler	YSA	YSA	SVM	SVM	RF	RF
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Eğitim_MSE	0,0000000007	0,0000000003	0,0000889479	0,0000280190	0,0001006381	0,0000085893
Eğitim_MAE	0,0000214963	0,0000047946	0,0000000085	0,0000000054	0,0000000102	0,0000000018
Eğitim_RMSE	0,0000257271	0,0000057233	0,0000688479	0,0000147682	0,0000817031	0,0000052216
EğitimR	**0,9968210334**	**0,0018702033**	**0,9718220792**	**0,0112384043**	**0,9522576590**	**0,0231986318**
Test_MSE	0,0000000023	0,0000000011	0,0001055248	0,0000642388	0,0001300268	0,0000230902

Test_MAE	0,0000401316	0,0000119538	0,0000000144	0,0000000171	0,0000000173	0,0000000059
Test_RMSE	0,0000466449	0,0000118022	0,0000885142	0,0000609870	0,0001121595	0,0000171285
TestR	**0,9978012874**	**0,0012635339**	**0,9788342563**	**0,0075100638**	**0,9653151909**	**0,0167061594**

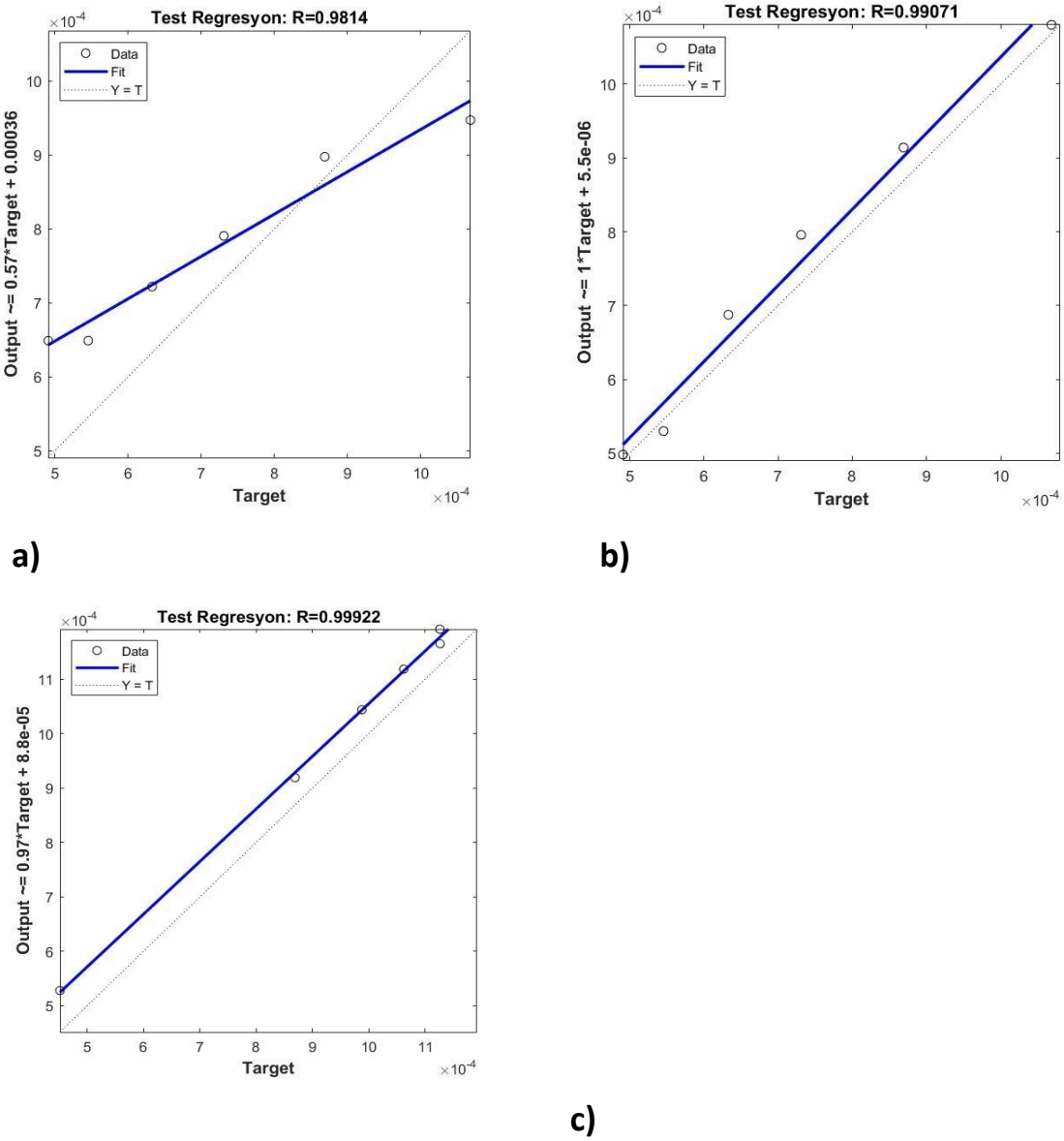
Tablo 5'te ise Tablo 3'de verilen regresyon analizi ile hesaplanan 2022-2030 yıllarındaki nüfus, GSYH ve motorlu kara taşıtı sayısı girdileri kullanılarak makine öğrenmesi tekniklerinin hesapladığı kullanılan üç algoritmanın enerji tüketim tahminleri verilmiştir. Buna göre RF modeli sabit bir tahmin değeri üretirken, YSA ve SVM modellerin beklenildiği gibi artan eğilimde sonuçlar ürettiği görülmektedir.

Tablo 5. Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Tahmin Sonuçları

Yıl	Nüfus (Bin)	GSYH (Milyon ABD Doları)	Motorlu Kara Taşıt Sayısı	YSA Sonuçlar	SVM Sonuçlar	RF Sonuçlar
2022	85286	961849	25730981	30740	29052	26719
2023	86154	983856	26507732	30951	29597	26719
2024	87003	1005377	27267358	31096	30078	26719
2025	87832	1026397	28009297	31195	30496	26719
2026	88641	1046896	28732855	31263	30854	26719
2027	89428	1066854	29437295	31311	31155	26719
2028	90193	1086250	30121930	31346	31401	26719
2029	90935	1105067	30786114	31371	31597	26719
2030	91654	1123291	31429347	31391	31747	26719

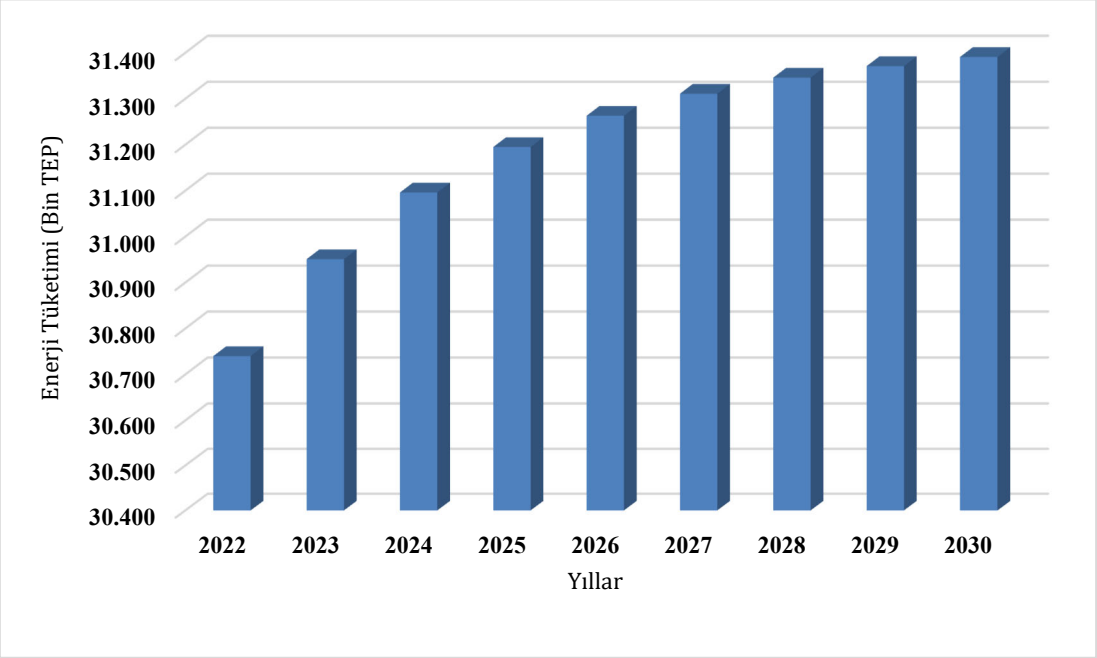
Şekil 5'de sırasıyla RF, SVM ve YSA algoritmalarının 5 kez çapraz geçerlilik analizleri sonrasında elde ettikleri en iyi modellerin test regresyon eğrileri görülmektedir. R değerleri üç model içinde maksimum değer olan 1'e yakın olmakla birlikte YSA'nın hesapladığı R değeri en yüksektir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 5. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Test Regresyon Eğrileri, (a) RF, (b) SVM, (c) YSA

Şekil 6'da, YSA modelinin ulaştırma sektöründe 2022-2030 yıllarında enerji tüketim miktarının tahmin ettiği değerlerin grafiği verilmiştir. Buna göre, YSA modelinin tahmin ettiği çıktılar doğrusal bir artış göstermektedir. Şekil 6 incelendiğinde enerji tüketiminin beklenildiği gibi giderek artacağı YSA tarafından da öngörülmektedir.



Şekil 6. Ulaştırma Sektöründe Nihai Enerji Tüketim Tahmini (2022-2030)

SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'nin sektörel enerji tüketimi içerisinde önemli yere sahip olan ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi incelenmiştir. Öncelikle ulaştırma türleri arasında hangi tür ne oranda enerji tüketiyor bu araştırılmış daha sonra %94 oranında enerji tüketimi gerçekleşen karayolu ulaşımında enerji tüketimi ele alınmıştır. Karayolu ulaştırmasında yolcu, yük ve taşıt ulaşımı süreçlerindeki yıllara göre artış ile motorlu kara taşıt oranları sayısal verilerle ortaya konulmuştur. Motorlu kara taşıt sayısındaki ve karayolu ulaştırmasındaki enerji tüketimi yıllara göre artışını doğrudan etkileyen nüfus artışı ve GSYH verileri yine yıllara göre bulunmuştur.

Bu kapsamda, 2002 ile 2021 yılları arasında Türkiye'deki nüfus, GSYH, motorlu kara taşıtları sayısı ve ulaştırma sektöründeki nihai enerji tüketimi verilerinden bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti oluşturulan YSA, destek vektör makinesi ve rastgele orman algoritmalarına öğretilmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nun yayınladığı senaryolara göre nüfus raporundan 2022-2030 yılları arasındaki düşük nüfus senaryosu alınarak basit regresyon analizi ile yine bu yıllardaki GSYH ve motorlu kara taşıt sayıları bulunarak bu veriler tahmin verisi olarak aynı algoritmalarda kullanılmıştır.

Destek vektör makinesi algoritmasında, MSE değeri $8*10^{-5}$, RMSE değeri $6*10^{-5}$, R değeri 0,97 olarak bulunmuştur. Bu modelde 2030 yılında ulaştırmada enerji tüketimi miktarı 31.747 bin tep olarak tahmin edilmiştir. Rastgele orman algoritmasında ise MSE değeri $1*10^{-4}$, RMSE değeri $8*10^{-5}$, R değeri 0,95 olarak bulunmuş, 2030 yılı ulaştırmada enerji tüketim miktarı ise 26.719 bin tep olarak tahmin edilmiştir. YSA modelinde, MSE

değeri $7*10^{-10}$, RMSE değeri $257*10^{-7}$, R değeri 0,99 olarak bulunmuştur. YSA ile 2030 yılında ulaştırmada 31.391 bin tep enerji tüketileceği tahmin edilmiştir.

Yapılan tüm bu analizler incelendiğinde rastgele orman modelinin sağlıklı ve mantıklı bir sonuç vermediği görülmüştür. YSA ve destek vektör makinesi algoritmalarında yapılan tahminlerin mantıklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Fakat bu iki analizde çıkan MSE, RMSE ve R değerleri incelendiği zaman YSA analizinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Bu nedenle YSA analizi sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin en doğru tahmin olacağı belirlenmiştir.

2030 yılına kadar olan ulaştırma sektöründeki enerji tüketimi tahminleri incelendiğinde düzenli ve doğrusal bir artış olduğu anlaşılmıştır. YSA tahmininde 2030 yılı enerji tüketimi 31.391 bin TEP olarak tahmin edilmekle birlikte GSYH 'da düzenli artış olması durumunda ise bu tüketimin daha yüksek çıkabileceği öngörülmektedir.

Türkiye'nin ulaştırma sektöründe ihtiyaç duyduğu enerji miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye için bu miktarın ağırlıklı olarak karayolu ulaştırması ile karşılanmasının sürdürülebilir olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, yük ve yolcu taşımacılığının önemli bir kısmının demiryolu ve denizyolu ulaştırma türlerine kaydırılması kritik öneme sahiptir.

ÖNERİLER

Karayolu taşımacılığı Türkiye'de en yaygın ulaştırma şekli olmasına rağmen, enerji verimliliği açısından dezavantajlara sahip olan bir taşımacılık türüdür. Verimsiz araç kullanımı, trafik yoğunluğu ve gittikçe artan bireysel araç sahipliği gibi faktörler, enerji tüketimini ve çevresel etkileri artırmaktadır. Bu nedenle, karayolu taşımacılığında enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikalar ve teknolojik yeniliklerin uygulanması önemlidir.

Demiryolu taşımacılığı, enerji verimliliği açısından önemli avantajlara sahiptir. Elektrifikasyon, modernizasyon ve hızlı tren projeleri gibi yatırımlar, demiryolu taşımacılığının enerji verimliliğini artırmış ve çevresel etkilerini azaltmıştır. Türkiye'nin demiryolu ağının daha da genişletilmesi ve modernizasyon çalışmalarına devam etmesi önemlidir.

Denizyolu taşımacılığının, tek seferde büyük miktarlarda yük taşıma kapasitesine sahip olması nedeniyle enerji tüketimine katkı sağlayan avantajları vardır. Türkiye'nin sahip olduğu geniş kıyı şeridi ve stratejik konumu, denizyolu taşımacılığının potansiyelini artırmaktadır. Liman altyapısının geliştirilmesi, bu alanda yapılan yatırımların desteklenmesi ve sürdürülebilir gemi teknolojilerinin kullanılması, denizyolu taşımacılığının enerji verimliliğini artırabilir.

Havayolu taşımacılığı, diğer ulaştırma türlerine göre hızlı olması sebebiyle uzun mesafeli seyahatlerde tercih edilen bir ulaşım şeklidir. Ancak, havayolu taşımacılığı yüksek enerji tüketimi ve karbon emisyonlarına yol açmaktadır. Bu nedenle, havayolu taşımacılığında enerji verimliliği iyileştirmeleri ve alternatif yakıt kullanımı gibi sürdürülebilirlik önlemlerinin alınması önemlidir.

Tüm ulaştırma türlerinin birbiri ile entegre çalışması sağlanmalıdır. Özellikle denizyolu liman bölgeleri ile demiryolu alt yapısının uyumlu kurulması ile iki ulaştırma türünün avantajından yararlanılmalıdır.

Alternatif yakıt türleri de giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle hibrit ve elektrikli araçlar son yıllarda daha popüler hale gelmektedir. Daha az çevresel etkiye sahip olmakla birlikte hem düşük emisyonlu olmaları hem de yakıt maliyetlerinin düşük olması tercih edilme sebeplerindendir. Karbondioksit emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilir bir gelecek sağlamak için büyük önem taşımaktadır.

BİLGİLENDİRME: Bu çalışma Ebru YILDIRIM'ın "Türkiye'de Ulaştırma Türlerinin Enerji Verimliliği Açısından Kıyaslanması" başlıklı Yüksek Lisans Tez Çalışmasından üretilmiştir.

TEŞEKKÜR: Çalışma kapsamındaki sayısal analizlerin yapılmasına verdiği destekten dolayı Doç. Dr. Rukiye KARAKIŞ'a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Ağbulut. Ü. (2022). Forecasting of transportation-related energy demand and CO 2 emissions in Turkey with different machine learning algorithms. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 141-157

Breiman, L. (2001). Random forest. *Mach. Learn*, 45, 5–32. Doi:10.1023/A:1010933404324

Cansız, Ö. F., Erginer, İ., & Erişen F. (2021). Karayolları enerji tüketiminin motorlu taşıt türlerine ve kullanılan akaryakıt miktarına göre modellenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4*(3), 399-407.

Cansız, Ö. F., Ünsalan, K., & Erginer, İ. (2020). Karayolları enerji tüketiminin yapay zeka ve regresyon yöntemleri ile modellenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25*(3), 1297-1313.

Data and Statistic. (2023). *International Energy Agency*. https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=TURKEY&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector Erişim Tarihi: 28.04.2023.

Kabasakal, A., & Solak, A. O. (2010). Demiryolu ve Karayolu Ulaştırma Sistemlerinin Ekonomik Etkinlik Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 123-136.

Karakış, R. (2009). *Yapay sinir ağları ve lojistik regresyon yöntemleri ile meme kanseri koltuk altı lenf nodu durumunun belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). G.Ü Bilişim Enstitüsü, Ankara.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2020). *Türkiye ve Karayolu İstatistikleri*.

Kayacı Çodur, M. (2021). Ulaştırma enerji talebinin yapay sinir ağları ile modellenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11*(4), 2706-2715.

Metlek S., & Kayaalp K. (2020). *Makine Öğrenmesinde, Teoriden Örnek Matlab Uygulamalarına Kadar Destek Vektör Makineleri*. 21 s. İKSAD Yayınevi, Ankara

Sönmez. M., Akgüngör. A. P., & Bektaş. S. (2017). Estimating transportation energy demand in Turkey using the artificial bee colony algorithm. *Energy*, 122, 301-310.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). *Türkiye Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı*.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). *Ulusal enerji denge tabloları*. https://enerji.gov.tr/eigm-raporlari Erişim Tarihi: 20.04.2023.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). *Yapay Sinir Ağları ile Hidrolojik Modelleme*. https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20SON/Yapay%20Sinir%20Aglar%C4%B1%20ile%20Hidrolojik%20Modelleme_Dr.%20Gok%C3%A7en%20UYSAL.pdf Erişim Tarihi: 17.06.2023.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2021). *Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı*. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2021-45703 Erişim Tarihi: 20.09.2023.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023a). *Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı*. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Subat-2023-49424 Erişim Tarihi: 02.04.2023.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023b). *Senaryolara göre nüfus 2018-2080*. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567.

Veranyurt. Ü, Deveci. A.F., Esen. M. F., & Veranyurt. O. (2020). Makine Öğrenmesi Tekniklerivle Hastalık Sınıflandırması: Random Forest, K-Nearest Neıghbour ve Adaboost Algoritmaları Uygulaması. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi, 6*(2), 275-286.

Word Economic Outlook Database. (2023). *International Monetary Fund*. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2022/April/weo-report?c=186,&s=NGDPD,LP,&sy=1990&ey=2027&ssm=0&scsm=1&scc=0&ssd=1&ssc=0&sic=0&sort=country&ds=.&br=1 > Erişim Tarihi: 02.07.2023

Yıldırım E., & Yılankırkan N. (2022, Haziran 28-30). *Türkiye'de karayolu taşımacılığında enerji verimliliğinin incelenmesi*. Uluslararası Korkut Ata Bilimsel Araştırmalar Konferansı (ss. 547-553), Osmaniye.

Yazar Notu: Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bilimi Mühendisliği ve Teknolojisi Anabilim Dalı Öğrencisi Ebru YILDIRIM'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The need for energy is increasing rapidly worldwide due to population growth, technological developments, increased production and consumption. With the increase in the need for energy, an increase in energy consumption is also observed and existing energy resources are rapidly depleting. The shortening lifespan of existing fossil resources in the world increases the importance of both renewable energy sources and energy efficiency studies. The same is true for Turkey. Since Turkey is a country that imports more than half of its energy needs, it has gained critical importance to energy efficiency studies as well as the necessity of turning to renewable energy sources. When sectoral energy consumption in Turkey is analyzed, final energy consumption as of 2021 was 123.859 thousand TOE. Of this consumption, 41.614 thousand TOE was in industry, 30.564 thousand TOE in transportation, 26.148 thousand TOE in housing, 11.973 thousand TOE in trade and services, 5.129 thousand TOE in agriculture and animal husbandry and 7.717 thousand TOE in non-energy consumption. Looking at the data, the share of the transportation sector in total consumption is approximately 25% (National Energy Balance Tables, 2021). Aim: Within the scope of this study, energy consumption in the transportation sector, which is one of the energy-intensive sectors in Turkey, is discussed. Energy consumption rates and the increase in final energy consumption over the years in different transportation types such as highway, railway, maritime and airline are examined and then future energy consumption in the transportation sector is estimated. By calculating how much energy Turkey will consume in the transportation sector until 2030, it is aimed to emphasize the importance of transition from road transportation, which is used 94% in freight and passenger transportation, to railway and maritime transportation types, which are currently used less and are advantageous in terms of energy efficiency. Method: Within the scope of the study, Turkey's population, gross domestic product, number of motor vehicles and final energy consumption data for the years 2002-2021 were used for training, validation and testing in Artificial Neural Network (ANN), Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM) algorithms from machine learning algorithms. The forecast data for the years 2022-2030 were obtained by regression analysis using population data from the Turkish Statistical Institute Population scenarios and GDP and number of motor vehicles for the same years. These data were then used in the same algorithms for forecasting purposes. **Results:** Among the machine learning algorithms used in the study, the MSE value was $8*10^{-5}$, RMSE value was $6*10^{-5}$ and R value was 0,97 in the Support vector machine algorithm. In this model, the amount of energy consumption in transportation in 2030 was estimated as 31.747 thousand toe. In the random forest algorithm, MSE value was $1*10^{-4}$, RMSE value was $8*10^{-5}$, R value was 0,95, and the amount of energy consumption in transportation in 2030 was estimated as 26.719 thousand toe. In ANN model, MSE value was found as $7*10^{-}$

10^{10}, RMSE value as $257*10^{-7}$, and R value as 0,99. With ANN, it was estimated that 31.391 thousand toe energy will be consumed in transportation in 2030. When all these analyzes were examined, it was seen that the random forest model gave a constant result and was not successful in prediction. The predictions made by ANN and support vector machine algorithms were found to give reasonable results. However, when the MSE, RMSE and R values of these two analyses are analyzed, it is seen that ANN analysis gives the best results. Therefore, it was determined that the prediction values obtained as a result of ANN analysis would be the most accurate prediction. As a result of the analysis, it was seen that the ANN method gave the most appropriate result for this study. The average training and test regression values obtained by ANN for five cross validities were 0.9968 ± 0.0019 and 0.9978 ± 0.0013, respectively. As a result of the prediction, it was calculated that 31.391 thousand TOE energy will be consumed in transportation in 2030. **Conclusion:** Looking at the estimation results, it is understood that there is a regular and linear increase in energy consumption in the transportation sector until 2030. In the ANN estimation, energy consumption in 2030 is estimated as 31.391 thousand TOE, but it is predicted that this consumption may be higher in case of a regular increase in GDP. The amount of energy Turkey needs in the transportation sector is quite high. For Turkey, it is not sustainable to meet this amount mainly by road transportation. Therefore, it is critical to shift a significant portion of freight and passenger transportation to rail and maritime transportation modes. The predominant use of road transportation in the transportation sector also has negative environmental impacts. Due to the predominant consumption of fossil fuels in road transportation, CO_2 emissions increase, which in turn feeds the climate crisis.

ULUSLARARASI HAKEMLİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
INTERNATIONAL REFEREED JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCES
Doi: 10.17366/uhmfd.2023.21.4 / ss. 50-63 - pp. 50-63

DÜŞÜK REYNOLDS SAYILARINDA BİR ISI ÇUKURUNUN ISIL PERFORMANSININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ[1]

NUMERICAL INVESTIGATION ON THERMAL PERFORMANCE OF A HEAT SINK AT LOW REYNOLDS NUMBERS

Özgün KOŞDERE[1], Özge ALTUN[2], Zerrin SERT[3]
[1-2-3]Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir / Türkiye
ORCID: 0000-0002-7266-3685[1], 0000-0003-0958-333X[2], 0000-0001-6934-5443[3]

Öz: Amaç: Elektronik ekipmanların daha hızlı ve verimli soğutulması oldukça önemlidir. Çünkü bu ekipmanların verimleri ve güçleri çalışma sıcaklığına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklarda çalışma, performans düşüklüğüne ve sistem arızalarına sebep olmaktadır. Bu sistemlerin soğutulması aktif ve pasif ısı transfer yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Aktif yöntemler harici bir güç gerektiren yöntemlerken, pasif yöntemler de ise harici güce ihtiyaç duyulmamaktadır. Verimli aktif soğutma sistemleri tasarlanırken, minimum fan gücü ve minimum soğutucu boyutu için ısı transferini maksimuma çıkaracak şekilde akış ve kanat geometri parametreleri arasında bir ilişki kurmak gerekir. Hızlı ve verimli soğutma istenildiği durumlarda bu ekipmanların soğutulmasında kullanılan ısı çukurlarında aktif yöntem olan zorlanmış taşınımla soğutmanın yaygın olduğu görülmektedir. Dairesel, kare, dikdörtgen gibi farklı kanat geometrilerinde ısı transferi ayrıntılı olarak çalışılan bir konudur. Son yıllarda, üretim kolaylığı ve maliyetlerinin düşüklüğü, yüksek verimlilikleri nedeniyle dikdörtgen kesitli kanatçıklar en çok tercih edilen kanat profilleri olmuştur.

Yöntem: Bu çalışmada zorlanmış taşınım şartları ve düşük Reynolds sayılarında dikdörtgen kesitli kanatların ısıl performansları incelenmiştir. Analizler için sonlu hacim metodu (FVM) kullanılarak çözen Ansys – Fluent 2023 R1 ticari paket programı kullanılmıştır. Analizleri Düşük Reynolds sayılarının birçok endüstriyel uygulamanın tipik bir özelliği olduğu görülmüştür, bu nedenle düşük Reynolds sayılarında çalışılması hedeflenmiştir. Çalışmada Reynolds sayısı 500 ve 3000 aralığında değiştirilmiştir. Hidrolik ve ısıl olarak tam gelişmiş akış şartları için analizler yapılmıştır. Çözümde k-kl-ω türbülans modeli kullanılmıştır. Bu model, sınır tabakasının laminerden türbülanslı bir rejime geçişini etkili bir şekilde analiz edilebildiği için tercih edilmiştir. Bu kapsamda kanat uzunlukları sabit tutularak kanat ısı transfer yüzey alanı sabit olacak şekilde kanat sayısı ve kanat yüksekliği değiştirilerek farklı Reynolds sayılarında analizler yapılmıştır.

Bulgular: Isı transferinde meydana gelecek değişimleri incelemek için ortalama Nusselt sayısı hesaplanmış ve eş sıcaklık eğrileri çizdirilmiştir. Bunlara ek olarak kanat performansını nicelleştirebilmek adına her bir durum için kanat direnci de hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda Reynolds sayısı arttıkça ortama Nusselt sayısı artmıştır

Sonuç: Analizler sonucunda kanat boşluğu/kanat kalınlığı oranının yanı sıra kanat yüksekliğinin değişimi de Nusselt sayısını etkileyen önemli bir parametre olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Isı Çukuru, Zorlanmış Taşınım, Isı Transferi, Sayısal Analiz

Abstract: Aim: Faster and more efficient cooling of electronic equipment is very important. Because the efficiency and power of these equipment depend on the operating temperature. Operating at high temperatures causes poor performance and system failures. The cooling of these systems is carried out by active and passive heat transfer methods. While active methods require external power, passive methods do not require external power. When designing efficient active cooling systems, it is necessary to establish a relationship between flow and fin geometry parameters to maximize heat transfer for minimum fan power and minimum heat sink size. In cases where fast and efficient cooling is desired, it is seen that forced convection cooling, which is the active method, is common in heat sinks used to cool these equipment. Heat transfer in different fin geometries such as circular, square, and rectangular is a subject that has been studied in detail. In recent years, rectangular airfoils have become the most preferred airfoils due to their ease of production, low cost and high efficiency.

Method: In this study, the thermal performances of rectangular-section fins were examined under forced convection conditions and low Reynolds numbers. Ansys – Fluent 2023 R1 commercial package program was used for analysis, which solves the problem using the finite volume method (FVM). Their analysis showed that low Reynolds numbers are a typical feature of many industrial applications, so it was aimed to work at low Reynolds numbers. In the study, the Reynolds number was changed between 500 and 3000. Analyzes were made for hydraulically and thermally fully developed flow conditions. The k-kl-ω turbulence model was used in the solution. This model was preferred because it can effectively analyze the transition of the boundary layer from a laminar to a turbulent regime. In this context, analyzes were carried out at different Reynolds numbers by changing the number of wings and wing height so that the wing heat transfer surface area was kept constant while the wing lengths were kept constant.

Results: In order to examine the changes that occur in heat transfer, the mean Nusselt number was calculated, and isotherms were drawn. In addition, fin resistance was also calculated for each case in order to quantify fin efficiency. As a result of the analysis, as the Reynolds number increased, the Nusselt number increased.

Conclusion: TAs a result of the analysis, it was seen that the change in fin height as well as the fin gap/fin thickness ratio is an important parameter affecting the Nusselt number.

Keywords: Heat Sink, Forced Convection, Heat Transfer, Numerical Analysis

[1] Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Özge ALTUN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir / Türkiye, okutlu@ogu.edu.tr, *Geliş Tarihi / Received:27.08.2023, Kabul Tarihi / Accepted:26.12.2023, Makalenin Türü / Type of Article (Araştırma – Uygulama / Research - Application), Çıkar Çatışması / Conflict of Interest: Yok / None, Etik Kurul Raporu/ Ethics Committee Report Yok / None "Çalışmanın etik kurul gerektirmediğine dair yazar(lar) tarafından beyanda bulunulmuş olup, maddi/manevi tüm yönleriyle sorumluluk tek taraflı olarak yazar tarafından üstlenilmiştir"*

Güven Plus Group Consulting Inc. International Refereed Journal of Engineering and Sciences İstanbul/Türkiye
Copyright 2023, Güven Plus Group Consulting Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

GİRİŞ VE KURAMSAL ÇEVRE

Isının uzaklaştırılması hem doğada hem de birçok mühendislik uygulamasında büyük öneme sahiptir. Sürekli artan ısı akısının hızlı ve etkili bir şekilde uzaklaştırılması, ısı alanında çalışan mühendisler için kritik bir konudur. Özellikle mikro elektrik endüstrisi ilerledikçe ısı akısının uzaklaştırılması hayati öneme sahip olmaktadır. Elektronik sistemlerin verimli bir şekilde soğutulması hem daha güçlü ve daha hızlı elektronik sistemlerin tasarımına hem de bu cihazların boyutlarının küçültülmesine olanak sağlamaktadır. Mikro elektronik sistemlerin gelişmesi ve boyutlarının küçülmesi konusundaki gelişmeler, bu cihazlardaki ısı akısının en fazla 100 W/cm^2 olmasının bir sonucudur (Sadique & Samsher, 2022; Bar-Cohen & Wang, 2012). Havacılık ve uzay sektöründe yer alan ekipmanlarda bulunan elektronik cihazların daha da küçültülmesi yaklaşık 1000 W/cm^2 gibi bir ısı uzaklaştırma gerekliliğini ortaya koymaktadır (Sadique & Samsher, 2022). Ayrıca Pedram ve Nazarian (Pedram & Nazarian, 2006) tüm elektronik devre arızalarının yarıdan fazlasının ısıl sorunlardan kaynaklandığını açıklamışlardır.

Elektronik ekipmanların soğutulmasında ısı çukurları ve soğutma yöntemi olarak da doğal taşınım (Shafeie vd., 2013; Ahmed & Ahmed, 2015; Peles vd., 2005) veya zorlanmış taşınım (Mokheimer, 2002; Elshafei, 2010; Huang vd., 2014) metotları yaygın olarak kullanılmaktadır. Böylece ısı transfer katsayısı artırılarak, transfer edilen ısı miktarı maksimize edilmektedir. Isı transferi, kanat etrafında oluşan ısıl sınır tabaka boyunca meydana gelmektedir (Bergman vd., 2015). Isı çukuru modüllerinde, zorlanmış taşınımla ısı aktarımı sıklıkla kullanılmaktadır (Ahmed vd., 2018). Isı çukuru tasarımında soğutma yöntemi olarak doğal ve zorlanmış taşınım arasında seçim, soğutma performansından, cihaz boyutundan, cihazın güvenli çalışabileceği sıcaklık aralığından ve maliyetten önemli ölçüde etkilenmektedir. Elektronik cihazların soğutulmasında yaygın olarak kullanılan ısı çukuru, havanın dikdörtgen düz kanatlar arasından paralel aktığı durumdur. Bunlara ek olarak ısı çukurları, endüstriyel ısı değiştiriciler (Kwon vd., 2018; Zhang vd., 2018), biyomühendislik ve kızılötesi dedektörler gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Etkin bir zorlanmış taşınım ile soğutma yapan ısı çukuru tasarlayabilmek için minimum ısı çukuru boyutu ve fan gücü için akış şartları ve kanat geometrisi arasında optimum bir ilişki kurmak gerekmektedir. Teertstra vd. (Teertstra vd., 2000) akışın dikdörtgen kesitli kanatlara paralel aktığı laminer zorlanmış taşınımı deneysel olarak çalışmışlar ve analitik bir model önermişlerdir. Bejan ve Sciubba (Bejan & Sciubba, 1992) paralel dizili devre kartının soğutulması problemini ele almışlardır. Laminer zorlanmış taşınım için yaptıkları çalışmada maksimum ısı transferi için analitik çözümler üretmişlerdir. Moradikazerouni vd. (Moradikazerouni vd., 2019) dikdörtgen düz kanatlar ile farklı şekildeki kanat yapılarında zorlanmış taşınım çalışmışlardır. İnce ve Bayer (İnce & Bayer, 2019) geçiş rejimindeki akışta kare, silindir ve plaka kanatçıklı ısı kuyularının ısı tranferi üzerine etkilerini sayısal olarak

araştırmışlardır. Sayısal analizleri sonucunda Reynolds sayısı ve boyutsuz geometrik parametreler göz önüne alınarak Nusselt sayısı için yeni bir korelasyon türetmişlerdir. Soodphakdee vd. (Soodphakdee vd., 2001) çalışmalarında, yatay bir yüzey üzerindeki plaka, yuvarlak, eliptik ve kare kanatlı geometrilerdeki ısı transfer performansını sayısal olarak çalışmışlardır. Kanat dizilimine paralel, tam gelişmiş laminer zorlanmış taşınım problemini ele almışlardır. Ele aldıkları kanatçık geometrilerinde ısı transfer performansını ve basınç düşümlerini incelemişlerdir. Analizleri basitleştirmek için iki boyutlu yapılan çalışmada hava hızı 0.5–5 m/s arasında değişmektedir. Analizler sonucunda ısı transfer performansı açısından yuvarlatılmış ve kademeli geometrilerin, keskin ve düzgün kenarlı geometrilerden daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir. Ghadhban ve Jaffal (Ghadhban & Jaffal, 2023) çok kanallı ısı çukuru için yeni tasarımlarının hidro-termal performansını araştırmak için üç boyutlu sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmişlerdir. Çalışmada, kanal giriş/çıkış şartları aynı üç farklı kanal yapısı ele almışlar ve kanal yapılarının akış dağılımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, soğutucu akışkan olarak kütle akış hızı 0.002–0.005 kg/s aralığındaki su seçilmiştir ve analiz tek fazlı laminer akış koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, yeni değiştirilmiş kanalların, geleneksel düz kanallarla karşılaştırıldığında ısı transferini artırabildiğini ortaya çıkarmıştır. Toprak vd. (2022) çalışmalarında 1 mm çapındaki silindirlerden oluşan 3-boyutlu yeni bir mini kanallı soğutucuyu deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Çalışmalarında üç kanal şeklini (daire, kare ve üçgen + kare) kıyaslamışlardır. Deneysel ve sayısal sonuçlarda, 463,38 ile 1443,7 arasındaki Reynolds sayıları için Nusselt sayısı ve basınç düşüşleri elde etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda kare tasarımların, akışkanın herhangi bir engel olmaksızın istenilen yönde akışına izin verdiği, bu yüzden de kare tasarımın, termal etkinlik faktörüne göre en iyi genel performansa sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Toghraie ve ark. (Toghraie vd., 2018) zig-zag yapıya sahip kanatlarda ısı transferini incelemişler ve dikdörtgen kesitli kanatlar ile kıyaslamışlardır. Çalışma sonucunda zig-zag yapıya sahip kanatlarda ısı transferinin daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Ledezman ve Bejan (Ledezman & Bejan, 1996) eğimli dikdörtgen kanatçıklar ısı geçişini incelemişlerdir. Doğal ve zorlanmış taşınım için deneysel ve sayısal olarak yapılan çalışmada kanat eğimlerinin akışa doğru olmasının ısı transferini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Ayrıca ısı çukurlarındaki soğutma akışkanı olarak ısı iletim katsayıları daha yüksek nanoakışkanlar kullanılarak yapılan çalışmalar da mecuttur (Saeed ve Kim, 2018). Awais ve Kim (2020), nanoakışkanlar kullanan iki farklı geometriye sahip mini kanallı ısı çukurlarının termohidrolik performansı üzerine deneysel ve sayısal bir araştırma yapmıştır. Ma vd. (2023) çalışmalarında, 100 W/cm^2 sabit ısı akısı altında dikdörtgen, trapezoidal ve omega şekilli mikrokanallı ısı çukurlarındaki Ag, SiO_2 ve Al_2O_3 nanoakışkanlarının termal-hidrolik özelliklerini sayısal simülasyonlar yoluyla

araştırmışlardır.

Yukarıda yer alan çalışmaların tümünde akış kanatlara paralel olarak akmaktadır. Isı çukurlarında akış yönünün ısı transferine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bu amaçla dikdörtgen kanatlara sahip ısı çukurlarında hem paralel hem de çarpan akış için ısı transferini artırabilmek için yapılmış öneriler ve çalışmalar bulunmaktadır. Biber (Biber, 1997) farklı uzunluklara sahip dikdörtgen kanatlı ısı çukurunda çarpan akış için ısı transferi ve basınç düşümünü sayısal olarak çalışmış ve korelasyonlar geliştirmiştir. Hussain vd. (Hussain vd., 2019) akış yönünün ve kanat dip profilinin ısıl performansa etkilerini incelemişlerdir.

AMAÇ

Bu çalışmanın amacı, dikdörtgen kesitli kanatlara sahip bir ısı çukurunda farklı kanat parametrelerinin ısıl performansa etkilerinin sayısal olarak incelenmesidir. Literatürde kanat yapılarının ısı transferine etkilerinin incelendiği farklı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; İnci ve Bayer (2019) çalışmalarında kare, silindir ve plaka kanatçıklı ısı çukurlarının ısı transferi artışına yönelik geometrik iyileştirilmeleri geçiş rejiminde sayısal olarak incelenmiştir. Sayısal modeli doğrulamak için üretilebilir kanatçıklar kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Ortalama ısı transfer katsayısını belirlemek üzere, hem belirli bir Reynolds sayısı hem de akış yönü ile akışa dik doğrultudaki boyutsuz geometrik parametrelerin aralığı dikkate alınarak ısı transferi korelasyonları türetmişlerdir. Sonuç olarak; taban plakası en yüksek sıcaklığının, silindir kanatçıklı ısı çukurunda diğerlerine göre yaklaşık %4.5 oranında daha düşük çıktığı gözlemlenmişlerdir. Buna ek olarak; Sarper vd. (2023) tam ve parçalı silindirik kanatçık konfigürasyonlarının bir minikanallı ısı çukurunun termohidrolik performansına etkileri sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmalarında, 0.00265 kg/s ile 0.0045 kg/s aralığında dört farklı debi ve üç farklı kanatçık konumu için sayısal çalışmalar ANSYS Fluent yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Farklı konfigürasyonların hız ve sıcaklık alanlarına, ortalama Nusselt sayısına, Nusselt sayısı oranına, sürtünme katsayısına ve ısı çukurunun performans katsayısına olan etkileri değerlendirmişlerdir. Ancak yaygın olarak kullanılmakta olan dikdörtgen kesitli kanatlarda düşük Reynolds sayısı ve farklı kanat geometri parametrelerine ait çalışmaların sınırlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile dikdörtgen kanat profillerinde kanat açıklığı, kanat yüksekliği ve kanat kalınlığı için analizlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.

Ayrıca farklı akış şartlarında (Reynolds sayısının değişimi) kanat geometri (yüksekliği, genişliği, kalınlığı, açıklığı) değişiminin ısı transferi üzerine etkilerini ortalama Nusselt sayısı ile incelenmiştir.

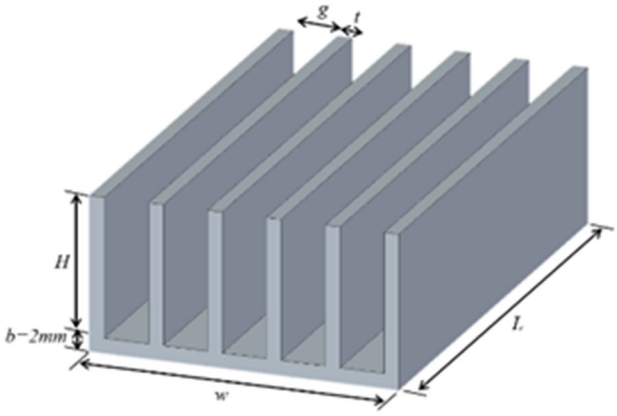
Literatürde yer alan çalışmalarda tek kanat geometrisi için (kanat sayısı, kalınlığı, yüksekliği, uzunluğunun sabit olduğu) deneysel ve sayısal çalışmaların yapıldığı gözlemlenmiştir (Adhikari vd., 2020; Sun vd., 2020; Chen vd., 2017). Bunun başlıca sebebi deneysel çalışmaların zaman ve maliyet açısından dezavantajlı olmasıdır. Önerilen

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

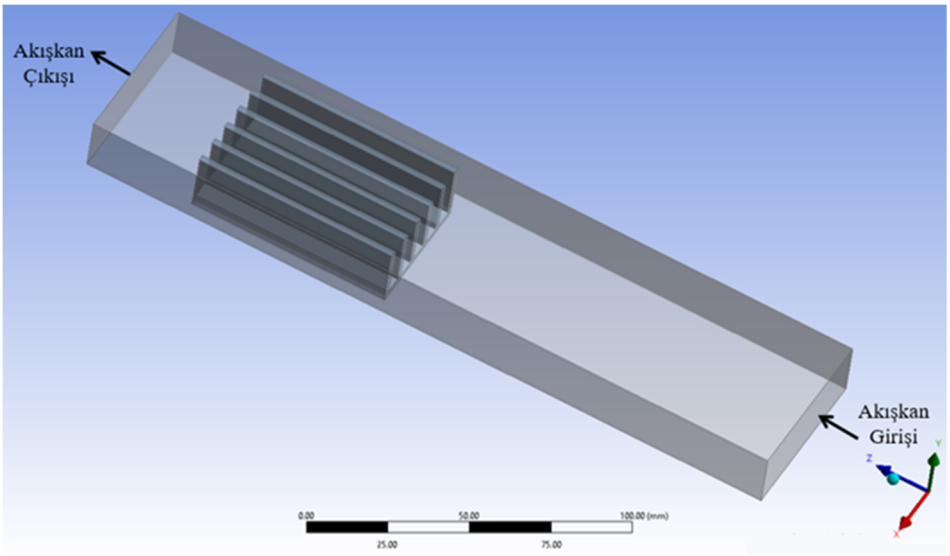
çalışmada sayısal analizler ile daha geniş aralıktaki geometrik parametreler için veriler elde edilecektir. Böylece literatürde olan bu açıklığa katkı sağlanmış olunabilecektir.

KAPSAM

Bir kanal içerisine yerleştirilmiş akışa paralel dikdörtgen kanatların ısıl performansı incelenmiştir. Şekil 1'de analizde ele alınacak kanat profilinin geometrisi ve sınır şartları verilmiştir. Kanat yüksekliği H, kanat kalınlığı t ve kanat uzunluğu L olarak ele alınacak sistemde, kanatlar hidrodinamik uzunluğun gerçekleştiği kanal ortasına yerleştirilmiştir.



(a)



(b)

Şekil1. Tasarım Geometrisi ve Sınır Şartları a) Isı Çukuru, b) Kanal Geometrisi

Problemde değişken olarak seçilecek tasarım parametreleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Çalışmada kanatlar arası boşluk (*g*), kanat yüksekliği (*H*) ve kanat kalınlığı (*t*) değerleri değiştirilerek üç farklı geometri için analizler yapılmıştır.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Tablo 1. Tasarım Parametreleri

Durum	Kanat Sayısı (n)	Kanat Açıklığı (g, mm)	Kanat uzunluğu (L, mm)	Kanat yüksekliği (H, mm)	Kanat kalınlığı (t, mm)
1	6	6	68	19.0	2
2	6	4	68	17.0	6
3	6	8	68	16.8	4

Tasarım geometrilerindeki kanat açıklığı, genişliği, uzunluğu ve kalınlığı, her bir durum için ısı transfer alanları eşit olacak şekilde seçilmiştir. Tablo 1'deki her durumda kanat yüzey alanlarının toplamı yaklaşık 0.0188 m²'dir.

Sistemde akışkan olarak hava (Pr=0.7) seçilmiştir. Akışkanın kanal giriş hızı u_∞, sıcaklığı T_∞ iken kanatların bulunduğu bölgenin üzerinden sabit ısı akısında sisteme ısı geçişi gerçekleşmektedir. Akış karakteristiklerinin incelenmesi için Reynolds sayısı 500≤Re≤3000 aralığında alınmıştır.

Modelleme sürekli rejim için yapılmıştır. Isı transferinde meydana gelecek değişimleri incelemek için ortalama Nusselt sayısı hesaplanmıştır. Ayrıca akış alanı ve ısı geçişini gözlemlemek için eş sıcaklık dağılımları çizdirilmiştir.

YÖNTEM

Aldağ ve Eker (Aldağ & Eker, 2018) mühendislik alanında yapılan çalışmalara ait matematiksel denklemlerin çözümlerinin zor ve karmaşık olduğunu, bu problemlerin çözümlerinde çeşitli sonlu eleman yazılımları yardımıyla modellenerek çözüme daha kısa sürede ulaşıldığını çalışmalarında raporlamışlardır. Bu çalışmada da sayısal analizler Ansys – Fluent 2023 R1 ticari paket programında yapılmıştır. Yönetici denklemler SMH (Sonlu Hacimler Metodu) kullanılarak ayrıklaştırılmıştır ve elde edilen denklemler, SIMPLE algoritması ve Second Order Upwind çözücü kullanılarak iteratif metotla çözülmüştür.

Bu çalışmada yapılan sayısal analizlerin doğrulanmasında literatürde yer alan Adhikari vd. (Adhikari vd., 2020) çalışmasında yer alan deneysel sonuçlar kullanılmıştır. Doğrulama analizlerinde kanal içerisinden türbülanslı akışta hidrodinamik giriş uzunluğu;

$$L_{h,türbülans} = 10\,D_h \tag{1}$$

formülü ile elde edilmiştir (Çengel, 2012).

Nusselt sayısı ise Denklem 2 aracılığıyla hesaplanmıştır (Çengel, 2012).

$$Nu = \frac{\bar{h}D}{k} \tag{2}$$

Tablo 2 incelendiğinde model ve çözüm metotlarının deneysel çalışma ile uyumlu olduğu görülmüş ve analizler bu doğrultuda yapılmıştır. Türbülanslı akış çözümlerinde, Adhikari vd. (Adhikari vd., 2020) makalesinde kullanıldığı gibi k-kl-ω

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

türbülans modeli kullanılmış ve problem çözümü için gerekli olan grid yapısı oluşturulurken polyhedral ağ yapısı uygulanmıştır.

Tablo 2. Doğrulama Çalışması

		Maksimum Sıcaklık (K)		
	Hava Hızı (m/s)	Bu Çalışma	Adhikari (2020)	Hata (%)
Q=7.06 W	4	303.64	304.11	0.1545
	6	301.74	302.53	0.2611
	8	300.59	301.29	0.2323
	10	299.6	299.52	0.0267
Q=13.4 W	4	313.02	313.87	0.2708
	6	309.4	309.34	0.0194
	8	307.19	307.52	0.1073
	10	305.35	305.83	0.1569

Ağdan bağımsızlık çalışması Tablo 3'te verilmiştir. Analizlerden elde edilen maksimum sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Farklı düğüm sayılarına göre yapılan ağdan bağımsızlık çalışmalarından elde edilen analiz sonuçlarına göre 7791822 düğüm noktası sayısından sonra maksimum sıcaklık değerleri düğüm noktası sayısından çok fazla etkilenmemiştir. Bu yüzden optimum ağ yapısı olarak 9781524 düğüm sayısına sahip ağ yapısı tercih edilmiştir.

Tablo 3. Ağdan Bağımsızlık

Mesh No	Düğüm Sayısı	Hücre Sayısı	Yüzey Sayısı	Maksimum Sıcaklık (K)
Mesh 1	656655	178902	947414	311.5300
Mesh 2	1635954	421441	2310924	310.9750
Mesh 3	3484295	852590	4826691	310.4700
Mesh 4	4666492	1116921	6409398	310.1408
Mesh 5	6354608	1491976	8660024	309.8800
Mesh 6	7791822	1815174	10595766	309.7837
Mesh 7	9781524	2252909	13236492	309.6500
Mesh 8	11263597	2524818	15107412	309.7200

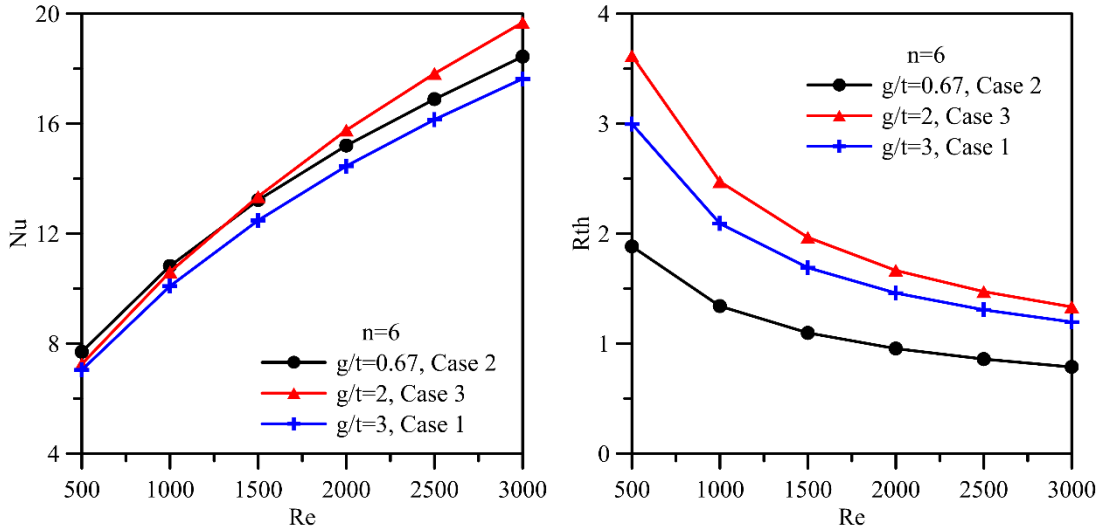
BULGULAR

Bu çalışmada kanat geometrisinin ısı transfer yüzey alanları eşittir. Böylelikle kanat geometri yapısındaki kanat aralığı, kanat kalınlığı ve kanat yüksekliğinin ısı transferi üzerine etkileri incelenebilecektir.

Şekil 1'de kanat sayısı aynı olan üç durum için Reynolds sayısı ve g/t oranı ile ilişkisinin

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

Nusselt sayısı ve Kanat direnci (*Rth*) değeri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu üç durumda kanat sayısı aynıdır.



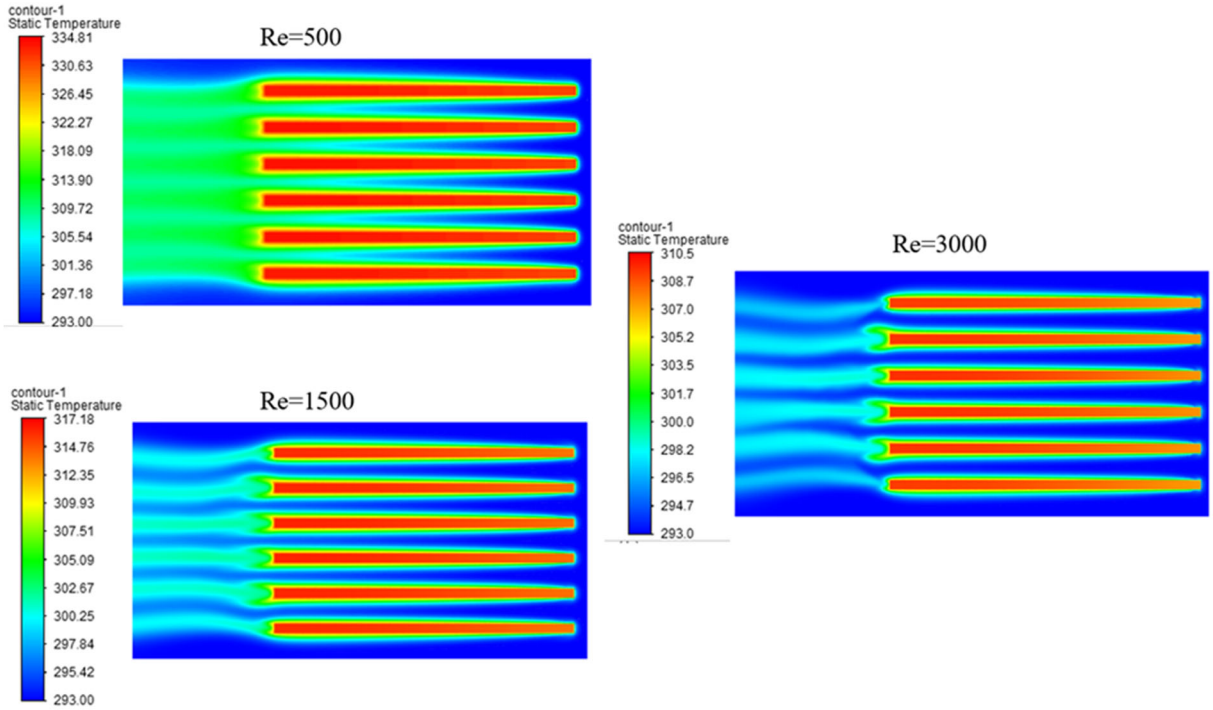
(a) (b)

Şekil 2. Reynolds Sayısının a) Nusselt Sayısı ve b) Rth Değeri Üzerine Etkisi

Bilindiği üzere Re sayısı arttıkça ortama Nusselt sayısı artış göstermektedir (Altaç ve Altun, 2014; Sert vd., 2023). Literatürde Reynolds sayısı ile Nusselt sayısı arasındaki ilişkiyi vurgulabilmek için korelasyonlar türetilmiştir (Sert vd., 2023; Adhikari vd., 2020). Türetilen koerelasyonlarda Reynolds sayısı ve Nusselt sayısı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da Re sayısı arttıkça Nu sayısı doğrusal olarak artış göstermiştir. Durum 1, Re 3000'deki ortalama Nu sayısı Re 500 durumuna göre 2.5 kat daha fazladır. Benzer şekilde Durum 1, Re 3000' deki kanat direnci Re 500 durumuna göre 2.5 kat azalmıştır. Şekil 2 de g/t oranı arttıkça ortalama Nu sayısının bu artışa bağlı olarak azalması beklenirken Durum 3 için ortalama Nu sayısı en yüksek değeri almıştır. Bu durumun nedeni ısı transfer yüzey alanlarının eşit olabilmesi için kanat yüksekliğinin de değişmesinden kaynaklanmaktadır (Tablo 1). Durum 2 ve Durum 3'ün kanat yükseklikleri hemen hemen aynı iken Durum 1'de kanat yüksekliğinin büyük olması bu duruma sebep olmaktadır.

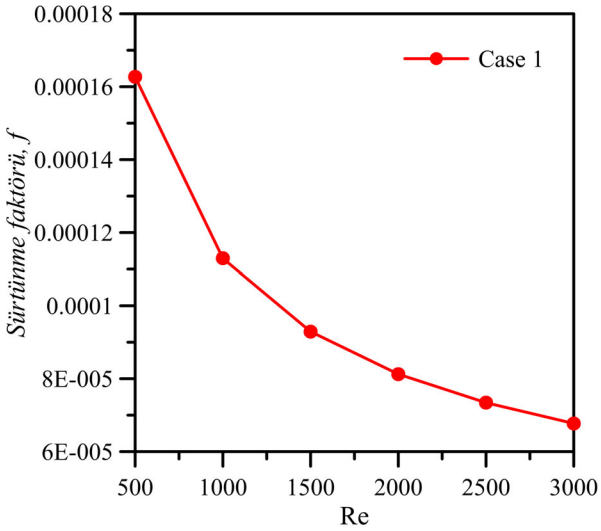
Durum1'in farklı Reynolds sayılarında sıcaklık dağılımları Şekil 3'te verilmiştir. Soğuk olan hava sıcak kanat aralarından geçip ısınmış, kanal çıkışına doğru yönlenmiştir. Re=500'de kanal çıkışı daha sıcak iken, artan Reynolds sayısı ile kanal çıkışında sıcaklığın daha düşük olduğu gözlenmiştir. Re=3000'de kanat aralarında sıcaklık gradyanı artmıştır. Böylelikle kanatlardan yeterince ısının çekildiği tespit edilmiştir.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484



Şekil 3. Durum 1 için Farklı Reynolds Sayılarının Sıcaklık Dağılımı Üzerine Etkisi

Durum 1 (Case 1)'deki sürtünme faktörünün Reynolds sayısı ile değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Sürtünme faktörü, bir borudaki akışkanın sürtünme kaynaklı yük ve basınç kaybıyla alakalı boyutsuz bir büyüklüktür. Sürtünme faktörü, akışkanın hızının karesi ile ters orantıdır. Şekil 4'te de Reynolds sayısı arttıkça sürtünme faktörü azalmıştır.



Şekil 4. Durum 1'in Reynolds Sayı Değişiminin Sürtünme Faktörü Üzerine Etkisi

Re=500'ün sürtünme faktörü, Re=3000'in sürtünme faktöründen 2.4 kat daha fazladır. Özellikle sürtünme faktörü pompalama gücünün hesaplanmasında ve doğru sistem

tasarımı yapılmasında oldukça önemli olduğu için bu çalışmada da hesaplanmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada hava içerisindeki sıcaklık dağılımını belirlemek için dikdörtgen kanatlı ısı çukurunun, akışa paralel yerleştirildiği durumda, ısı transferi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kanat yapılarında g/t oranının küçük olması ortalama Nu sayısını artırdığı görülmüştür. Ancak g/t oranın yanı sıra kanat yüksekliğinin de önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. Düşük Reynolds sayılarında kanatlar arasında oluşan ısıl tabakaların birbirleriyle çakışmaları sonucunda yeterince ısının çekilemediği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda dikdörtgen kesitli kanat geometrileri için daha fazla durumlar ele alınarak analizler çeşitlendirilmeli ve tartışılmalıdır.

Yazar Notu: Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ) BAP FBA-2023-2679 Projesi tarafından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Adhikari R. C., Wood D. H., & Pahlevani M., (2020). An Experimental and Numerical Study of Forced Convection Heat Transfer From Rectangular Fins at Low Reynolds Numbers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 163, 120418.

Ahmed, H. E. & Ahmed, M. I., (2015). Optimum thermal design of triangular, trapezoidal and rectangular grooved microchannel heat sinks. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 66, 47-57.

Ahmed, H. E., Salman, B. H., Kherbeet, A. S., & Ahmed, M. I., (2018). Optimization of thermal design of heat sinks: A review. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 118, 129–153. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.10.099

Aldağ, M. C., & Eker, B., (2018). Mühendislikte Sonlu Elemanlar Yönteminin Kullanım Alanı İncelemesi. *Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 13, 1-10.

Altaç, Z., & Altun, Ö., (2014). Hydrodynamically and thermally developing laminar flow in spiral coil tubes. *International Journal of Thermal Sciences*, 77, 96-107.

Awais, A. A., & Kim, M. H. (2020). Experimental and numerical study on the performance of a minichannel heat sink with different header geometries using nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, 171, 115125.

Bar-Chen, A., & Wang, P. (2012). Thermal Management of on-chip hot spot. *ASME Journal of Heat Transfer, 134*(5), 051017.

Bejan, A., & Sciubba, E. (1992). The optimal spacing of parallel plates cooled by forced convection. *Int. J Heat Mass Transf., 35*(12), 3259-3264.

Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & Dewitt, D. P. (2015). *Isı ve kütle geçişinin temelleri* (7. Bsk.). Palme Yayıncılık, (Bölüm 3).

Biber, C. R. (1997). Pressure drop and heat transfer in an isothermal channel with impinging flow. *IEEE Trans. Compon. Packag. Manuf. Technol. A*, 20, 458-462.

Chen, H. T., Tseng, H. C., Jhu, S. W., & Chang, J. R. (2017). Numerical and experimental study of mixed convection heat transfer and fluid flow characteristics of plate-fin heat sinks. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 111, 1050-1062.

Çengel, Y. (2012). *Isı ve kütle transferi* (3. Bsk.). Güven Bilimsel Kitapevi, (Bölüm 3).

Elshafei, E. A. M. (2010). Natural convection heat transfer from a heat sink with hollow/perforated circular pin fins. *Energy, 35*(7), 2870-2877.

Ghadhban, F. N., & Jaffal, H. M. (2023). Numerical investigation on heat transfer and fluid flow in a multi-minichannel heat sink: Effect of channel configurations. *Results in Engineering*, 17, 100839.

Huang, G. J., Wong, S. C., & Lin, C. P. (2014). Enhancement of natural convection heat transfer from horizontal rectangular fin arrays with perforations in fin base. *International Journal of Thermal Sciences*, 84, 164-174.

Hussain, A. A., Freegah, B., Halaf, B. S., & Towsyfyan, H. (2019). Numerical investigation of heat transfer enhancement in plate-fin heat sinks: Effect of flow direction and fillet profile. *Case Studies in Thermal Engineering*, 13, 100388.

İnci, A. B., & Bayer, Ö. (2019). Experimental and numerical study on heat transfer performance of square, cylindrical and plate heat sinks in external transition flow regime. *Journal of Thermal Science and Technology, 39*(2), 151-161.

Kwon, B., Maniscalco, N. I., Jacobi, A. M., & King, W. P. (2018). High power density air-cooled microchannel heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 118, 1276–1283.

Ledezma, G., & Bejan, A. (1996). Heat sinks with sloped plate fins in natural and forced convection. *Int. J Heat Mass Transf., 39*(9), 1773-1783.

Ma, Z., Hu, C., Ma, L., Chen, H., Hou, J., Hao, N., & Wei, J. (2023). Nanofluids in microchannel heat sinks for efficient flow cooling of power electronic devices. *Applied Materials Today*, 35, 101980.

Mokheimer, E. M. A. (2002). Performance of annular fins with different profiles subject to variable heat transfer coefficient. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 45*(17), 3631-3642.

Moradikazerouni, A., Afrand, M., Alsarraf, J., Mahian, O., Wongwises, S., & Tran, M. D. (2019). Comparison of the effect of five different entrance channel shapes of a micro-channel heat sink in forced convection with application to cooling a supercomputer circuit board. *Appl. Therm. Eng.*, 150, 1078-1089.

Pedram, M., & Nazarian, S. (2006). Thermal modeling, analysis, and management in VLSI circuits: principles and methods. *Proc IEEE*, 94, 1487-1518.

Peles, Y., Koşar, Mishra, A. C., Kuo C. J., & Schneider, B. (2005), Forced convective heat transfer across a pin fin micro heat sink. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 48*(17), 3615-3627.

Sadique, H., & Samsher Q. M. (2022). Heat Transfer Augmentation in Microchannel heat sink using secondary flows: A review. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 19, 123063.

Saeed, M., & Kim, M. H. (2018). Heat transfer enhancement using nanofluids (Al_2O_3-H_2O) in mini-channel heatsinks. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 120, 671-682.

Sarper, B., Türk, D.N., Dağıdır, K., & Aydın, O. (2023). Effects of Complete and Partial Cylindrical Fin Configurations on Thermohydraulic Performance of a Minichannel Heat Sink. *Journal of Engineering Sciences*, 26, 1156-1170.

Shafeie, H., Abouali, O., Jafarpur, K., & Ahmadi, G. (2013). Numerical Study of Heat Transfer Performance of Single-Phase Heat Sinks with Micro Pin-Fin Structures. *Applied Thermal Engineering, 58*(1-2), 68-76.

Sert, Z., Mahir, N., & Altaç, Z. (2024). Numerical investigation of mixed convection from rectangular cylinders subjected to upper cross flow. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, *85*(4), 570-591.

Soodphakdee D., Behnia M., & Coprland D. W. (2001). A Comparison of Fin Geometries for Heatsinks in Laminar Forced Convection: Part I - Round, Elliptical, and Plate Fins in Staggered and In-Line Configurations. *The International Journal of Microcircuits and Electronic Packaging, 24*(1), 68-76.

Sun, R., Songa, G., Zhanga, D., Deng, J., Su, G.H., Kulacki, F.A., Tian, W., & Qiu, S. (2020). Experimental study of single-phase flow and heat transfer in rectangular channels under uniform and non-uniform heating. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 114, 110055.

Teertstra, P., Yovanovich, M., & Culham, J. (2000). Analytical forced convection modeling of plate fin heat sinks. *Journal of Electronics Manufacturing, 10*(04), 253-261.

Toghraie, D., Abdollah, M. M. D., Pourfattah, F., Akbari O.A., & Ruhani, B. (2018). Numerical investigation of flow and heat transfer characteristics in smooth, sinusoidal and zigzag-shaped microchannel with and without nanofluid. J*. Therm. Anal. Calorim., 131*(2), 1757-1766.

Toprak, B. İ., Oskouei, S. B., Bayer, O., & Solmaz, I. (2022). Experimental and numerical investigation of a novel pipe-network mini channel heatsink. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, *136*(2022) 106212.

Zhang, C., Tang, Z., Zhang, Z., Shi, J., Chen, J., & Zhang, M. (2018). Impact of airside fouling on microchannel heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 128, 42–50.

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Removing heat from the system is very important in many engineering applications. Fast and effective removal of ever-increasing heat flux is a critical issue for thermal design engineers working in the field of heat transfer. Especially as the micro electric industry advances, the removal of heat flux becomes vital. Efficient cooling of electronic systems allows both the design of stronger and faster electronic systems and the reduction of the size of these devices. In this study, the effects of different fin parameters on thermal performance in the heat sink with rectangular cross-section fins used in electronic equipment were numerically examined. There are different studies in the literature examining the effects of fin structures on heat transfer. Teertstra et al. (Teertstra et al., 2000) experimentally studied laminar forced convection in which the flow is parallel to rectangular-section fins and proposed an analytical model. In their studies, the Reynolds number varied between 0.1 and 100. They used the FLOTHERM program for numerical analysis. Moradikazerouni et al. (Moradikazerouni et al., 2019) studied forced convection in rectangular plate fins and fin structures of different shapes. They investigated 3D air flow on the performance of microchannel heat sinks, where the channels can have five different configurations (circular, hexagonal, rectangular, triangular, and straight slot). The design variables were air inlet temperature (10°, 15°, 20°, 25°, and 30°), and air volumetric flow rate. The study also evaluated the thermal conductivity of different fabrication materials from which a heat sink can be made, including aluminum, alumina (92%), cobalt, silver, stainless steel, and copper. As a result of their studies, the effects of airflow rate (Reynolds number) and inlet temperature on Nusselt number and pressure drop are presented. Soodphakdee et al. (Soodphakdee et al., 2001) studied numerically the heat transfer performance of plate, round, elliptical, and square fin geometries on a horizontal surface. In order to simplify the analysis, the air velocity in the two-dimensional study varied between 0.5–5 m/s. As a result of the analysis, they found that rounded and stepped geometries were better than sharp and smooth-edged geometries in terms of heat transfer performance. İnce and Bayer (İnce & Bayer, 2019) numerically investigated the effects of square, cylindrical, and plate-fin heat sinks on heat transfer in transient flow. As a result of their numerical analysis, they derived a new correlation for the Nusselt number, considering the Reynolds number and dimensionless geometric parameters. According to the studies examined, it has been observed that studies on low Reynolds numbers and different fin geometry parameters in widely used rectangular cross-section fins are limited. **Aim:** Therefore, this study aims to perform analyses for different fin spacing, fin heights, and fin thicknesses in rectangular fin profiles. Three different geometry designs were selected for the heat sink with the rectangular plate fins. The number of fins (n=6) and the total surface area of the heat sink with rectangular plate fins in the three selected designs are constant. In order to keep the total surface area of the

ISSN Print: 2148-4783 Online: 2149-2484

heat sink with rectangular plate fin constant, the distance between the two fins (g), fin thickness (t), and fin height (H) are varied. Three heat sinks with rectangular plate fins are considered in this study: Case 1 (g=6 mm, t=2 mm, and H=19 mm), Case 2 (g=4 mm, t=6 mm, and H=17 mm) and Case 3 (g=8 mm, t=4 mm, and H=16.8 mm). Air (Pr = 0.7) was chosen as the fluid passing around the heat sink in the channel. Air enters the channel at constant temperature and velocity. The heat flux applied through the rectangular plate where the fins are located is the only heat source of the system. To examine the flow characteristics, the Reynolds number was taken in the range of 500≤Re≤3000. **Method:** The problem analyzed in a steady state regime was solved with the Ansys-Fluent® commercial package program. The governing equations are discretized using FVM (Finite Volume Method). SIMPLE algorithm and Second Order Upwind methods were used in solver settings, and k-kl-ω turbulence model was chosen for turbulent flow solutions. In the verification of numerical analyses, the experimental results of Adhikari et al.'s study (Adhikari vd., 2020) were used. It has been observed that the method and solution methods are compatible with the experimental study. In addition, grid independence studies were also carried out. In order to decide the optimum grid structure, the maximum fin temperature values in eight different grid structures were compared. Accordingly, the polyhedral grid structure with the number of nodes 9781524 was preferred as the optimum grid structure. **Results:** In order to examine the changes that occur in heat transfer, the mean Nusselt number was calculated and isotherms were drawn. In addition, fin resistance was also calculated for each case in order to quantify fin efficiency. As a result of the analysis, as the Reynolds number increased, the Nusselt number increased. For Case 1, the mean Nu number in Re=3000 is 2.5 times higher than in the Re=500. As it is known, small fin thermal resistance indicates high fin efficiency. In the study, it was determined that as the Reynolds number increases, the fin thermal resistance decreases. In case 1, the fin resistance at Re=3000 decreased by 2.5 times compared to the Re=500 case. A small g/t ratio in fin structures increased the mean Nusselt number. However, it has been determined that fin height is also an important parameter in addition to the g/t ratio. **Conclusion:** It has been determined that at low Reynolds numbers, sufficient heat is not removed as a result of the overlapping of the thermal layers formed between the fins. As a result, analyses should be diversified and discussed by considering more cases for rectangular plate-fin geometries.

UHMFD "Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi" 2014 yılı itibariyle yayın hayatına girmiştir. Dergimizde literatüre kaynak sağlayacak nitelik ve değerde 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 bildiriler için geçerlidir. Bu bildirilerin 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 bildirilerin mutlaka basılı materyali ile hakem onay raporları dergimiz yayın kuruluna ve baş editörlerine sunulmuş olmalıdır. Bu bilgi ve materyallere sahip olmayan bildirilere 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 işleyişineyönelik 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.

UHMFD - Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Kayaşehir Mah. Evliya Çelebi Cad. Başakşehir Emlak Konutları
1/A D Blok Kat: 4 Daire: 29 Başakşehir, İstanbul, Türkiye
Tel: +90 212 801 40 61 Fax: +90 212 801 40 62
info@guvenplus.com.tr