



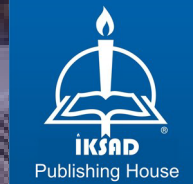
isarc

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

3. ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK KONGRESİ
3. INTERNATIONAL ENGINEERING AND ARCHITECTURE CONGRESS

EDITOR: Prof. Dr. Minahanım NURİYEVA

28-29 MAY 2022 DİYARBAKIR
CONGRESS BOOK



IKSAD
Publishing House



CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

3rd INTERNATIONAL ENGINEERING AND ARCHITECTURE CONGRESS

3.ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK KONGRESİ

DATE AND PLACE

28-29 MAY 2022

DİYARBAKIR

ORGANIZATION

ISARC

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Yasemin AĞAOĞLU

COORDINATOR

YUSUF SÖYLEMEZ

EDITOR

Prof. Dr. Minahanım NURİYEVA

ORGANIZING COMMITTEE

PROF. DR. ŞEFİK TÜFENKÇİ

DOÇ. DR. FATİH ÇİĞ

İBRAHİM KAYA

SEFA SALİH BİLDİRİCİ

Copyright © 2022 by iksad publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other non-commercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2022©

ISBN: 978-625-8377-93-4

Cover Design: İbrahim KAYA

April / 2022

Ankara / Turkey

Size = 21x29,7 cm



SCIENCE AND ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Abdullah ÖZTÜRK
Prof. Dr. Erdin BOZKURT
Prof. Dr. Hazim Abd Mohammed ALJEWAREE
Doç. Dr. Azimbaeva GULBAYRA
Doç. Dr. Cemil İNAN
Doç. Dr. Neslihan ŞAHİN
Doç. Nilay ÖZSAVAŞ ULUÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ALTUNAY
Dr. Öğr. Üyesi Hare KILIÇASLAN
Dr. Öğr. Üyesi İnan ÜNAL
Dr. Öğr. Üyesi Merivan ŞAŞMAZ
Dr. Öğr. Üyesi S. Sevinç ŞENGÖR
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ATMACA
Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL
Dr. Öğr. Üyesi Süleyman ADAK
Dr. Öğr. Üyesi Ümit YILDIRIM
Dr. Öğr. Üyesi Yaşar SUBAŞI
Dr. Ali ARSHAD
Dr. Ajay B. GADİCHA
Dr. Chandra MOHAN
Dr. Ghanshyam BARMAN
Dr. Mohamed El MALKİ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Alkıtıp University / Kırkuk - Iraq
Kazakh National Women's Pedagogical University
Mardin Artuklu Üniversitesi
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Süleyman Demirel Üniversitesi
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Munzur Üniversitesi
Adıyaman Üniversitesi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Adıyaman Üniversitesi
Mardin Artuklu Üniversitesi
Bayburt Üniversitesi
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
University Utara Malaysia
Sant Gadge Baba Amravati University
Ggsip University, Delhi, India
Uka Tarsadia University
Mohammed First University, Oujda, Morocco



ISARC

3. INTERNATIONAL ENGINEERING
AND ARCHITECTURE CONGRESS

28-29 MAY 2022

DIYARBAKIR

CONGRESS PROGRAM

Join Zoom Meeting:

Meeting ID: 822 6873 5945

Passcode: 8x9CNR

[Join Zoom Meeting](#)

PARTICIPATING COUNTRIES

zoom



Cloud Video Conferencing

Simple Online Meetings

Mobile Collaboration

Önemli, Dikkatle Okuyunuz Lütfen

- ❖ Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır.
- ❖ Online sunum yapabilmek için <https://zoom.us/join> sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz.
- ❖ Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur.
- ❖ Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir.
- ❖ Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor.
- ❖ Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden 5 dk öncesinde oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir.
- ❖ Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.
- ❖ Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.
- ❖ İsminizin başına salon isminizi yazınız. (S-2 Ahmet KORKMAZ) gibi

Dikkat Edilmesi Gerekenler- TEKNİK BİLGİLER

- ◆ Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- ◆ Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- ◆ Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir
- ◆ Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- ❖ To be able to attend a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session.
- ❖ The Zoom application is free and no need to create an account.
- ❖ The Zoom application can be used without registration.
- ❖ The application works on tablets, phones and PCs.
- ❖ The participant must be connected to the session 5 minutes before the presentation time.
- ❖ All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- ❖ Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

Points to Take into Consideration - TECHNICAL INFORMATION

- ◆ Make sure your computer has a microphone and is working.
- ◆ You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- ◆ Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- ◆ Requests such as change of place and time will not be taken into consideration in the congress program.

ÖNEMLİ NOT: SUNUMLARINIZI HEM TÜRKÇE HEM İNGİLİZCE HAZIRLAMANIZI RİCA EDERİZ.

28.05.2022
SATURDAY / 13:00-15:00

SESSION-1 HALL-1
MODERATOR: Prof. Dr. Minahanım Nuriyeva

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Ezgi TANRIVERDİ Ezgi CEMRİ Doç. Dr. Dilek ÖZTAŞ Prof. Dr. Ergün ERASLAN	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	AYAKTA ÇALIŞMALARDA SAĞLIK SORUNLARI
Ezgi CEMRİ Ezgi TANRIVERDİ Doç. Dr. Dilek ÖZTAŞ Prof. Dr. Ergün ERASLAN	Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi	HAVAI ÇALIŞMA PLATFORMLARI ÇALIŞMALARINDA OLUŞABİLECEK RAHATSIZLIKLAR VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ
Sebahattin BEYCUR Ömer Osman DURSUN	Fırat Üniversitesi	ELAZIĞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRAL YERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ
Filiz ATEŞ Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Salih GÜNAYDIN	İnönü Üniversitesi	MALATYA/İNÖNÜ CADDESİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN MEKÂNSAL ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ
Cavit Berkay YILMAZ Vahdettin DEMİR Mehmet Faik SEVİMLİ Prof. Dr. Minahanım Nuriyeva	KTO Karatay Üniversitesi	YILLIK ORTALAMA GÜNEŞ RADYASYONU VERİLERİNİN TAHMİNİ
Hüseyin KARAALP Celal Can KAYA Zülal AKKAN Seytap ERDEM M. Fatih AKAY	Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi	DOĞU SLAV MİMARİ ABİDELERİNDE TÜRK İZLERİ
	Trendyol Çukurova University	WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM

28.05.2022
SATURDAY / 13:00-15:00

SESSION-1 HALL-2
MODERATOR: Assist. Prof. Dr. Onur AKBATI

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
İpek AYTAC	University of Turkish Aeronautical Association	UPGRADING OF THE PERFORMANCE OF A HEAT EXCHANGER UTILIZING GRAPHENE/WATER NANOFUID
Mustafa Fatih MACİT Dr. Öğr. Üyesi Onur AKBATI	Yıldız Technical University	SAVAŞ UÇAĞI BOYLAMSAL EKSENİ OPTİMAL KONTROLÜ VE GÖZLEYİCİ TASARIMI
Hilal ÖZKAN Emek Möröydor DERUN	Yıldız Technical University	METAL DOPLAMA YÖNTEMİYLE GÖZENEK BOYUTU ARTTIRILMIŞ JEOPOLİMERLERİN METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ
Onur KIYILI	Epsan Plastik	CAM ELYAF / PBT KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRMA SONRASI HİDROLİZ DAYANIMININ İNCELENMESİ
Kahraman Bekir INDI Didem OVALI-DÖNDAŞ	Osmaniye Korkut Ata University	Production and characterization of Al-3 wt.% Fe composites produced by mechanical alloying and microwave sintering techniques
Asst. Prof. BEDİ CENK BALÇIK Tuğberk ŞAKAR	Başkent University	ZIRH ÇELİĞİ PLAKALARININ KÖŞE BİRLEŞİM BÖLGELERİNDE YAPILAN GÜÇLENDİRMEİN BALİSTİK DEĞERLENDİRİLMESİ
Eyüp KAYMAZ Suat TORAMAN	MEB Fırat Üniversitesi	DERİN ÖZELLİKLER KULLANILARAK EVRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI İLE RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLERDEN KEMİK YAŞI TAHMİNİ
Furkan TÜRÜN Sıtkı USLU	TOBB University of Economics and Technology	DEVELOPMENT OF A PRELIMINARY AEROTHERMAL DESIGN TOOL FOR AIRBREATHING PROPULSION SYSTEMS: TURBOJET, TURBOFAN, RAMJET AND SCRAMJET ENGINES

28.05.2022
SATURDAY / 13:00-15:00

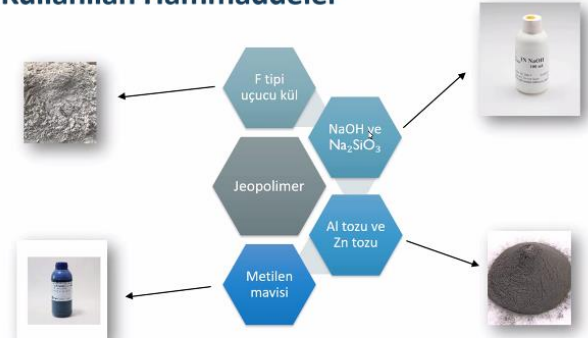
SESSION-1 HALL-3
MODERATOR: Assist. Prof. Dr. Emine Elif NEBATİ

AUTHORS	AFFILIATION	TOPIC TITLE
Doğukan TUNCER Asst. Prof. Dr. Eylem YILMAZ ULU	Pamukkale University	ELECTROMECHANICAL REGENERATIVE SUSPENSION SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS
Dr.Öğr.Üyesi Emine Elif NEBATİ	Istanbul Sabahattin Zaim University	TÜRKİYE VE AVRUPA ÜLKELERİ AR-GE GÖSTERGELERİNİN ÇKVV TEKNİKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI
Fatmanur PAMUK Dr. Öğretim Üyesi Fatma ŞAHMURAT	Aksaray Üniversitesi	KARVAKROL VE TİMOLÜN ET VE ET ÜRÜNLERİ İÇİN RİSK TAŞIYAN PATOJENLERE BİRLİKTE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Kübra Nur KÜÇÜK Fatma AYDIN ÜNAL	Alanya Alaaddin Keykubat University	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DOPED CERIUM OXIDE BASED MATERIALS
Mustafa BOZDEMİR	Kırıkkale Üniversitesi	UZMAN SİSTEM ESASLI KARAR VERME: CNC SEÇİM UYGULAMASI
Osman UYSAL	Malatya Turgut Ozal University	TÜRKİYE KURU KAYISI İHRACATININ ÖNGÖRÜLMESİNDE ARIMA MODELİNİN KULLANIMI
Mustafa BOZDEMİR	Kırıkkale Üniversitesi	MEKANİK SİSTEMLERİN TASARIMDA KULLANILAN BİLGİ TEMSİL YAPILARININ İNCELENMESİ
Nihat AYDIN Emel KİLİT DOĞAN	Van Yuzuncu Yıl University	PRhSe KRİSTALİNİN YAPISAL, ELEKTRONİK VE ELASTİK ÖZELLİKLERİNE BASINCIN ETKİSİ

PHOTO GALLERY

Kaydediliyor... S-2 Hilal Özkan ekranını görüntüyorsunuz Görüntü Seçenekleri Görünüm

Kullanılan Hammaddeler



F tipi uçucu kül

NaOH ve Na_2SiO_3

Jeopolimer

Al tozu ve Zn tozu

Metilen mavisi

S-2 Emek Mordıyör Derun

S-2 Onur Kıyılı

S-2 Hilal Özkan

S-2 Eyüp KAYMAZ

(S-2) Furkan Tür...

S-2 Tuğberk ŞAKAR

(S-2) Furkan Türün

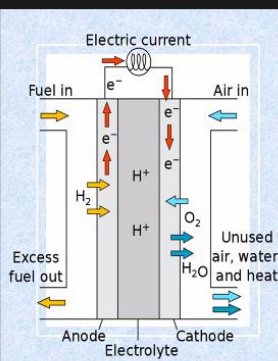
S-2 KAHRAMA...

S-2 KAHRAMAN BEKİR İNDİ

Sessiz al Videoyu Durdur Katılımcılar 9 Sohbet Ekran Paylaşımı Kaydı Duraklat/Durdur Ara Odaları Tepkiler Uygulamalar Odadan Çık

Kaydediliyor... s-3 Kubranur Kucuk ekranını görüntüyorsunuz Görüntü Seçenekleri Görünüm

WHAT IS THE FUEL CELL?



WHAT IS THE FUEL CELL?

Fuel cells, like batteries and other batteries, generate electricity by performing electrochemical cycles with the energy they store and their lifespan is short. However, fuel cells; produces electricity by electrochemical means as long as there is air and fuel input without stored energy. In the electrolysis reaction of water, hydrogen and oxygen combine into water. Electrons released during the oxidation of hydrogen gas to H^+ ions in the cathode layer move from the external circuit to produce electricity. As long as the fuel input is in the system, and that fuel ignites or creates a reaction, as well as the cycle that converts chemical energy into electricity electrochemically, is not over until it is interrupted.(2)

Yakıt pilleri akü ve diğer piller gibi elektrokimyasal yollarla elektrik üretir. Pili ve akülü, depoladıkları enerji ile elektrokimyasal çevrim gerçekleştirerek elektrik üretimi sağlar ve ömürleri kısadır. Oysa yakıt pilleri; depolanmış enerji olmaksızın hava ve yakıt girişi olduğu sürece elektrokimyasal yollarla elektrik üretir. Suyun elektrolizi tepkimesinde katot elektrolitinde hidrojen, anot elektrolitinde oksijen gazı olarak bileşenlerine ayrılırken yakıt pilli sisteminde tam tersi şekilde, hidrojen ve oksijen birleşerek suya dönüşür. Hidrojen gazının katot tabakasında H^+ iyonuna yükseltgenmesi sırasında açığa çıkan elektronlar dış devreden hareket ederek elektrik üretimi gerçekleştirir. Sözüme yakıt girişi olduğunda ve o yakıtı ateşleyen veya reaksiyon oluşturmaya sağlarken, aynı zamanda oksijen girişi olduğu sürece kimyasal enerjiyi elektrokimyasal yolla elektrığe çeviren döngü kesilmedikçe enerji üretimi bitmez.

S-3 Mustafa Bozdemir

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE A...

S-3 Eylem YILMAZ ULU

Doğukan TUNCER

S-3 Kubranur Kucuk

Osman Uysal

S3. M Bozdemir

S-3 nihat aydin

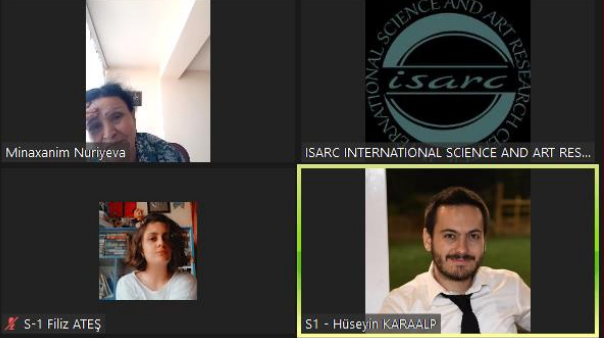
S3. M Bozdemir

Sesi aç Videoyu Başlat Katılımcılar 8 Sohbet Ekran Paylaşımı Kaydı Duraklat/Durdur Ara Odaları Tepkiler Uygulamalar Odadan Çık

Kaydediliyor... S1 - Hüseyin KARAALP ekranını görüntüyorsunuz Görüntü Seçenekleri Görünüm

CONCLUSION

- ✓ With the study, all in-warehouse processes were transformed into a separate application independent of each other.
- ✓ A system has been developed in which different processes can be easily adapted in all warehouses operated within Trendyol.
- ✓ Warehouse management system applications in the market are generally designed as a monolithic product. The most important benefit obtained with the product that emerged within the scope of the study is that it eliminates the dependencies between the processes.
- ✓ With the asynchronous designs to be applied, order-product matching has been automated and made independent of user initiative.
- ✓ Thanks to this development, errors that may arise from user decisions have been prevented.



Celal Can Kaya

Celal Can Kaya

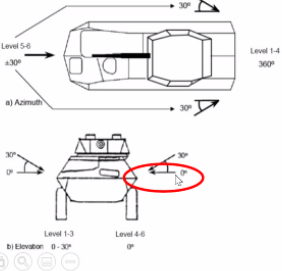
Sessize al Videoyu Başlat Katılımcılar 5 Sohbet Ekran Paylaşımı Kaydı Duraklat/Durdur Ara Odaları Tepkiler Uygulamalar Odadan Çık

Kaydediliyor... S2-Tuğberk ŞAKAR ekranını görüntüyorsunuz Görüntü Seçenekleri Görünüm

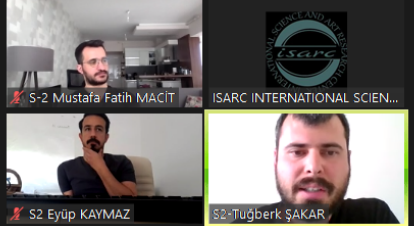
Dr. Öğr. Üyesi BEDI CENK BALÇIK
Tuğberk ŞAKAR

BAŞKENT
ÜNİVERSİTESİ

2. ATIŞ YÖNLERİ VE SENARYOLAR



- Add-on zırh sistemlerinin bileşim bölgeleri
- Kaynaklı gövde birleşim bölgeleri
- Ekipman yerleşimi nedeni ile oluşan zırh boşlukları



S-2 KAHRAMA...

S-2 KAHRAMAN BEKİR İNDİ

(S-2) Furkan Tür...

S-2 Emek Mörö...

(S-2) Furkan Türün

S-2 Emek Möröyör Derun

Onur Kıyılı

didem ovalı döndaş

Sessize al Videoyu Başlat Katılımcılar 10 Sohbet Ekran Paylaşımı Kaydı Duraklat/Durdur Ara Odaları Tepkiler Uygulamalar Odadan Çık

Zoom Toplantı

Kaydediliyor...

2 Materials and Methods

2.1 Properties of Graphene

Table 1 The specifications of graphene nanoplatelet

Purity (%)	99.9
Thickness (nm)	3
Diameter/characteristic length (μm)	1.5
Density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	2267
Thermal conductivity ($\text{W}\cdot\text{mK}^{-1}$)	3000
Specific heat ($\text{J}\cdot\text{kgK}^{-1}$)	1528
Specific surface area (SSA) $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$	800
Color	Black

Graphene completes the family of different carbon allotropes stable at ambient conditions:
It is a two-dimensional allotrope of carbon.

Participants:

- S-2 Mustafa Fatih MACİT
- ISARC INTERNATIONAL ...
- S2- Eyüp Kaymaz
- S-2 Onür Kiyili
- S2-Tudberk ŞAKAR
- S-2 Hilal Özkan
- S-2 İpek AYTAÇ
- (S-2) Furkan Tür...
- S-2 Emek Mörö...
- S-2 İpek AYTAÇ
- (S-2) Furkan Türün
- S-2 Emek Möröydor De...
- S-2 KAHRAMA...
- S-2 KAHRAMAN BEKİR I...

Windows Taskbar: 32°C Güneşli, 13:07, 28.05.2022

Kaydediliyor...

HAVAİ ÇALIŞMA PLATFORMLARI ÇALIŞMALARINDA OLUŞABİLECEK RAHATSIZLIKLAR VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ

EZGİ CEMRİ

Participants:

- Ezma Tanrıverdi
- ISARC INTERNATIONAL SCIENCE A...
- Minaxanim Nuriyeva
- S-1 Ezgi CEMRİ
- S-1 Filiz ATEŞ
- S1 - Hüseyin KARAALP
- Cavit Berkay YIL...
- Cavit Berkay YILMAZ
- S-1 Sebahattin BEYCUR

Kaydediliyor...

S-3 Doğukan TUNCER ekranını görümlüyorsunuz

Görüntü Seçenekleri

Görünüm

3. ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK VE MİMARLIK KONGRESİ

28-29 Mayıs 2022
Diyarbakır

ELEKTROMEKANİK REJENERATİF SÜSPANSİYON SİSTEMİ TASARIMI VE ANALİZİ

Doğukan TUNCER
Dr. Öğr. Üyesi Eylem YILMAZ ULU

S-3 Eylem YILMAZ ULU

S-3 Doğukan TUNCER

emine.nebati

S-3 Nihat AYDIN

Fatmanur Pamuk

S3. M Bozdemir

S3. M Bozdemir

ISARC INTERNATIONAL ...

Osman Uysal

S-3 Kubranur Kucuk

S-3 Mustafa Bozdemir

Fatma S.

Sessize al Videoyu Durdur

Katılımcılar 11

Sohbet

Ekran Paylaşımı

Kayı Duraklat/Durdur

Ara Odaları

Tepkiler

Uygulamalar

Odadan Çık

Kaydediliyor...


S-1 Ezgi CEMRİ ekranını görümlüyorsunuz

Görüntü Seçenekleri

Görünüm

KORUMA TEDBİRLERİ

Çalışanlara platformlu sistemlerle beraber yapılan işe ve standartlara uygun bağlantı halatları, kancalar, makaralar, halkalar, sapanlar ve benzeri bağlantı tertibatları; gerekli hallerde iniş ve çıkış ekipmanları, enerji sönmüleyici aparatlar, yatay ve dikey yaşam hatlarına bağlantıyı sağlayan halat tutucular ile koruma sağlanır.



Ezgi CEMRİ

Minaxanim Nuriyeva

S-1 Filiz ATEŞ

Cavit Berkay YILMAZ

S-1 Sebahattin BEYCUR

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ...

S-1 Ezgi CEMRİ

S1 - Hüseyin KARAALP

S

Sessize al Videoyu Başlat

Katılımcılar 8

Sohbet

Ekran Paylaşımı

Kayı Duraklat/Durdur

Ara Odaları

Tepkiler

Uygulamalar

Odadan Çık

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

AYAKTA ÇALIŞMALARDA SAĞLIK SORUNLARI	1
Esmâ TANRIVERDİ	1
Dilek ÖZTAŞ	1
Ergün ERASLAN	1
HAVAI ÇALIŞMA PLATFORMLARI ÇALIŞMALARINDA OLUŞABİLECEK RAHATSIZLIKLAR VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ	1
Ezgi CEMRİ	1
Esmâ TANRIVERDİ	1
Dilek ÖZTAŞ	1
Ergün ERASLAN	1
METAL DOPLAMA YÖNTEMİYLE GÖZENEK BOYUTU ARTTIRILMIŞ JEOPOLİMERLERİN METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ	1
Hilal ÖZKAN	1
Emek Möröydor DERUN	1
TURKISH TRACES ON EASTERN SLAVIC ARCHITECTURAL MEMORIES	1
DOĞU SLAV MİMARLIK ABİDELERİNDE TÜRK İZLERİ	1
Prof. Dr. Minahanım Nuriyeva (Tekeli)	1
DERİN ÖZELLİKLER KULLANILARAK EVRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI İLE RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLERDEN KEMİK YAŞI TAHMİNİ	1
Eyüp KAYMAZ	1
Suat TORAMAN	1
ELAZIĞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRAL YERLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ	1
Sebahattin BEYCUR	1
Ömer Osman DURSUN	1
UPGRADING OF THE PERFORMANCE OF A HEAT EXCHANGER UTILIZING GRAPHENE/WATER NANOFUID	1
İpek AYTAÇ	1
ZIRH ÇELİĞİ PLAKALARININ KÖŞE BİRLEŞİM BÖLGELERİNDE YAPILAN GÜÇLENDİRMENİN BALİSTİK DEĞERLENDİRİLMESİ	1
Asst. Prof. Dr. BEDİ CENK BALÇIK	1
Tuğberk ŞAKAR	1
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DOPED CERIUM OXIDE BASED MATERIALS	1
Fatma AYDIN ÜNAL	1
Kübra Nur KÜÇÜK	1
SAVAŞ UÇAĞI BOYLAMSAL EKSENİ OPTİMAL KONTROLÜ VE GÖZLEYİCİ TASARIMI	1
Mustafa Fatih MACİT	1
Dr.Öğr.Üyesi.Onur AKBATI	1
MEKANİK ALAŞIMLAMA VE MİKRODALGA SİNTERLEME TEKNİKLERİ İLE ÜRETİLEN AL- AĞ.% 3 FE KOMPOZİTLERİNİN KARAKTERİZASYONU	1

Kahraman Bekir İNDİ.....	1
Didem OVALI-DÖNDAŞ	1
TÜRKİYE VE AVRUPA ÜLKELERİ AR-GE GÖSTERGELERİNİN ÇKVV TEKNİKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	1
Emine Elif NEBATİ	1
UZMAN SİSTEM ESASLI KARAR VERME: CNC SEÇİM UYGULAMASI.....	1
Mustafa BOZDEMİR	1
MEKANİK SİSTEMLERİN TASARIMDA KULLANILAN BİLGİ TEMSİL YAPILARININ İNCELENMESİ	1
Mustafa BOZDEMİR	1
MALATYA/İNÖNÜ CADDESİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN MEKÂNSAL ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ	1
Filiz ATEŞ.....	1
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Salih Günaydın.....	1
YILLIK ORTALAMA GÜNEŞ RADYASYONU VERİLERİNİN TAHMİNİ	1
Cavit Berkay Yılmaz.....	1
Vahdettin Demir	1
Mehmet Faik Sevimli.....	1
WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM.....	1
Hüseyin KARAALP.....	1
Celal Can KAYA.....	1
Zülal AKKAN	1
Sevtap ERDEM	1
M. Fatih AKAY	1
METAL DOPLAMA YÖNTEMİYLE GÖZENEK BOYUTU ARTTIRILMIŞ JEOPOLİMERLERİN METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ	1
Hilal ÖZKAN.....	1
Emek Möröydor DERUN.....	1
CAM ELYAF / PBT KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRMA SONRASI HİDROLİZ DAYANIMININ İNCELENMESİ	1
Onur KIYILI	1
DEVELOPMENT OF A PRELIMINARY AEROTHERMAL DESIGN TOOL FOR AIRBREATHING PROPULSION SYSTEMS: TURBOJET, TURBOFAN, RAMJET AND SCRAMJET ENGINES	1
Furkan TÜRÜN	1
Sıtkı USLU.....	1
ELECTROMECHANICAL REGENERATIVE SUSPENSION SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS	1
Doğukan TUNCER ¹	1
Asst. Prof. Dr. Eylem YILMAZ ULU ²	1
KARVAKROL VE TİMOLÜN ET VE ET ÜRÜNLERİ İÇİN RİSK TAŞIYAN PATOJENLERE BİRLİKTE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	1
Fatmanur PAMUK	1



Fatma ŞAHMURAT	1
TÜRKİYE KURU KAYISI İHRACATININ ÖNGÖRÜLMESİNDE ARIMA MODELİNİN KULLANIMI	1
Osman UYSAL.....	1
PRhSe KRİSTALİNİN YAPISAL, ELEKTRONİK VE ELASTİK ÖZELLİKLERİNE BASINCIN ETKİSİ.....	1
Nihat AYDIN	1
Emel KİLİT DOĞAN	1

AYAKTA ÇALIŞMALARDA SAĞLIK SORUNLARI

Esma TANRIVERDİ

Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı; Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi,
Ankara, Türkiye

Dilek ÖZTAŞ

Doç. Dr., Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı; Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Ergün ERASLAN

Prof. Dr., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı; Ankara Yıldırım
Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Özet

Çalışma hayatında yapılan işlerin büyük çoğunluğu oturarak ya da ayakta gerçekleştirilmektedir. Ayakta çalışma konusunda faydalı ve zararlı olduğuna dair iki ayrı görüş bulunmaktadır. Ayakta çalışmanın faydalı olduğunu savunan görüş çoğunlukla masa başı işlerde çalışanlar için geçerli olmaktadır. Hayatının önemli bir kısmını ve günün büyük bir bölümünü masa başında geçirenler kas-iskelet sistemleri sağlığını koruyabilmeleri için bedeni destekleyen bir çalışma koltuğu kullanılmalı, düzenli egzersiz yapılmalı, belirli aralıklarla masa başından kalkarak kısa yürüyüşler yapmalıdırlar. Bilindiği üzere ayakta durmak, oturmaktan daha fazla efor sarf etmemizi sağlamaktadır. Bunun sonucunda uzun süreli oturmanın sebep olabileceği kalp rahatsızlıkları, obezite, yüksek tansiyon gibi hastalıkların ortaya çıkma ihtimali azalmaktadır. Bir diğer görüş ise ayakta çalışmanın sağlığa zararlı olduğudur. Güvenlik görevlisi, tezgâhtar, garson gibi mesleklere mensup insanlar uzun süre ayakta çalışmaktadırlar. Dolayısıyla başta ayak sağlığı sorunları olmak üzere birçok sağlık sorununa maruz kalmaktadırlar. Vücutta hareket azaldıkça kan dolaşımı da azalmaktadır. 10 saat ve üzeri çalışanların sürekli ayakta durmaları sonucu tüm vücut yükü ayaklara ve bacaklara binmektedir. Bu kişiler gün içerisinde yeteri kadar dinlenemediklerinde varis problemi ile karşılaşmaktadırlar. Bu iki farklı görüş ışığında oturma ve ayakta kalma sürelerinin dengeli şekilde olması sağlanmalıdır. Bu sayede kan şekeri düzeyinin düşmesi, sırt ve bel bölgesindeki baskının azalması gibi faydalar görülebilecektir. Ayrıca çalışma pozisyonunun belirli aralıklarla değiştirilmesi dik bir duruşa sahip olmak konusunda destekleyici olmaktadır. Ancak çalışma pozisyonu olarak ayakta durmak hareket alanının daha geniş olmasını sağladığından daha çok tercih edilmektedir. Bu durumda çalışma alanının çalışan kişiye uygun olacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Çalışanın ayak konumunu rahatça değiştirebilmesi için yeterli alan olması gerekmektedir. Bu çalışmada ayakta çalışan kişilerde meydana gelen sağlık sorunları incelenmiş ve bunların önüne geçilmesi için yapılması gerekenler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çalışma Pozisyonu, Ayakta Çalışmalar, Oturarak Çalışmalar

Giriş

Çalışma hayatı, çalışanların sağlıklı bir hayat sürmelerine engel olabilecek pek çok tehlike ve risk barındırmaktadır. Çalışanlar başta kas-iskelet sistemi sorunları olmak üzere dolaşım ve diğer vücut sistemlerinde birçok sağlık sorunu ile karşılaşmaktadırlar. Bu sağlık sorunlarının sonucu olarak çalışanların sadece iş hayatı değil sosyal hayatı da olumsuz şekilde etkilenmektedir. Günümüzde insana verilen değer artması ile çalışanın işyerine değil işyerinin çalışana uygun olması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda; “Ergonomi” yani işbilimi devreye girmektedir. İşin niteliğine göre çalışma pozisyonu da farklılık göstermektedir. Çalışma pozisyonunu oturarak ve ayakta çalışma olarak temelde ikiye ayırmak mümkündür. Hangi çalışma pozisyonunun sağlığa daha uygun olduğu konusunda fikir ayrılığı bulunmaktadır.

Oturarak çalışmalarda masa başı işler ilk sırada gelmektedir. Masa başı işlerde çalışanlar günün uzun bir bölümünü hatta hayatlarının önemli bir kısmını oturarak geçirmektedirler. Bu kişiler için oturdukları koltuğun konforu son derece önemlidir. Çalışan için yeterli konforun sağlanması sadece sağlık yönünden değil yapılan işin verimi açısından da fayda sağlamaktadır.

Çalışan için geniş bir hareket alanı sağlaması bakımından çalışma pozisyonu olarak en çok tercih edilen ayakta durmaktır. Büyük çalışma alanlarında oturarak çalışma zorlayıcı olacağından ayakta çalışma tercih edilmektedir. Bunun bir nedeni de ayakta durmanın çalışma ortamında yer tasarrufu sağlayacak olmasıdır. Çalışma alanının altında ayaklar yeterince rahat hareket ettiremiyorsa ayakta çalışma tavsiye edilmektedir. Ayakta çalışmalarda oturarak çalışmaya göre daha az omuz ve boyun kas aktivitesi gerçekleşmektedir. Çalışma ortamı hazırlanırken dikkate alınacak en önemli nokta iş görenin özellikleri olmalıdır. İş ve iş gören arasında uyum sağlanması için çalışma alanı işi yapan kişinin fiziksel özelliklerine ve kapasitesine uygun olmalıdır. Uygun çalışma ortamı işin gereklerini yerine getirmesinin yanı sıra çalışanın ihtiyaçlarını da karşılaması gerekir. Böylece iş görenin gerekli faaliyetlerde bulunması için minimum seviyede güç sarf etmesi sağlanmış olacaktır. Burada genel amaç iş görenin ve işin performansının olabilecek en yüksek düzeye çıkarılmasıdır. Dolayısıyla iş gören ve iş arasındaki uyum sağlandığında en az yorgunlukla en yüksek verim elde edilebilecektir. Zaten ergonominin temel mantığı minimum yorgunluk ile maksimum verim elde edilmesidir.

Ergonomi

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile farklı iş alanlarında değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimler birçok sıkıntıyı da beraberinde getirmektedir. Bu sıkıntılar insanların (çalışanların) antropometrik, fizyolojik ve psikolojik açıdan yıpranmasına neden olur. Bunlardan dolayı da verimlilik, kalite gibi önemli kıstaslarda körelmeler meydana gelmektedir.[4]

İşte tam bu noktada ergonomi ortaya çıkmaktadır. Ergonomi, insanın fiziksel ve psikolojik durumlarını irdeleyerek insanın makine ve çevreyle olan ahengini doğal ve teknik olarak araştırma ve geliştirme çalışmaları topluluğudur. Yunanca 'da Ergo iş, nomos ise yasa anlamına gelmektedir. İnsanı anatomik, antropometrik, fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik açıdan inceleyen ve insanın tahammül edebileceği sınırları keşfeden bilim dalıdır. İşin insanla, insanın işle olan uyumunu araştırır. Ergonomide asıl hedef maksimum verimlilikle minimum yorgunluktur. İş gören ile teknik sistem arasındaki bağlantıyı araştıran ve en iyi duruma getirmeye çalışan bilim dalıdır. Ergonomiye işveren açısından bakarsak işveren, çalışanlarının keyifsiz bir şekilde çalışmasını istemez. Çalışanların rahat bir ortamda çalışması en az işveren kadar önemli konudur. Çünkü çalışanların rahatlığının belli bir seviyeye gelmesi verimliliğin yükselmesini sağlar, bu da üretimde iyileştirmeye gider. İşte ergonomi bu konfor ortamında devreye girer. Ergonomi çalışan personelin bu rahatlığını en iyi şekilde sağlayarak verimliliği en iyi düzeye çıkarır. Yani ergonomi insan-makine-çevre etkileşimini en iyi biçimde sağlar. Ya çalışma ortamını insanın (çalışanın) konforuna göre düzenler ya da insanı (çalışanı) çalışma yapabileceği ortamlarda istihdam eder. Ergonomi bunları yaparken pek çok etmeni göz önünde bulundurur ve pek çok konuyu ele alır. Bu da ergonominin bir bilim dalı olmasının önünü açar.[4]

Ergonomi sadece iş hayatına yön veren bir bilim dalı değildir. Gündelik hayatımızda da ergonomi bulunduğumuz pek çok ortamı düzenleyebilmektedir. Evlerimizde kullandığımız koltuklardan yazı yazdığımız kalemlere kadar pek çok şeyde ergonomik detaylar mevcuttur. Çalışanın iş hayatında karşılaştığı sağlık sorunları sadece işyerinde bulunduğu zamanları değil gündelik hayatı da etkilemektedir. Dolayısıyla ergonomi hayatımızın bütünü için önemli bir bilim dalı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi

Çalışanlar gün boyunca birçok farklı pozisyonda çalışmaktadırlar. Bu pozisyonların neredeyse tümünde çalışmalarını ergonomi kurallarına aykırı yapmaktadırlar. Ergonomi sergilenen bu pozisyonların tümü için en sağlıklı çalışma kıstaslarını araştırmış ve analizini yapmıştır.[4]

Oturarak Çalışma Hakkında

Durağan yaşamın fiziksel, mental ve erken ölümle irtibatı bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde oturma zamanlarının uzun olması ile kansere yakalanma riskinin yüksek olması arasında ilişki olduğunu ileri sürmektedir. Oturma zamanının uzamasının ölüm riskini artırdığının bilinmesine rağmen gün içerisinde yapılacak 60 dakikalık orta ve üzeri fiziksel aktivite bu riski en aza düşürmektedir. Günümüzde masa başında çalışanların sayısının giderek arttığı bilinmektedir. Bilgisayara bağlı çalışan kurumların çoğalması, teknolojik

gelişmeler bu alanda çalışan personelin sayısını gün be gün artırmaktadır. Ofiste çalışan personel genel olarak tüm gün boyunca işlerini oturarak yürütmektedir. Neredeyse hiç ayağa kalkmamaktadır. Bu oran iş saatlerinin neredeyse üçte ikisine tekabül etmektedir. Ofis çalışanları bu bağlamda, son 50 yılda daha az hareket etmekte ve daha az enerji tüketmektedir. Bu da hantal bir yaşamın doğmasına zemin hazırlamaktadır. Bu durumun 2030'lu yıllara kadar bu şekilde artarak devam edeceği iddia edilmektedir. Avustralya'da masa başı çalışan personelde yapılan bir araştırma, erkeklerin %42'sinin, kadınların da %47'sinin çalışmalarını genellikle oturarak geçirdiklerini ortaya çıkarmıştır ve süre olarak ortalama 6,3 saat olarak bulmuşlardır. 1970 yılında, 10 çalışan Amerikalıdan ikisi sadece hafif aktivite gerektiren işlerde çalışmaktayken (çoğunlukla oturarak), 10 kişiden üçü ise yüksek enerji üretilmesi gerektiren işlerde çalışıyordu (örn. İmalat inşaat ve çiftliklerde). 2000 yılına varıldığında, 10 yetişkin çalışandan dörtten fazlası hafif faaliyet işlerinde istihdam edilirken, 10 kişiden ikisi yüksek aktivite gerektiren işlerde istihdam edilmekteydi.[3]

Herhangi bir iş yapılırken yeterli çalışma alanı bulunmuyorsa ve ciddi fiziksel aktivite gerektirmiyorsa yapılması gereken iş oturarak gerçekleştirilebilir. Tüm gün oturarak çalışmak vücut ve özellikle sırt için kötü bir durumdur. Bundan dolayı çalışanlar bazen vazife değişikliği yaparak ayakta çalışma koşuluna sahip olmalıdırlar. Oturarak çalışma için özenle seçilmiş bir sandalye çok önemlidir. Sandalye çalışanın bacak ve genel pozisyonunu rahat bir şekilde değiştirebileceği özellikte olmalıdır.[4] Doğru sandalye seçimi yapılmamışsa çalışan kısa sürede yaptığı işten sıkılmaya başlayacaktır. Ayrıca yanlış sandalye seçimi ve uzun süre oturarak çalışma ayakta çalışmalarda olduğu gibi pek çok sağlık problemine neden olmaktadır. Ancak bu çalışmanın konusu ayakta çalışmalarda sağlık sorunları olduğundan dolayı oturarak çalışmalarda meydana gelen sağlık sorunlarının detayları üzerinde durulmayacaktır.

Oturarak çalışma sırasında uyulması gerekli antropometrik kurallar şunlardır: Çalışan tüm alanlara kolay bir şekilde ulaşabilmeli ve bu sırada vücudu eğilip bükülmemelidir. Düzgün oturma pozisyonu çalışanın önündeki yerin, yanındaki çalışma alanına karşı dik bir biçimde olmalıdır. Çalışma masası ve sandalye güzel dizayn edilmeli ve çalışma seviyesi ile dirsek aynı düzlem içinde (aynı yükseklikte) olmalıdır. Sırt dik ve omuzlar rahat bir şekilde olmalıdır. Mümkünse, dirsekler, eller ve kollar için rahatça hareket edilebilir destekler kullanılmalıdır.[4]

Ergonomik ihtiyaçlar için uygun sandalye seçimi çok önemlidir. Bu maksatla aşağıdaki ergonomik özellikler izlenmelidir; Sandalye, çalışma masası ve çalışma tezgâhı yüksekliğine ve işin performansına uygun olmalıdır. İdeal olarak, oturma yeri ile sırt desteği ayarlanabilmelidir. Sandalye, personelin rahat bir şekilde hareket etmesini sağlamalıdır. Personelin masanın altında ayaklarını rahatça uzatabileceği ve beden hareketini kolayca değiştirebileceği yer olmalıdır. Ayaklar rahat bir şekilde yere basmalıdır. Bu olmuyorsa ayak desteği kullanılmalıdır. Fakat ayak desteği diz ve bacak kaslarına uygulanan basıncı en aza indirmelidir. Sandalye, beden alt sırt kısmını destekleyen sırt desteğini barındırmalıdır. Sandalye, kolay bir şekilde döndürülmelidir. Sandalyedeki ayak sayısı dengeyi sağlamak adına beş tane olmalıdır. Uygunsa kol destekleri çıkarılabilir olmalıdır. Çünkü bazı yapılan işlerde kol desteği rahat olmayabilir. Bazen kol destekleri personelin çalışma tablasına yeteri kadar yaklaşmasını engeller. Son olarak sandalyenin oturulan yeri hava alıp verebilen bir kumaşla kaplanmalıdır.[4]

Çalışma yerlerindeki pek çok sağlık ve güvenlik sorunları yetersiz ergonomik koşullarından kaynaklanır. Ergonominin anlaşılması ile birlikte personeller çalışma alanlarının değiştirilmesini sağlayacak, işverenler ise, üretim ile ergonomi prensipleri arasındaki bağlantıyı görmeye başlayacaklardır.[4] Ergonomi kurallarına uyulduğunda iş veriminin arttığı ve işe bağlı meydana gelen pek çok rahatsızlığın azaldığı görülebilecektir.

Sürekli oturarak çalışan kişilerden edinilen en çarpıcı sonuçlar; kilo ve kalça genişliği değerlerinin yaş ve süreye bağlı olarak sürekli yükseldiği, hatta bu artışın kadınlarda daha çok belirgin olduğudur. Oturarak çalışanların el ve kol kasları dışında diğer vücut bölümlerinde hareketsizlik diğer personellere göre daha üst düzeydedir. Vücut ağırlığındaki ve kalça genişliğindeki artışı hareketsiz bir yaşamla çok ilişkilidir.[5]

Ayakta Çalışma Hakkında

Eğer imkânımız varsa ayakta uzun süre durarak çalışılmamalıdır. Aksi halde, sırt ağrısı, ayaklarda şişmeler, kan dolaşım sistemlerinde sorunlar ve kas yorgunlukları ortaya çıkar. Ayakta çalışma sırasında uyulması gereken kurallar; Eğer ayakta çalışılması gerekiyorsa, ara ara dinlenmek adına sandalye veya tabure bulundurulmalıdır. Personel kollarının uzanabileceği alanlar dışına çıkmamalı ve bu alan dışına ulaşmak için sırtı dönme, eğilme ve uzanma hareketleri yapmamalıdır. Bu hareketlerin sağlık problemlerini beraberinde getirmesinin nedeni gündelik hayatımızdan farklı olarak iş hayatında tekrarlanarak yapılmasıdır. Çalışma masası farklı işlere göre ayarlanabilir olmalıdır. Eğer çalışma ortamının ayarlanması mümkün değil ise uzun boylu çalışanlar için çalışma masası yükseltilmeli, kısa boylu çalışanlar için bir platform ayarlanmalıdır. Ağrı hislerini en aza indirecek ve pozisyon değiştirilebilmesine imkân verecek ayak destekleri kullanılmalıdır. Ayak yüksekliğinin ara ara değiştirilmesi sırt ve bacaklardaki acı ve ağrıları en aza indirir.

Çalışanlar, yumuşak bir malzeme üzerinde çalışmalı, beton veya metal yüzeyler şokları absorbe edici malzemeyle kaplanmalı, zemin temiz, düz ve kaymaz olmalıdır. Ayakta çalışanlar alçak topuklu ve tabanı destekli iş ayakkabısı kullanılmalıdır. Çalışanlar pozisyonlarını değiştirebilmeleri için yeterli düzeyde diz hareketinde bulunabilmeli ve bu iş için gerekli alan bulunmalıdır. Çalışanlar iş yaptığı yere uzanmamalı ve vücudunun önünde 200 – 300 mm’lik bir uzaklıkta iş yapmalıdırlar. Düşük kalp hızı ve enerji tüketimine uygun depolamanın yerden yüksekliği 70 – 130 cm’dir (ayakta el parmak ucu – göz mesafesi). Çalışma masasının yerden yüksekliği uygun yüksekliğe çıkarıldıktan sonra; çalışanın dirsek yüksekliği, yapılan işin tipi, üretilen malzemenin boyutları, kullanılan araç – gereç vb. önemli faktörler göz ardı edilmemelidir. Ayakta çalışırken dikkat edilmesi gerekli koşullar ise şunlardır; Yüz işe dönük olmalıdır. Vücut işe yakın olmalıdır. Eğer bir tarafa dönülecek ise bel ve omuz bükülerek değil, ayaklar üzerinde dönülerek sağlanmalı.[4]

Ayakta Çalışma Konumunun Avantajları

Ayakta çalışan bir işçinin çalışma yeri oturarak çalışan kadar sınırlı bir alan değildir. Ayakta çalışan personel her yöne dönebilir, daha rahat bir şekilde durum değiştirebilir. Çalışan bir kişi farklı çalışma yüzeyinde çalışıyorsa ayakta çalışması tavsiye edilir.[1] Çünkü farklı yüzeylerde çalışma yapılması halinde işçi oturarak çalışıyorsa çok fazla uzanma hareketi yapmak zorunda kalacaktır. Bunun önlenmesi adına bu durumda ayakta çalışması daha uygun olacaktır.

Çalışma yerinin dar olduğu durumlarda ayakta çalışma tercih edilir. Çünkü ayakta çalışan personel için oturma konumunda kullanılan yerden daha az yere ihtiyaç olur. Ayakta çalışma yer tasarrufu sağlar. Ayrıca ayakta çalışan kişi yorgunluk ve uyuşmayı azaltmak adına durumunu daha kolay değiştirebilir.[1] Yapılan iş oturarak çalışmaya imkân sağlamasına rağmen çalışan için yeterli hareket alanı bulunmuyorsa bu durumda ayakta çalışma tavsiye edilir.

Ayakta çalışma, statik veya dinamik kaldırma ve kavrama gücünü üst seviyeye çıkarmak için de uygundur. Gövde kaslarının gücü ayakta iken yarı oturur ve oturur pozisyona göre iki kat daha büyüktür. Beden ağırlığıyla daha büyük kuvvetler uygulanabilir.[1] Yapılan iş fazla güç kullanılmasını gerektiriyorsa ayakta çalışma yapmak güç uygulanmasını kolaylaştıracaktır.

Ayakta çalışan işçinin kolları daha çok kas kuvveti kullanabilir ve daha geniş hareketler yapabilir. Çalışma yerlerinde kollarını rahat kullanan personel için ayakta pozisyon tercih edilmelidir.[1]

Hem kadınlar hem erkekler için ayaktayken maksimum erişme mesafesi oturur pozisyondan daha büyüktür. Spinal kavsin değişimi ve beden üst kısmının mobilitesinin ayaktaki pozisyondan daha fazla olması erişim mesafesinin artışına neden olur. Ayaktaki pozisyonla oturarak pozisyon arasındaki erişim mesafeleri farkı, erkeklerde 4,1 cm, kadınlarda 6,2 cm’dir. Kadınların erişim mesafesi erkeklere göre %13,5 daha azdır.[1]

Ayakta Çalışmaya Bağlı Gelişen Sağlık Sorunları

Bir önceki başlıkta anlatıldığı üzere ayakta çalışmanın pek çok avantajı vardır. Yapılan işin niteliğine göre bu avantajlardan hangisinin elde edileceği de değişiklik göstermektedir. Ancak bu avantajların yanı sıra ayakta çalışma pek çok sağlık sorununa da sebep olmaktadır. Bunlar kas-iskelet sistemi sorunları; bacak ve ayakta şişme, venöz yetersizlik ve varis; preterm doğum ve düşük doğum ağırlıklı bebek riski ve diğer riskler biçiminde karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmanın niteliğine göre bu risklerin sadece bir tanesi ya da bir kaçını karşımıza çıkarmaktadır. Bu riskler içerisinde birinci sırada yer alan ve en çok maruz kalınan risk kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarıdır. Bir sonraki başlıkta kas-iskelet sistemi sorunları daha detaylı olarak açıklanacaktır.

Kas-İskelet Sistemi Rahatsızlıkları

Ayakta çalışmaya bağlı gelişen sağlık sorunlarında ilk sırada kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları gelmektedir. Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları sanılanın aksine sadece güç gerektiren işlerde çalışan kişilerde değil güç uygulamayı gerektirmese daha uzun süre ayakta kalarak yapılan işlerde çalışan kişilerde de karşımıza çıkmaktadır. [2]

Çalışma hayatında KİSR; tendon, kas, sinir ve diğer yumuşak dokularda hasara sebep olan bükme, gerginleştirme, kavrama, tutma, döndürme, sıkıştırma ve uzanma gibi tekrarlayıcı fiziksel hareketler nedeniyle oluşmaktadır. Gündelik hayatın bilinen aktivitelerindeki bu yaygın hareketler zararlı hareketler değildir. Bu hareketleri zararlı hale getiren hareketlerin ardışık tekrarları, hızı ve toparlanma için iki hareket arasındaki zaman yetersizliğidir. KİSR'nin gelişmesinde fiziksel ve psikososyal faktörlerin önemli rol oynadığı konusunda bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. KİSR'ye sebep olan bu risk faktörleri vücut pozisyonu, tekrar, mola vermeden uzun süre çalışma, güç, işin hızı, çalışma ortamının ısısı, titreşim şeklinde sıralanabilmektedir.[2] Çalışma ortamının niteliğine göre bu risk faktörlerinin aynı anda bir kaçını bulunabileceği gibi sadece bir tanesine de maruz kalınabilir.

Vücut pozisyonu: Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının oluşmasında etkili olan durumlardan bir tanesi boyun ve omuzların sabit pozisyonda olmasıdır. Çalışanlar üst uzuvların kontrollü hareketleri esnasında omuz-boyun bölgesinin dengesini sağlamalıdır. Çünkü çalışma esnasında omuz ve boyundaki kaslar kasılır ve yapılan işin bitimine kadar sabit pozisyonda kalabilmek için kasılmaya devam etmek zorundadır. Kasılan kaslar damarları sıkıştırmakta bu da rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Çalışma atölyelerinin düzensiz yerleşimi ve iş için gerekli makine ve aletlerin uygun olmayan şekilde seçimi de bu riskli vücut hareketlerinin oluşmasında etkili olmaktadır.[2] Uzun süre aynı pozisyonda kalınması ya da yapılan aktivitenin niteliğine göre yanlış pozisyonda bulunulması günlük hayatta da sık yapılan yanlışlardan bir tanesidir. Gündelik hayatımızda yerine getirmemiz gereken sorumlulukların çokluğu nedeniyle zamandan tasarruf etme düşüncesiyle maalesef birçoğumuz bu yanlışın farkına varamamaktayız. Faaliyet esnasında zaman tasarrufunda bulunuyor olsak bile ileride karşımıza çıkan kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları sonucunda hareketler kısıtlanmakta ve yapılması çok kolay olan bir iş bile zorlayıcı olabilmektedir.

Tekrar: Kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları için büyük risk oluşturan etkenlerden bir tanesi de çalışanların çok sayıda tekrar yapmasını gerektiren görevlerdir. Bu görevler genellikle sabit vücut pozisyonunda bulunmayı ve güç kullanmayı gerektiren diğer risk faktörlerini de içeren tekrarlı hareketlerdir. Bilek, dirsek ve omuz eklemlerinin kabul edilebilir limitler dışındaki tekrarlı hareketlerini içeren görevler, bu bölgelerde ağrıların oluşmasına sebep olmaktadır.[2] Gündelik hayatımızda da yaptığımız faaliyetler fazla güç kullanmayı gerektirmese dahi tekrarlı olması halinde ciddi anlamda yorucu olabilmektedir. Yapılan faaliyetin tekrarlı olmasının yanı sıra yanlış pozisyonda bulunularak gerçekleştiriliyorsa da ekstra yorucu olmaktadır.

Mola vermeden uzun süre çalışma: Üst üste tekrarlı hareketleri içeren işler yorucu olmaktadır. Bundan dolayı çalışan, görevler arasında verilen kısa molalarda tam anlamıyla dinlenmemektedir. Tekrarlı hareketler minimum güç gerektirse bile bu hareketlerin zaman içinde sürdürülmesi için gerekli çaba düzenli olarak artmaktadır. Çalışma aktivitesine artan yorgunluğa rağmen mola verilmeden devam edilmesi durumunda incinmeler meydana gelmektedir.[2] Çünkü işçi çalışmaya başladığı andan itibaren yorulmaya da başlamaktadır. Düzenli olarak ve yeteri kadar dinlenilmediği zaman vücut kendini toparlayamamaktadır. Bu

sebeple yapılan işin verimi de düşmektedir. Mola verilirken dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi molanın uzun olmaması gerektiğidir. Uzun molalardan sonra çalışanın hem psikolojik olarak hem de fizyolojik olarak işin hızına tekrar adapte olması vakit almaktadır. Bu durum da yine verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır.

Güç: Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının başlangıcında önemli rol oynayan bir diğer konu elle ağır iş yapma, kaldırma, taşıma vb. görevleri yerine getirmek için güç uygulanmasıdır. Daha fazla güç uygulamak için daha fazla çaba harcanması gerektirdiğinden kaslar daha çok yorulmakta ve görevler arasında kasların kendini toparlayabilmesi adına daha uzun zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Fazla güç sarf edilen hareketler gerektiren işler aynı zamanda tekrarlı hareketleri de içeriyorsa yorgunluk ve rahatsızlıklar daha çabuk ortaya çıkmaktadır.[2] Gündelik hayatta fazla güç gerektiren işler çok sık olmamakla birlikte zaman zaman karşımıza çıkmaktadır. Bu nokta da dikkat edilmesi gereken ilk şey bizi zorlayacağını düşündüğümüz hiçbir yükü kaldırmak için uğraşmamamız gerektiğidir. Kaldırılması gereken yükün durumuna göre başkalarından yardım istemek ya da işimizi kolaylaştıracak bir alet, tekerlek vs. kullanmak gerekmektedir. Gündelik hayatta güç gerektiren faaliyet sadece yük kaldırmak olmayabilir. Örneğin spor faaliyetlerinde amaç efor sarf etmek olduğundan güç uygulanması gerekmektedir. Spor faaliyeti düzenli olarak yapılmıyorsa ya da yeni başlanmışsa fazla güç uygulamayı gerektirecek hareketler seçilmemelidir.

İşin hızı: Yapılan işin döngüleri arasında verilmesi gereken mola zamanını tespit etmekte belirleyici şeylerden bir tanesi yapılan işin hızıdır. İşin yüksek hızlarda yapılması durumunda dinlenmek için daha az zaman kalmakta bu da stres düzeyini arttırmaktadır. Stres düzeyinin artması ile ortaya çıkan kas gerginliği de yorgunluğa sebep olarak kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına temel oluşturmaktadır.[2] Çalışan işin hızına uyum sağlamak için hem fizyolojik hem de psikolojik olarak çaba göstermektedir. Burada gösterilen psikolojik çaba strese dönüştüğünde çalışan işin hızına uyum sağlayamamakta dolayısıyla işin verimi düşmektedir.

Çalışma ortamının ısısı: Tekrarlı işlerde çalışanın performansını etkileyen önemli bir nokta sıcaklık ve nemdir. Eğer çalışma ortamı çok sıcak ve çok nemli ise çalışanlar daha çabuk yorulmakta ve bunun sonucunda da incinmelere daha duyarlı olmaktadır. Diğer taraftan düşük sıcaklıklarda ise kas ve eklem esnekliği azalmakta bu da incinme olasılığını arttırmaktadır.[2] Gündelik hayatta yapılan faaliyetlerde sıcaklık ve nemden olumsuz yönde etkilenmemek için mevsim şartlarına uygun giysi seçilmeli ve işin niteliğine göre gece ya da gündüz yapılması için uygun karar verilmelidir.

Titreşim: Titreşim; tendon, kas, eklem ve sinirleri etkilemektedir. Çalışanlar titreşimli araçlar kullandıklarında parmaklarında uyuşukluk, dokunma ve kavrama kaybı ve ağrı ile karşı karşıya kalmaktadırlar.[2] Titreşimin etkileri hızına ve maruz kalınma süresine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin örgü örme faaliyeti titreşim içermiyor gibi görünse dahi çok fazla bu işle uğraşan insanların bilek ve parmak eklemleri de titreşime maruz kalmış gibi etki göstermektedir.

Ayrıca iş organizasyonunun yetersizliği, yüksek iş talebi, iş üzerindeki kontrolün azlığı, iş memnuniyetinin düşük olması, zaman baskısı, çalışma arkadaşı ve yöneticilerden destek görememek, stres, mola vermeden uzun süre çalışma da KİSR için işyerinde risk oluşturan diğer faktörlerdir.[2]

İşyerindeki risk faktörlerinin yanında fiziksel kapasite, yaş, kondisyon yetersizliği, aşırı kilo alımı ve sigara kullanımı gibi kişisel faktörler de KİSR oluşumunda etkilidir.[2]

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında bu risk faktörlerinin hiçbiri tek başına sebep olmamaktadır. Genellikle bu risk faktörlerinin kombinasyonu ve etkileşimi sonucunda kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları meydana gelmektedir. Bazen tek bir risk faktörü bile zaman içerisinde kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Sayılan bu risk faktörlerine maruz kalma sonucunda çalışanın vücudunda kan akımında azalma veya lokal kas yorgunluğu gibi etkiler oluşmaktadır. Eğer uygun dinlenme aralıkları verilmez ve bu faktörlere sürekli maruz kalınırsa kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları oluşmaktadır.[2]

Bundan önceki paragrafta sayılan risk faktörleri de dikkate alındığında çiftçilik, ormancılık, balıkçılık, madencilik, üretim ve makine operatörlüğü, terzilik, yükleme ve boşaltma işçiliği, inşaat işçiliği, bahçıvanlık,

şoförlük, hemşirelik, temizlik işçiliği, perakende satış işçiliği, otel ve restoran işçiliği, sekreterlik KİSR'nin sık görüldüğü iş gruplarıdır.[2]

KİSR; bel, boyun ve üst ekstremita (el bileği, el, dirsek ve omuz) hastalıkları olarak sınıflandırılmaktadır. Bel ve sırt ağrıları, kas zorlanması ve incinmesi, boyun tutulması, boyun fitiği, bel fitiği, karpal tünel sendromu, gergin boyun sendromu ve kas kuvveti dengesizlikleri işten kaynaklanan başlıca-kas iskelet sistemi rahatsızlıklarıdır. KİSR'de en sık tutulan bölgeler bel, boyun, eller, el bilekleri, dirsekler ve omuzlardır.[2]

Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarında en yaygın görülen semptom ağrıdır. Bazı durumlarda eklem sertliği, kas gerginliği, kızarıklık ve etkilenen bölgenin şişmesi gibi semptomlara da rastlanmaktadır. Bazı çalışanlar karıncalanma duygusu, hissizlik, cilt renginde değişme ve ellerin terlemesinde artış yaşamaktadırlar.[2] Çalışanın yaptığı işin niteliğine göre bu semptomlardan birini ya da bir kaçını hissetmesi halinde durumunu işyerine bildirmesi gerekmektedir. Bu semptomlar sadece çalışma hayatını değil günlük yaşamını da etkileyecektir. Dolayısıyla bu semptomların olması halinde kendini zorlayarak işe devam etmeye çalışması doğru olmayacaktır. Semptomların azaltılması için gerekli tedavinin uygulanması ve yeni semptomların oluşmaması için gerekli önlemlerin alınması gereklidir.

Sonuç

İnşaat işçileri, sağlık çalışanları, hostesler, garsonlar, güvenlik görevlileri daha çok ayakta çalışmaktadırlar. Yapılan işin niteliğine göre ayakta çalışmanın pek çok avantajı olmasına rağmen uzun süreli ayakta ve uygunsuz pozisyonda çalışılması birçok sağlık problemine neden olmaktadır. Ayakta çalışmalarda meydana gelen sağlık sorunlarının en aza indirgenebilmesi için çalışma ortamının çalışana ve işe uygun şekilde tasarlanması gerekmektedir. Çalışan kişinin kadın ya da erkek olabileceği, uzun ya da kısa boylu olabileceği ayrıca yapılan işin az ya da çok güç gerektirmesi göz önüne alınarak çalışma tezgâhlarının yüksekliği ayarlanabilir olmalıdır. Bu şekilde çalışan, çalışma şartlarını kısmen de olsa kendine göre ayarlamış olacaktır. Ancak çalışma tezgâhının sabit olması zorunluluğu varsa tezgâh yüksekliği en uzun boylu çalışana göre ayarlanmalıdır. Daha kısa boylu çalışanlar için ayaklarının altına alabilecekleri uygun platformlar temin edilmelidir. Çalışanlar istediklerinde ayaklarının konumlarını rahatlıkla değiştirebilmelidirler. Bunun için önerilen boyutlar; 15 cm derinlik, 15 cm yükseklik ve 50 cm genişliktir. Hareketsiz pozisyonda ayakta kalmak kas hareketlerini azaltacağından kan dolaşımının da yavaşlamasına sebep olacaktır. Bu durumda kasların yeterince beslenememesi ile gelen sonuç yorgunluk olmaktadır. Bu yorgunluk aynı zamanda çalışanda işten sıkılmayı da beraberinde getirecektir. Sabit pozisyonda ayakta çalışma yapıldığında zaman zaman bir ayağın 10-20 cm yükseğe koyularak dinlendirilmesi gerekmektedir. Ayakta çalışmalarda üstünde durulan zemin de ayak ve bacak rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Örneğin zemin beton veya fayans ise üzerinde plastik bir platform ya da halı bulundurulabilir. Bu durum rahat çalışmanın yanı sıra duruş dengesinin de oluşmasını sağlayacaktır. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta uygun ayakkabı kullanımıdır. Ayak rahat olmalı ve ayak parmakları rahat hareket edebilmelidir. Ayrıca giyilen çorapta ayakkabının rahatlığını etkilemektedir. Doğru ayakkabı seçimi sadece ayakta çalışanlar için ya da sadece iş hayatı için değil her insanın bütün bir hayatı için önemlidir. Ayakta çalışmalarda en çok karşılaşılan kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları için ara vererek çalışmak önemli bir konu olmaktadır. Ancak çalışma ve mola süreleri uzun olmamalıdır. Ayakta çalışanlar için oturarak dinlenmenin yanı sıra yürümek de tavsiye edilmektedir. Genel olarak bakıldığında uzun süreli oturarak ya da ayakta çalışma tavsiye edilmemektedir. Çalışanın hem rahat çalışabilmesi hem de sağlık sorunlarının önüne geçilebilmesi adına uygun çalışma pozisyonunun sağlanması önemlidir. Bu durumda en faydalı çözüm oturma ve ayakta kalma sürelerinin dengelenmesi olacaktır.

HAVAI ÇALIŞMA PLATFORMLARI ÇALIŞMALARINDA OLUŞABİLECEK RAHATSIZLIKLAR VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ

Ezgi CEMRİ

Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0001-7379-9341

Esma TANRIVERDİ

Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0001-9607-8344

Dilek ÖZTAŞ

Doç. Dr., Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0002-8687-7238

Ergün ERASLAN

Prof. Dr., Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0002-5667-0391

ÖZET

Havai çalışma platformları insanların veya ekipmanların erişilemeyen yükseklikteki yerlere geçici erişimini sağlamak amacıyla kullanılan; çalışma sepeti veya kovası, merdiven, uzatılabilir ve mafsallı bir platform, dikey veya yatay kule gibi ekipmanların farklı kombinasyonlarla bir araya getirilmesi ile oluşturulan mekanik platformlardır. Çalışanların eldiven, baret, iş aletleri ve güvenlik kemeri ile çalıştıkları bu platformlar, yüksekte çalıştırma gerektiren dış cephe boyası, bina mantolaması, tesisat borulama, kablo taşıma kanalları, arıza giderme ve bina temizliği gibi işlerde sıklıkla geçici iş ekipmanı olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı platformda çalışırken oluşabilecek fiziksel ve psikolojik sorunların yol açtığı iş kazaları ile iş performansındaki olumsuzlukları araştırarak 05.10.2013 tarih ve 28786 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan "Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği" nde yer alan hükümler çerçevesinde platformları kullanmadan önce yönetmelik çerçevesinde önlemleri belirlemektir. Platformları kullanmadan önce ve sonra alınması gereken tedbirler Resmi Gazete'nin ilgili bölümünde mevcuttur.

Çalışma yapılırken, bu platformları kullanarak çalışanların görüşlerini belirlemek amacıyla saha işçileri ile görüşülmüştür. Çalışanlar platformlar hakkında bilgi eksikliği, kişisel koruyucu tedbirlerinin yeterince alınmaması, platformların kontrol ve bakımının yapılmaması ve düşük kaliteli malzeme kullanılmasından bahsetmişlerdir. Bu çalışma platformlarını kullanarak çalışanlarındaki bulguları araştırdığımızda iş kazalarının %29'unun yüksekte düşmeden kaynaklandığı görülmüştür. Bu iş kazalarının genelde kayma, düşme veya tökezleme sonucu gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile yönetmeliğe bağlı kalarak havai çalışma platformları ile çalışan işlerde gerekli güvenlik tedbirleri alınarak, eğitim verilerek veya alternatif çalışma platformları kullanılarak oluşabilecek iş kazalarını engellemek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Platform, Yüksekte Çalışmak, İş Kazaları

INCOMMUNICITIES AND PREVENTION METHODS THAT MAY OCCUR IN OVERHEAD WORK PLATFORMS

ABSTRACT

Overhead work platforms are used to provide people or equipment with temporary access to places of inaccessible height; Working basket or bucket are mechanical platforms created by combining equipment such as ladders, extendable and articulated platform, vertical or horizontal tower with different combinations. These platforms, where employees work with gloves, helmets, work tools and safety belts, are often used as temporary work equipment for work such as exterior paint, building mantle, plumbing piping, cable transport channels, troubleshooting and building cleaning that require high operation.

The aim of this study is to investigate occupational accidents caused by physical and psychological problems that may occur while working on the platform and to determine the measures within the framework of the

regulation before using the platforms within the framework of the provisions in the "Occupational Health and Safety Management in Building Works" published in the Official Gazette dated 05.10.2013 and numbered 28786. The measures to be taken before and after using the platforms are available in the relevant section of the Official Gazette.

During the study, field workers were interviewed in order to determine the opinions of the employees using these platforms. Employees have talked about lack of knowledge about platforms, insufficient personal protective measures, lack of control and maintenance of platforms and the use of low-quality materials. When we investigated the findings of employees using these working platforms, it was observed that 29% of occupational accidents were caused by falling from a height. It has been observed that these work accidents usually occur as a result of slipping, falling or stumbling. With this study, it is aimed to prevent work accidents that may occur by taking necessary safety measures, training or using alternative working platforms in jobs working with overhead working platforms by adhering to the regulation.

Keywords: Platform, Working At High Altitude, Work Accidents

1. GİRİŞ

Aralarında belli bir yükseklik farkı olan çalışma alanlarında yüksek bir yerden düşerek fiziksel zarar görme veya benzeri bir sonuca yol açma olasılığı olan iş yerlerinde yapılan her türlü iş ve çalışma havai çalışma olarak kabul edilebilir. Havai çalışma yapılırken havai çalışma platformları kullanılmaktadır. Bu platformlar merdiven, uzatılabilir ve mafsallı platform, çalışma sepeti veya kovası gibi ekipmanların kombinasyonu ile oluşturulan hareketli makinalardır. Bu ekipmanlar yüksekte çalışma gerektiren inşaat işleri (bina mantolaması, cephe boyası, çelik konstrüksiyon), tesisat işleri (borulama, elektrik hattı döşemesi), bina temizliği ve arıza giderme gibi işlerde kullanılır. Hareketli makinalar olan havai çalışma platformları ile çalışmak gerekli önlemler alınmadığında oldukça tehlikeli olabilir. Kullanılan havai çalışma platformları ile onlara eklenecek iş kovası, iş sepeti, makara sistemi gibi yardımcı araçlar ile çalışma ortamının tehlikeli hale gelme olasılığı artmış olur.

İnşaat yapılan iş yerlerinde iş emniyeti açısından yapılan araştırmalarda Türkiye’de iş kazalarının hem sayısının hem de bu kazalar sonucunda meydana gelen ölüm, fiziksel zarar ve psikolojik sorunların Türkiye dışındaki ülke ortalamalarından daha fazla olduğu belirtilmektedir (Gerek ve Erdiş, 2011). Türkiye’de meydana gelen iş kazaları ayrıntılı olarak analiz edildiğinde toplam kaza sayısı içinde inşaat işleri birinci sırada bulunmaktadır. İnşaat işleri kazaları incelendiğinde ise havai çalışma platformu kullanan ve zeminden belli yükseklikte yapılan işlerde düşme sonucu oluşan kazalar birinci sırada yer almaktadır. (Metinsoy ve Müngen, 2011). Bu kazaların önemli bir kısmı ise gerekli güvenlik önlemlerinin alınmaması sonucunda meydana gelmektedir (Baran ve Esen, 2016). Bu çalışmanın amacı havai çalışma platformunda meydana gelen kazalar nedeniyle çalışanlarda oluşabilecek fiziksel ve psikolojik sorunlar ile iş performansındaki olumsuzlukları inceleyip, kazaların olmaması için öneriler sunmaktır.

İş sağlığı ve güvenliği alanında yerden belli bir seviyede çalışmanın yer aldığı iki yönetmelik bulunmaktadır:

- 1.Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği
- 2.İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.

05.10.2013 tarih ve 28786 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-4'te yüksekte çalışmanın tanımı, yüksekte yapılan çalışmalarda uyulacak hususlar, alınacak önlemlerin teknik detayları hakkında hükümler bulunmaktadır. 25.04.2013 tarihli ve 28628 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği'nde ise havai çalışmalarda yapılan geçici işlerde, iş ekipmanlarının kullanımı ile ilgili genel hususlar, el merdivenlerinin, iskelelerin kullanımı ile ilgili özel hükümler, halat kullanarak yapılan çalışmalarda ilgili özel hükümler yer almaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Yüksekte çalışma gerektiren her işte havai çalışma platformu kullanılmaktadır. Yükseklik, Yapı İşlerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğüne göre 3 metre olarak ifade edilmiştir. Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde ise "seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma; yüksekte çalışma olarak kabul edilir" şeklinde yükseklikten bağımsız olarak yaralanma ihtimalinin geçerli olduğu her seviye yükseklik olarak tanımlanmıştır (Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği yönetmeliği Ek-4). Herhangi bir yetişkinin adımını atarak çıkamayacağı yerler yüksek olarak kabul edilir (Kürklü ve Görhan, 2014). Ayrıca, yüksekte çalışma; ortalama bir insanın boyundan daha yukarıda olan yerlerde çalışmak olarak da tanımlanabilmektedir.

Genellikle inşaat esnasında yapı işlerinde yüksekte havai çalışma platformlarını kullanarak çalışırız. Bina cephe giydirme, mantolama, çatı ve boya işleri yapılırken merdiven veya çalışma sepeti kullanılmaktadır. Elektrik İşlerinde trafo yapımı esnasında, kablolama yapılırken, enerji hattı bağlanması veya kesilmesi durumlarında kullanılmaktadır. Elektrik işçileri günlerinin neredeyse %40'ını yüksekte çalışarak geçirmektedir (Phelan ve O'Sullivan, 2014). Tesisat işlerinde borulama yapılırken de bina dış cephe temizliği esnasında da havai çalışma platformları kullanılmaktadır.

Oldukça geniş çalışma alanına sahip olan bu platformları çevremizde sıklıkla görmekteyiz.

3. PLATFORMLARLA ÇALIŞIRKEN OLUŞAN KAZALAR, NEDENLERİ VE ÖNLEME YÖNTEMLERİ

3.1 Kazalar

Havai çalışma platformlarının çalıştıkları iş sahaları ve koşulları açısından oldukça riskli oldukları söylenebilir. Bu platformlar hem kaza sayısı olarak hem de meydana gelen kazadan sonra neden olduğu ölüm sayısı bakımından en önlere yer almaktadır. Sosyal Güvenlik Kurumu'nun yapmış olduğu açıklamada 2015 ve 2018 yıllarını kapsayan 4 yıllık süreçte ölümle sonuçlanan kaza sayıları 2015 yılından başlamak üzere 219, 239, 340 ve 519 olarak verilmiştir.

İnşaat alanları yüksekte çalışma gerektirdiğinden en çok iş kazaları buralarda olmaktadır. Ayrıca, Seviye farklılığından dolayı çalışma esnasında kullanılan malzemelerin yere düşmesi zeminde bulunan kişi veya kişilere zarar verebilmektedir. Platform üzerinde çalışırken vücuda daha fazla kas yüküleme talebi olmaktadır. Benimsenebilecek duruş kısıtlamaları olmasından dolayı ve erişilemeyen yerlere uzanıldığı için kas ve iskelet sisteminde değişiklik meydana gelmektedir. Ayrıca kayma veya tökezleme sonucu da kişinin düşmesi gibi kazalar meydana gelebilmektedir.

3.2 Nedenler

İlk olarak gerekli eğitim alınmadığı veya çalışanlara bu eğitim verilmediği için iş kazalarının meydana geldiğini söylemeliyiz. Havai çalışma platformu kullanarak çalışanların yukarıda bahsedilen Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği yönetmeliği ve İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliklerine uyması ve havai çalışma platformları ile çalışmak için yüksekte çalışma eğitimi alması gereklidir. Yüksekte çalışma eğitimi Milli Eğitim Bakanlığı'nın Hayat Boyu Öğrenme Genel Müdürlüğü'ne bağlı olup;

- Yüksekte çalışmanın tanımını ve çeşitlerini,
- Yüksekte çalışma ortamlarının nereler olduğunu,
- Yüksekte çalışmalarda kullanılan kişisel koruyucu donanımları (Baret, gözlük, eldiven, emniyet ayakkabısı, emniyet kemeri, bot, çizme vb.)
- Yüksekte çalışma ekipmanlarını (Merdiven, iskele, vinç, platform vs.)
- Yüksekte çalışma sırasında kullanılan ekipmanları (Emniyet kemeri, güvenlik ağları, şok emiciler, armut ve D karabina, vb.)

tanıtmayı ve öğretmeyi amaçlamaktadır.

Eğitim sonunda ekipmanların nasıl kullanılacağı ve kullanılan ekipmanların bakımlarının nasıl yapılacağı öğrenilir. Bunun sonucunda daha bilinçli ve kendine güvenen bir psikoloji ile güvenli bir ortamda çalışmak mümkün hale gelir.

Yüksekte çalışma esnasında meydana gelen kazalara bir başka neden olarak çalışma ortamında gerekli etkin risk değerlendirmesi yapılmadan ve gerekli ekipmanlar kullanılmadan çalışmaya başlanması gösterilebilir. Yüksekte çalışma platformları kullanılsa bile çalışma esnasında kullanılması gereken ekipmanların (emniyet kemeri, şok emiciler, güvenlik ağıları vb.) kullanılmaması da gözden asla kaçırılmaması gereken kaza nedenleri ya da meydana gelen kazanın istenmeyen sonuçlara yol açma nedenleri arasındadır.

Genel neden olarak mevzuatta yer alan yükümlülüklerin yeterince uygulanmamasından dolayı kazaların meydana geldiği söylenebilir.

3.3 Önleme yöntemleri

Yüksekte çalışma platformları kullanan çalışanlara gerekli eğitimlerin verilmesi ve bu konuda hazırlanmış olan mevzuatlara uyulması halinde oluşabilecek kazalar en aza indirgenmiş olunur.

3.3.1. Mevzuat

05.10.2013 tarih ve 28786 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanan "Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği" nde Yapı alanındaki çalışma yerleri için asgari şartlardan bahsetmek gerekirse Yüksekte çalışırken uyulması gereken esaslar şu şekilde aşağıda özetlenmiştir:

- a) Montaj, demontaj gibi işler zorunlu olmayan hallerde güvenli olması açısından zeminde yapılması sağlanmalıdır.
- b) Yapılacak iş öncesinde tasarlanmalı ve düşme tehlikesi yaratabilecek durumlarla ilgili önlemlerin alındığından ve bu önlemlerin acil eylem planında bulunduğundan emin olunması sağlanır.
- c) İşçilerin çalışma alanlarına doğru araç ve donanımlarla güvenli bir biçimde ulaşmaları sağlanmalıdır.
- ç) Çalışma alanlarında işçilerin güvenliği, düşme tehlikesini önleyen platformlar, iş iskeleleri, korkuluklar, bariyerler, hava yastıkları ve güvenlik ağıları gibi toplu koruma tedbirleri ile sağlanır.
- d) Düşme tehlikesinin, toplu koruma tedbirleri ile yok edilemediği veya hayata geçirilmesinin söz konusu olmadığı durumlarda ve belirli süre ile kaldırılmasının gerekli olduğu durumlarda, yaptırılan işlerin niteliğine uygun bağlantı noktaları ya da yaşam hatları bulundurulacak tam vücut kemer sistemleri gibi güvenlik tedbirlerinin alınması sağlanmalıdır. Yapılan işlerin özelliğine uygun bağlantı noktaları veya yaşam hatları oluşturularak tam vücut kemer sistemleri veya benzeri güvenlik sistemlerinin kullanılması sağlanır. İşçilere kullandıkları bu aletlerle birlikte bitirilmesi planlanan işlere uyumlu eklenti ve uzunluk hatları, palanga ve makara sistemleri, kelepçe ve kancalar ile benzeri eklenti elemanları ile yüksek yerlere çıkmaya ve yüksek yerlerden inme için gerekli malzemeler verilmelidir. Hem düşey hem de yatay hayat hatlarına ulaşmayı sağlayan kanca ve öteki donanımlar verilmeli ve bunları mutlaka kullanılması gerçekleştirilmelidir.
- e) İnşaat işleri bittikten sonra da gerek arıza halinde gerekse onarım ve tadilat durumunda yapılacak çalışmalarda gerekli olan hayat hatları işin bağlantı aparatları ve bunlara ait düzenlemeler önceden projelendirilip dosyalandırılmalıdır.
- f) Bütün havai çalışma platformları çalışanların kullanacağı donanımların sürekli olarak bakımı yapılmalı, kullanılmaz durumda olanların kullanılması önlenmelidir.
- g) Bütün çalışanlar yaşanacak tehlikelere karşı uyarılmalı, eğitimden geçirilmeli ve tüm çalışmalar uzman gözetiminde yapılmalıdır.
- ğ) Yüksekte yapılan çalışmalar işveren tarafından görevlendirilen ehil bir kişinin gözetim ve kontrolü altında gerçekleştirilir.

4. SONUÇ

Havai platformlarda çalışma yapılırken meydana gelen kazaların toplam iş kazaları sayısında önemli bir yer kapladığı istatistikî verilerden anlaşılmaktadır. Ancak gerekli çalışmalar yapıp, önlemler alındığında bu kazaların önemli bir kısmının önlenilebilir olduğu da bir başka gerçektir. Bu konuda yapılması gerekenler şu şekilde sıralanabilir;

1. Havai çalışma platformlarında çalışacak olan kişiler öncelikle fiziksel ve psikolojik bir muayeneden geçirilmeli ve çalışmaya uygun olmayanlar kesinlikle çalıştırılmamalıdır.
2. Havai çalışma platformlarında çalışacak olanlara hem bu platformlar hem de çalışırken kullanacakları emniyet kemeri, iş eldiveni, uygun ayakkabı ve iş elbisesi, baret gibi güvenlik ekipmanları hakkında bilgilendirme yapılmalıdır.
3. Çalışanlara hem İş Sağlığı ve Güvenliği yönetmeliğinde yer alan uyulması gereken kurallar hakkında bilgi verilmeli hem de ekipmanların eksiksiz kullanmalarının önemi vurgulanmalıdır.
4. İş yeri yöneticileri (şantiye şefi, mühendis, tekniker vs) güvenli korkuluklar, bariyerler, güvenlik ağları gibi toplu koruma tedbirleri ile bunların düşme riskini tamamen ortadan kaldıramadığı durumlarda ek önlemler almalıdır.
5. Havai çalışma platformu ile çalışma yapılırken kullanılan ekipman ve donanımların çalışmaya başlamadan önce mutlaka kontrol ve bakımlarının yapılması ve uygun olmayanların kesinlikle kullanılmaması gerekmektedir.
6. Havai Çalışma platformunda yapılan bütün çalışmalar mutlaka uzman bir kişinin gözetim ve kontrolünde yapılmalıdır.

Son olarak, riske edilen şeyin insan yaşamı olduğu kesinlikle unutulmamalıdır.



METAL DOPLAMA YÖNTEMİYLE GÖZENEK BOYUTU ARTTIRILMIŞ JEOPOLİMERLERİN METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ

Hilal ÖZKAN

Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Chemical Engineering, Davutpaşa Campus

ORCID: 0000-0001-9140-9503

Emek Möröydor DERUN

Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Chemical Engineering, Davutpaşa Campus

ORCID: 0000-0002-8587-2013

ÖZET

Son yıllarda gelişen teknoloji ve hızla artan endüstriyel faaliyetler beraberinde su kirliliği gibi olumsuz pek çok çevre sorununu da birlikte getirmiştir. Adsorpsiyon prosesi su arıtımında halihazırda kullanılan önemli bir proses olmasına karşın, sıklıkla kullanılan adsorbent malzeme maliyetleri yüksek olmasından dolayı alternatif ve çevre dostu malzemelere ihtiyaç giderek artmaktadır. Jeopolimer malzemeler bu bağlamda kullanılabilir olacak oldukça yararlı, yenilikçi, gelişmiş özelliklere sahip çevre dostu bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada hem termik santral atığı olan uçucu külün yararlı bir ürüne dönüştürülmesi hem de jeopolimer teknolojisinin geliştirilerek endüstriyel uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Uçucu külden elde edilmiş jeopolimerlerin çinko (Zn) ve alüminyum (Al) metallerinin doplanması ile gözenek boyutu artırılmasının incelenmesi ve elde edilen jeopolimerlerin metilen mavisi adsorpsiyonunda kullanımının araştırılması amaçlanmıştır. Jeopolimerlerin karakterizasyonu için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Brunauer, Emmet ve Teller Yüzey Alanı Ölçümü (BET) ve X-Işını Difraksiyon Spektroskopisi (XRD) analizleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda Zn metalinin, jeopolimerlerin gözenek boyutunun artırılması üzerinde, Al metaline göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Jeopolimerleşme parametrelerinin optimize edilmesi için sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve sodyum hidroksit (NaOH) çözeltilerinin birlikte kullanıldığı yüksek alkali çözelti ve 14 M'lık NaOH çözeltisi ile ilave çalışmalar yapılmıştır. Bunların sonucunda optimum jeopolimer gözenek boyutuna ($27,355 \text{ m}^2/\text{g}$) 14 M'lık NaOH alkali ortamında ulaşılmıştır. Elde edilen optimum jeopolimer ile metilen mavisi adsorpsiyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon çalışmaları için Ultraviyole-Görünür Spektroskopi'si (UV-vis) analizi kullanılmıştır. Adsorpsiyon çalışmaları sırasında farklı adsorbent oranları ve adsorpsiyon çözelti konsantrasyonları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeopolimer, Metal Doplama, Adsorpsiyon, Metilen mavisi

INVESTIGATION OF METHYLENE BLUE ADSORPTION OF PORE ENLARGED GEOPOLYMERS BY METAL DOPING METHOD

ABSTRACT

In recent years, developing technology and rapidly increasing industrial activities have brought along many negative environmental problems such as water pollution. Although the adsorption process is an important process currently used in water treatment, the requirement for alternative and environmentally friendly materials is increasing due to the high cost of the frequently used adsorbent material. Geopolymer materials appear as a very useful, innovative and environmentally friendly product with advanced features that can be used in this scope. In this study, it was targeted that both to transform the fly ash, which is the waste of thermal power plants, into a useful product and to develop the geopolymers and expand the use of geopolymer technology in industrial applications. It was aimed to investigate the pore size increase of geopolymers obtained from fly ash by Zinc (Zn) and Aluminium (Al) metal doping and to investigate the use of the obtained geopolymers in methylene blue adsorption. For the characterization of geopolymers, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Brunauer, Emmet ve Teller Surface Area Analysis (BET) and X-Ray Diffraction (XRD) analyzes were performed. It has been determined that Zn metal is more effective than Al metal on increasing the pore size of geopolymers. In order to optimize the geopolymerization parameters, additional studies were carried out with high alkaline solution in which sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) solutions were used

together and 14 M NaOH solution. In conclusion, the optimum geopolymer pore size ($27.355 \text{ m}^2/\text{g}$) was reached in 14 M NaOH alkaline medium. Methylene blue adsorption studies was carried out with the optimum geopolymer obtained. Ultraviolet–visible spectroscopy (UV-vis) was used for adsorption studies. During the adsorption studies, the relationship between different adsorbent ratios and adsorption solution concentrations were investigated.

Keywords: Geopolymer, Metal Doping, Adsorption, Methylene Blue

1. INTRODUCTION

Water is one of the most important resources of vital importance for all living things on Earth. Due to increasing industrialization, wastewater treatment has become a serious problem in recent years. Dyes are one of the main sources of pollution in water. Since dyes have high toxic properties, are difficult to decompose and tend to accumulate continuously, they are seen as a dangerous source of pollution (Gupta et al., 2020). Even a very small amount of dyestuff ($<1 \text{ ppm}$) in wastewater is an undesirable situation that can be dangerous (Novais et al., 2018). Concern about the effects of mixing increasing amounts of dyestuff into water every year is increasing. Since dyes are colored pollutants, when mixed with water, they reduce light transmission, affect photosynthetic activities in the aquatic system and cause to the depletion of dissolved oxygen (Mittal, 2021).

Methylene blue is a type of cationic dye that is widely used in many industries and creates pollution in wastewater. Methylene blue has the potential to remain in the environment for a long time, shows toxic and carcinogenic properties, and is also known to cause damage to the mouth, eyes, stomach and skin (Yan et al., 2022). There are different methods for the separation of dyestuffs from water: Ion exchange, coagulation-flocculation, electrodialysis, supercritical fluid extraction, filtration, microbial system, electrochemical process, precipitation, advanced oxidation process and membrane bioreactors, reverse osmosis, chemical precipitation, flotation and adsorption (Siyal et al., 2018).

For economic and technical reasons, adsorption is widely used because of its simple operation and high conversion efficiency. The most commonly used materials for the adsorption process are materials such as activated carbon, resins, zeolites, fly ash and chitosan (Siyal et al., 2018). Among them, activated carbon is one of the most commonly used adsorbents in adsorption applications. However, the use of high temperatures in the pyrolysis stage during the production of activated carbon and the long waiting period in this stage cause high energy consumption (Oss et al., 2022). For this reason, the production of more economical new alternative materials is very important at this point. Geopolymers consist of a network of interconnected pores with limited permeability and so they are suitable materials for the adsorption process to take place (Padmapriya, Ramesh and Biju, 2022). This is an important type of material that can be used in adsorption processes with the development of 3D network structure.

The structure of geopolymers includes a three-dimensional AlO_4 and SiO_4 tetrahedral network connections. The negative charge in the structure is supported by extra cations (Na^+ , K^+) around the structure (Degefu et al., 2022). The geopolymerization process consists of 4 main stages, respectively: Dissolution, Diffusion, Polycondensation, and Hardening (Zhang et al., 2020). First of all, by activating aluminosilicate materials rich in Si and Al materials with alkali or acid, AlO_4 and SiO_4 tetrahedrals are separated from their structure and the dissolution stage takes place. After that, separated AlO_4 and SiO_4 tetrahedrals molecules diffuse to the reaction media. Due to the principle of diffusion, the concentration of Si and Al on the particle surface decreases and thus oligomeric silicon-aluminum tetrahedrals begin to form. In the polycondensation stage, Si and Al tetrahedral structures form the Si-O-Al structure by sharing O atoms in the aqueous medium (Lan et al., 2022; Zhang et al., 2020). Finally, the geopolymer material, whose synthesis is completed, is left to cure for the hardening stage. During this phase, the geopolymer structure becomes final and geopolymerization is completed. Based on the mole ratio of Si/Al in the structure of the geopolymer, polysialate ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}-$), polysialate siloxo ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$) and polysialate-disiloxo ($-\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$) structures can occur at different rates (Zhang et al., 2020; Aziz et al., 2021).

Geopolymers have a lower Si content than zeolites and have an amorphous structure, unlike crystalline zeolite structures (Asim et al., 2019). This porous 3-dimensional structure of geopolymers plays an important role in the formation of high adsorption and catalytic properties. Due to these properties,

geopolymer materials can be used in different processes such as removing the pollutions (organic materials, heavy metals etc.) from the wastewater, gas capture and storage process, some different energy and chemical industries (Lazorenko, and Kasprzhitskii, 2022).

Another important advantage of geopolymer materials is that they can be easily synthesized from a wide variety of raw material sources. Geopolymer materials can be synthesized from natural sources such as kaolin (Aziz et al., 2021), metakaolin (Luo et al., 2021) and diatomite (Bagci, Kutyla and Kriven, 2017) with high Si and Al content, as well as from waste materials such as fly ash (Lu et al., 2022), red mud (Luo et al., 2021), silica fume (Tian, Nakama and Sasaki, 2019), blast furnace slag (Aziz et al., 2020).

In recent years, different methods have been investigated to improve the porous structure of geopolymer materials. One of these methods is foamed geopolymerization processes. The foamed geopolymerization process can be carried out by different methods: Direct foaming, Chemical foaming, Replica and Addition of Pseudo-Materials (Phavongkham et al., 2020). Among these methods, Chemical Foaming is the method that attracts the most attention due to its simple process. In this study, the development of the structure of geopolymer materials by chemical foaming method and the use of the obtained geopolymers in methylene blue adsorption were examined. Chemical foaming was carried out with Zn and Al doping.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Experimental Studies

The fly ash used in the study was obtained from Zonguldak Çatalağzı Thermal Power Plants. Before being used in geopolymer synthesis, the particle size was reduced by passing through a 120 µm sieve. XRF analysis was performed to determine the fly ash composition and the results are given in Table 2.1. Metal doping (foaming) was achieved by adding metal powders of Aluminum (>99.9%) and Zinc (>99%). Similarly, metal powders were passed through a 120 µm sieve.

Table 2.1. Fly Ash XRF Results

Element Compositions (Oxide Forms)	Yüzde (%)
SiO ₂	54.6
Al ₂ O ₃	25
Fe ₂ O ₃	10.9
K ₂ O	6.3
CaO	3.2

Sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na₂SiO₃) alkalis were sourced from Merck chemicals (MerckKgaA, Darmstadt, Germany) and Ref-San chemicals, respectively. Alkali pellets were used after they were combined with water in the appropriate ratio and made into a solution. Methylene blue solution (Cas no: 61-73-4) was used for adsorption studies.

2.1.1. Geopolymer Synthesis

Geopolymers were obtained by doping metal powders using chemical foaming method. Alkaline activation solutions were prepared by dissolving the appropriate amount of NaOH solid pellet in water and adjusting its molarity. For the homogeneity of the solutions, it was allowed to wait for at least 24 hours at room conditions.

Table 2.2. Synthesis parameters of 1st group geopolymers

Experiment No	Metal Powder Type	Metal Powder Ratio	Alkali Type	Curing
1	Al	% 0,05	NaOH	25 °C, 7 days
2	Al	% 0,1	NaOH	25 °C, 7 days
3	Al	% 0,2	NaOH	25 °C, 7 days
4	Zn	% 0,5	NaOH	25 °C, 7 days
5	Zn	% 1	NaOH	25 °C, 7 days
6	Zn	% 2	NaOH	25 °C, 7 days

For the synthesis of 1st group geopolymers, firstly, fly ash and metal powders were mixed in appropriate proportions. The geopolymerization reaction was initiated by adding 10M NaOH alkaline solution to the solid powder mixture. A solid/liquid ratio of 0.35 was used for activation. It was mixed for 10 minutes to ensure homogeneity and carry out the synthesis. The obtained geopolymers were left to cure for 7 days at 25 °C. Before the adsorption process, the pH was brought to 7 by washing with distilled water. Synthesis parameters of group 1 geopolymers are given in Table 2.2.

According to the results obtained from the 1st group geopolymers, it was decided to foam with Zn metal and the 2nd group geopolymer synthesis experiments were performed accordingly. For the synthesis of the 2nd group geopolymers, the same synthesis method was followed with the 1st group geopolymers. Two types of alkaline solutions were used in the synthesis of group 2 geopolymers: 14 M NaOH solution and high alkaline solution medium prepared with NaOH and Na₂SiO₃. Group 2 geopolymers were pre-cured at 80 °C for 2 hours after their synthesis to increase the geopolymerization. Afterwards, the curing process was completed by leaving it at room temperature for 7 days. After the curing phase, the pH was brought to 7 by washing with distilled water. Synthesis parameters of group 2 geopolymers are given in Table 2.3.

Table 2.3. Synthesis parameters of 2nd group geopolymers

Experiment No	Metal Powder Type	Metal Oranı	Tozu	Molarity	Curing
7	Zn	% 1		NaOH	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days
8	Zn	% 1		NaOH and Na ₂ SiO ₃	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days
9	-	-		NaOH and Na ₂ SiO ₃	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days

2.1.2. Adsorption Process

Different concentrations of methylene blue dyestuff were used for adsorption processes. Adsorption experiments were carried out in 100 mL beakers using 50 mL of synthetically prepared methylene blue solutions. Experiments were carried out at constant temperature (room temperature, 25 °C) and constant stirring speed (120 rpm) as batch type. The adsorption process was carried out for 45 min. The natural pH value of methylene blue was used for adsorption. The pH of the geopolymers used as adsorbent material was brought to 7 by the washing process. In the studies, different adsorbent amounts (0.05, 0.25, 0.50) and different adsorption solution concentrations (50, 150, 200, 250 mg/L) were studied. The remaining solution concentrations after adsorption was determined by UV analysis. UV analyzes were performed at 664 nm, which was determined as the most suitable wavelength for methylene blue adsorption.

The adsorbents retention efficiency of the geopolymers for methylene blue is indicated by e and the adsorption equilibrium capacity as qe (mg/g), calculated by the following equations 2.1 and 2.2:

$$e = c_0 - c_{ec} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$q_e = (c_0 - c_e)V_m \quad (2.2)$$

c_0 : Initial concentration of methylene blue (mg/L),
 c_e : Methylene blue concentration after adsorption (mg/L),

2.2. Experimental Results

2.2.1 Fly Ash Characterization

XRD analysis was used to determine the crystalline and amorphous phases in fly ash. As seen in the XRD graph in the Figure 2.1, the peaks at $2\theta = 20^\circ$ and 26° diffraction angles show that the main crystalline phases are quartz and mullite.

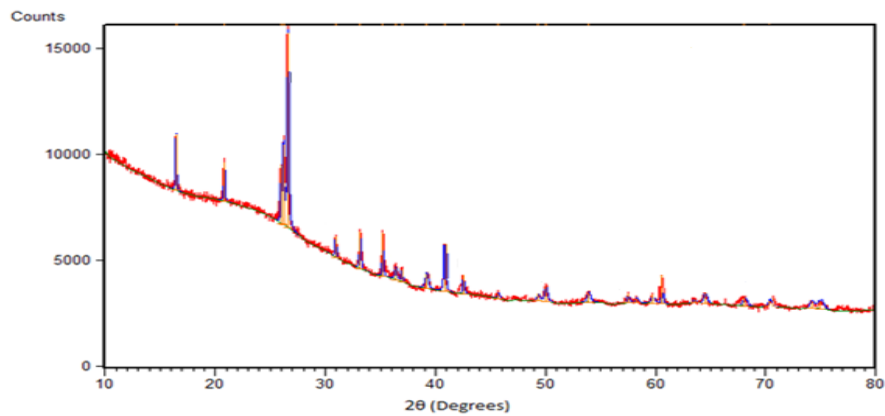


Figure 2.1. Fly ash XRD analysis graph

FTIR analysis was used to examine the types of chemical bonds in fly ash (Figure 2.2). The O-H bond stretch in water molecules in fly ash was observed at 3463 cm^{-1} . The main peak seen at 1056 cm^{-1} is due to the asymmetric stretching in Si-O-Al and Si-O-Si bonds. The peak observed at 792 cm^{-1} indicates the Si-O symmetrical stretching vibrations and the presence of quartz in the fly ash. The peak at 551 cm^{-1} shows Si-O-Si and Al-O-Si asymmetric stretching bonds and the peak at 463 cm^{-1} shows Al-O and Si-O bonds.

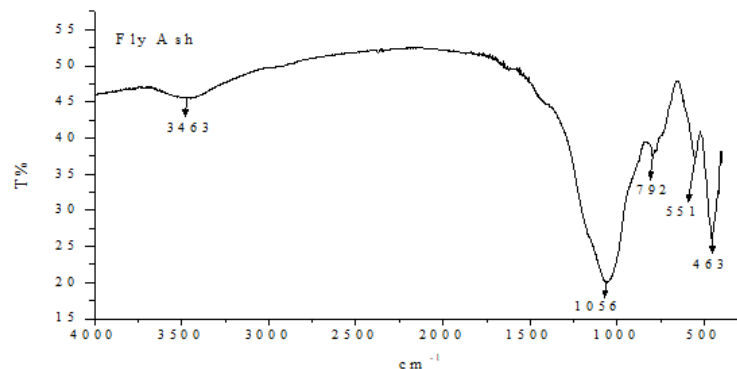


Figure 2.2. Fly ash FTIR analysis graph

2.2.2 Geopolymer Synthesis Analysis Results

FTIR analysis was used to determine the geopolymerization rates of geopolymer materials synthesized by the foaming method, and BET analysis was used to observe the surface area. FTIR results of geopolymer materials foamed by doping Al metal are in the Figure 2.3, analysis results of geopolymers foamed by doping with Zn metal are in the Figure 2.4.

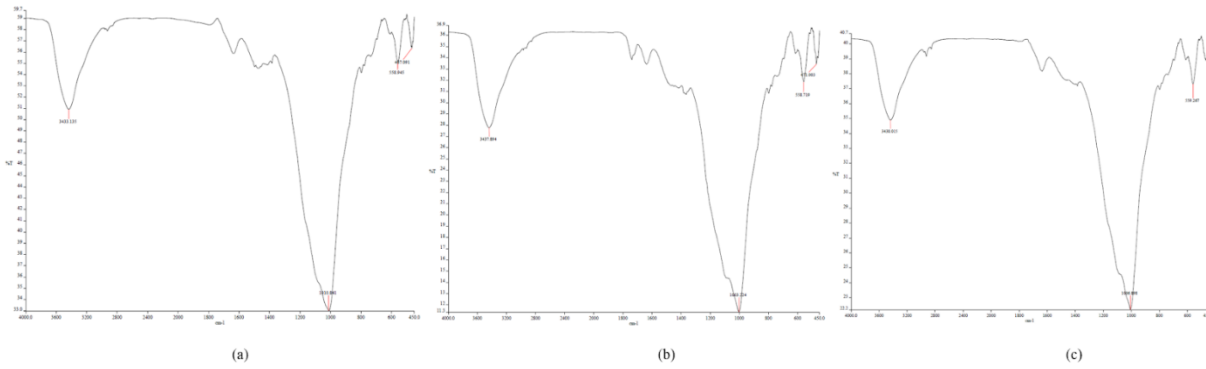


Figure 2.3. FTIR analysis results for experiment numbers 1 (a), 2 (b) and 3 (c), respectively

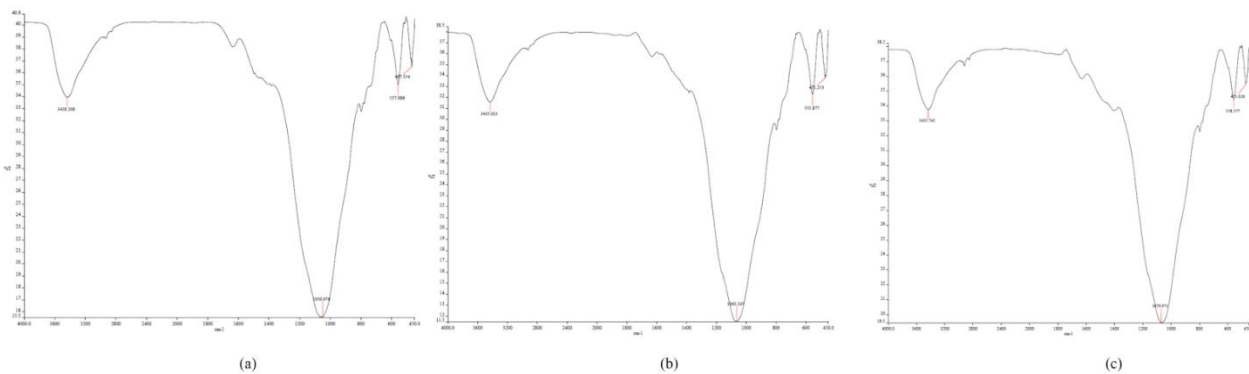


Figure 2.4. FTIR analysis results for experiment numbers 4 (a), 5 (b) and 6 (c), respectively

When the FTIR graphs are examined, it is seen that the main peak of the geopolymers doped with Al metal occurs at an average of 1000 cm^{-1} . For this reason, it was determined that the peak at 1056 cm^{-1} seen in fly ash shifted to lower peaks due to geopolymerization. When the main peak of the geopolymers doped with Zn metal is examined, it is seen that it occurs at 1050 cm^{-1} in geopolymer with %0.5 doping, at 1063 cm^{-1} in geopolymer with %1 doped and at 1070 cm^{-1} in geopolymer with %2 doped. High peaks seen in high Zn additives indicate insufficient geopolymerization. At this point, it was determined that alkaline solution was insufficient for geopolymerization, since alkaline solution was used for both geopolymerization and metal foaming.

When BET analyzes were examined, it was observed that the highest surface area was obtained in geopolymer doped with 1% Zn metal ($6.047\text{ m}^2/\text{g}$). In the Al metal doped geopolymers, the highest surface area was reached at a rate of 0.05% Al doped ($3.568\text{ m}^2/\text{g}$). According to these results, it was seen that Zn metal doping has the capacity to increase the surface area more than Al metal doping.

In order to increase the rate of geopolymerization, 2nd group geopolymers were synthesized and the effect of alkali molarity and alkali type was investigated. Figure 2.5 shows the FTIR results of 2nd group geopolymers. Accordingly, the highest main peak shift was observed in the geopolymer synthesized with 14M NaOH alkali solution (1015 cm^{-1}). A relatively lower peak shift was observed in activated geopolymers using with highly alkaline solution prepared with NaOH and Na_2SiO_3 ($1051\text{ ve } 1058\text{ cm}^{-1}$).

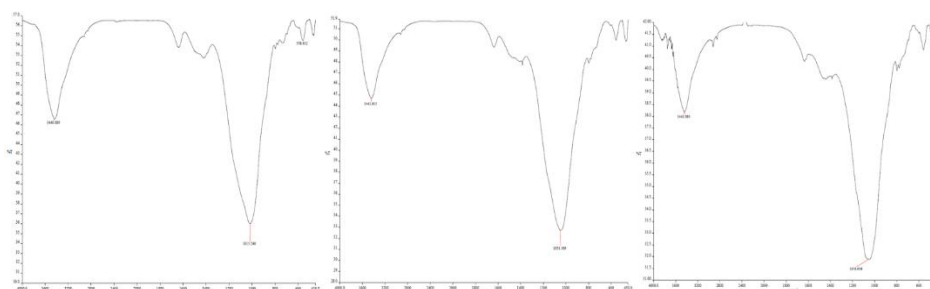


Figure 2.5. FTIR analysis results for experiment numbers 7 (a), 8 (b) and 9 (c), respectively

XRD analysis results for 2nd group geopolymers are shown in Figure 2.6. The presence of the amorphous phase in the structure of the geopolymers is evident from the broad humps between 10° and 40°. The high and sharp humps observed in the graphs show the quartz, mullite and calcite crystal phases. Accordingly, it is clearly seen that both amorphous and crystalline phases are effective in the geopolymer structure.

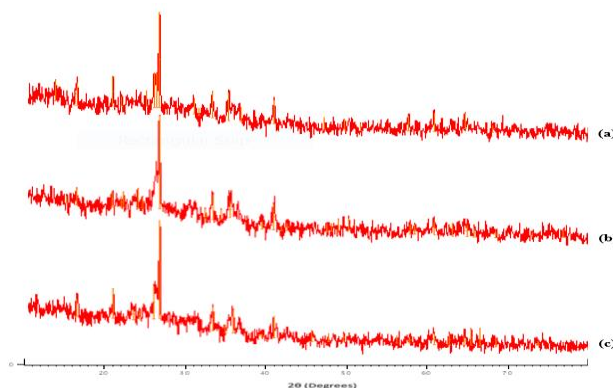


Figure 2.6. XRD analysis results for experiment numbers 7 (a), 8 (b), and 9 (c), respectively

When the BET analyzes were examined, it was observed that the geopolymer sample activated with 14 M NaOH and doped with 1% Zn reached a surface area of 27.355 m²/g. It was observed that a surface area of 16.091 m²/g was reached in the Zn doped geopolymer, activated with a high alkali solution prepared with NaOH and Na₂SiO₃, and 19.530 m²/g in the non-Zn doped geopolymer. According to this result, it has been determined that the foaming process using NaOH solution gives more effective results than the case where Na₂SiO₃ solution is used. As can be seen from the FTIR graph, the geopolymerization rate of the geopolymer samples obtained with 14 M NaOH was found to be higher.

2.2.3 Adsorption Experiment Result

For adsorption studies, 3 different adsorbent concentrations (0.05, 0.25, 0.50 g) were examined. As a result of the studies, it was observed that the adsorption efficiency increased with the increase in the amount of adsorbent. A maximum adsorption efficiency of 88.9% was achieved when 0.5 g adsorbent was used. In Figure 2.7, the adsorption efficiencies obtained according to the increasing amount of adsorbent are shown.

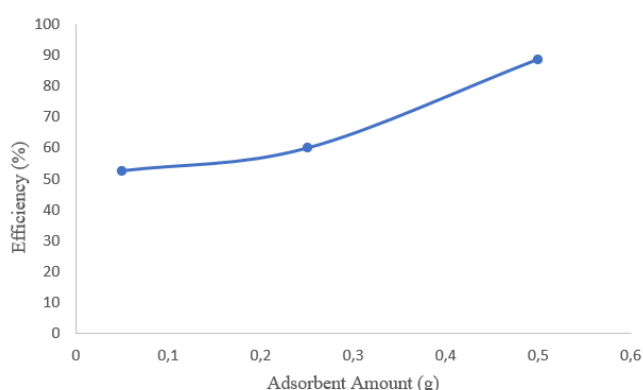


Figure 2.7. Graph of adsorption efficiency obtained according to increasing amount of adsorbent

In order to determine the adsorption isotherm of methylene blue adsorption on geopolymers with increased surface area, solutions at concentrations of 50, 150, 200 and 250 mg/L were prepared and their adsorption was investigated using 0.25 g adsorbent. It was observed that the adsorption efficiency for 50 mg/L concentration was 97.4% and it was observed that the yield decreased gradually with increasing concentrations. When the adsorption data were examined, it was determined that the Langmuir isotherm was the most suitable isotherm to represent the adsorption data (R^2 value for Langmuir isotherm was found to be 0.9952). Langmuir isotherm graph can be seen in the Figure 2.8.

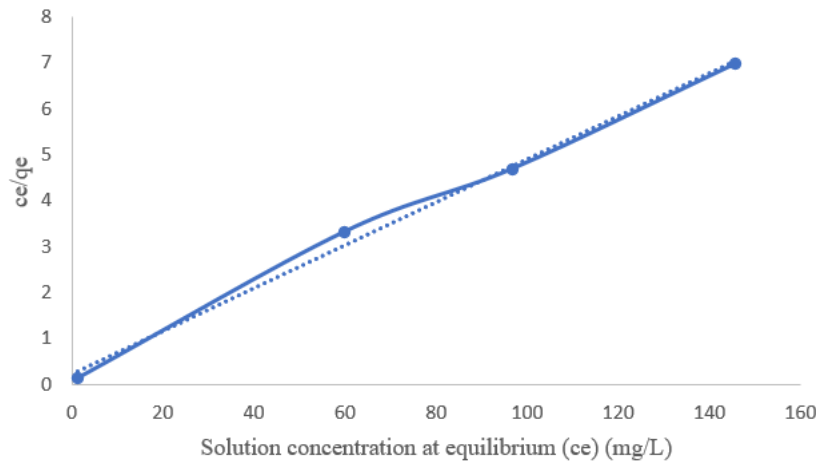


Figure 2.8. Langmuir isotherm graph

According to the adsorption equation obtained from the graph, the maximum adsorption capacity was found to be 21.3 mg/g.

3. RESULT

As a result of all studies, the following results were obtained:

- Zn metal is more active than Al metal in increasing the pore surface area.
- Alkaline solution molarity is a very important parameter since the alkali solution used during the geopolymer synthesis by metal doping is used both for foaming and for geopolymerization. At the same time, in order to activate the geopolymer structure more effectively, it must be supported by pre-curing at 80 °C.
- For the geopolymerization process, the NaOH solution provides a higher foamed geopolymerization efficiency than the Na₂SiO₃ solution. Max. surface area was obtained as 27.355 m²/g with 14 M NaOH solution.
- Max. 88.9% adsorption efficiency was obtained with 0.5 gr adsorbent amount.
- It was determined that the studies comply with the Langmuir adsorption isotherm and R² value has found as 0.9952. 97.4% adsorption efficiency was obtained for 50 ppm concentration. This shows that the use of geopolymers to remove methylene blue from wastewater in low concentration waters can provide high efficiency.

REFERENCES

- Asim, N., Alghoul, M., Mohammad, M., Amin, M. H., Akhtaruzzaman, M., Amin, N., Sopian, K. (2018). Emerging sustainable solutions for depollution: Geopolymers. *Construction and Building Materials*, 199(28), 540-548.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.043>
- Aziz, A., Bellil, A., Hassani, E. A., Fekhaoui, M., Achab, M., Dahrouch, A., Benzaouak, A. (2021). Geopolymers based on natural perlite and kaolinic clay from Morocco: Synthesis, characterization, properties, and applications. *Ceramics International*, 47, 121556.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.121556>
- Aziz, I. H., Abdullah, M. M. B., Mohd Salleh, M. A. A., Azimi, E. A., Chaiprapa, J., Sandu, A. V. (2020). Strength development of solely ground granulated blast furnace slag geopolymers. *Construction and Building Materials*, 250, 118720.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118720>
- Bagci, C., Kutyla, G. P., & Kriven, W. M. (2017). Fully reacted high strength geopolymer made with diatomite as a fumed silica alternative. *Ceramics International*, 43(17), 14784-14790.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.222>
- Degefu, D. M., Liao, Z., Berardi, U., & Labbe, G. (2022). The dependence of thermophysical and hygroscopic properties of macro-porous geopolymers on Si/Al. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 582, 121432.
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2022.121432>
- Gupta, V., Agarwal, S., Ahmad, R., Mirza, A., & Mittal, J. (2020). Sequestration of toxic congo red dye from aqueous solution using ecofriendly guar gum/activated carbon nanocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 1310-1318.
www.isarcconference.org

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.025>

Lan, T., Meng, Y., Ju, T., Chen, Z., Du, Y., Deng, Y., Song, M., Han, S., & Jiang, J. (2022). Synthesis and application of geopolymers from municipal waste incineration fly ash (MSWI FA) as raw ingredient - A review. *Resources, Conservation & Recycling*, 182, 106308.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106308>

Lazorenko, G., & Kasprzhitskii, A. (2022). Geopolymer additive manufacturing: A review. *Additive Manufacturing*, 55, 102782

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102782>

Luo, Y., Meng, J., Wang, D., Jiao, L., & Xue, G. (2021). Experimental study on mechanical properties and microstructure of metakaolin based geopolymer stabilized silty clay. *Construction and Building Materials*, 316(17), 125662.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125662>

Luo, Z., Zhi, T., Liu, L., Mi, J., Zhang, M., Tian, C., Si, Z., Liu, X., & Mu, Y. (2021). Solidification/stabilization of chromium slag in red mud-based geopolymer”, *Construction and Building Materials*, 316(7), 125813.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125813>

Lu, C., Wang, Q., Liu, Y., Xue, T., Yu, Q., & Chen, S. (2022). Influence of new organic alkali activators on microstructure and strength of fly ash geopolymer. *Ceramics International*, 48(9), 12442-12449.

<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.01.109>

Mittal, J. (2021). Recent progress in the synthesis of Layered Double Hydroxides and their application for the adsorptive removal of dyes: A review. *Journal of Environmental Management*, 295, 113017.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113017>

Novais, R. M., Ascensao, G., Tombaldi, D. M., Seabra, M. P., & Labrincha, J. A. (2017). Biomass Fly Ash Geopolymer Monoliths for Effective Methylene Blue Removal from Wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 171, 783-794.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.078>

Oss, R. N., Gonçalves, R. F., Cassini, S. T., Junior, M. A. S., Cipriano, D. F., & Freitas, J. C. C. (2022). Single step production of activated carbon from microalgae cultivated with urban wastewater. *Algal Research*, 64, 102669

<https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102669>

Padmapriya, M., Ramesh, S. T., & Biju, V. M. (2022). Synthesis of seawater based geopolymer: Characterization and adsorption capacity of methylene blue from wastewater. *Materials Today: Proceedings*, 51(4), 1770-1776.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.030>,

Phavongkham, V., Wattanasiriwech, S., Cheng, T., & Wattanasiriwech. (2020). Effects of Surfactant on Thermo-Mechanical Behavior of Geopolymer Foam Paste Made with Sodium Perborate Foaming Agent. *Construction and Building Materials*, 243, 118282.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118282>

Siyal, A. A., Shamsuddina, M. R., Khana, M. I., Rabata, N. E., Zulfiqara, M., Mana, Z., Siamec, J., & Azizli, K. A. (2018). A review on geopolymers as emerging materials for the adsorption of heavy metals and dyes. *Journal of Environmental Management*, 224, 327-329.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.046>

Tian, Q., Nakama, A., Sasaki, K. (2019). Immobilization of cesium in fly ash-silica fume based geopolymers with different Si/Al molar ratios. *Science of the Total Environment*, 687, 1127-1137.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.095>

Yan, S., Ren, X., Zhang, F., Huang, K., Feng, X., & Xing, P. (2021). Comparative study of Pb²⁺, Ni²⁺, and methylene blue adsorption on spherical waste solid-based geopolymer adsorbents enhanced with carbon nanotubes. *Separation and Purification Technology*, 284, 120234.

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.120234>

Zhang, P., Gao, Z., Wang, J., Guo, J., Hu, S., & Ling, Y. (2020). Properties of fresh and hardened fly ash/slag based geopolymer concrete: A review. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122389.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122389>

Zhang, Y. J., Han, Z. C., He, P. Y., & Chen, H. (2020). Geopolymer-based catalysts for cost-effective environmental governance: A review based on source control and end-of-pipe treatment”, *Journal of Cleaner Production*, 263, 121556.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121556>

TURKISH TRACES ON EASTERN SLAVIC ARCHITECTURAL MEMORIES DOĞU SLAV MİMARLIK ABİDELERİNDE TÜRK İZLERİ

Prof. Dr. Minahanım Nuriyeva (Tekeli)

Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi 0000-0002-4985-8134

Özet

Doğu Slavların (Rus, Ukraynalı ve Belarus) dillerinde tüm Asya'yı ve Doğu Avrupa topraklarını kapsayan ve sonuçta Batı ve Doğu Türk boyları ittifakını oluşturan Hun İmparatorluğu döneminden beri işlenen çok sayıda türk sözlere sırasında tespit ettiğimiz *saray, seral, yurt, çertoq> çerdak, şatrovoviy tarz (şatr> çadır ~ şater); laçuğa (alaçuk), kurgan, terem, çulan, şalaş, kirpiç, karavansaray, stan, barak, kervansaray, ocak, maydan, ambar, konak, duhan, kabak, kovçeq, koş, koşara, xibarka, koçerma, kuren, Arbat* gibi yaşayışla ilgili olan ve *kalança, başmak (sütunun aşağı kısmı; dayanak), altar, duval (duvar), kuşak, başnya, kalpak, baraban* (kubbenin altı, dayanak; silindirik şekilde bölüm); *kupol (kuppe), xoromı* (büyük daire; "harem" kelimesinden); *konura...* kabilinden olan ve kesin şekilde Türk mimarlık sanatı ile ilgili belli ettiğimiz bolca kelime ve terimleri bu etkinin güçlü olduğunu söylemeye izin verir. Bildirimizde bu kelimelerin Rus kültüründeki yerine değinilecektir. Rus dilinin çok erken dönemlerinden onun sözlük bünyesinde muhafaza edilen Türk dillerine ait onlarca eski mimari terimlerinin bu dillerde varlığı Türk-slav ilişkilerinin önemini ve tarihi zorunluluk olma olgusunu doğrular. Bu sebepten, Rusya'nın Türk dünyası ile olan kültürel ilişkilerinin öğrenilmesi sorunu Türk dilinin, kültürünün ve tarihinin tetkik edilmesinin de güncel sorunlarından biri olarak kendini göstermektedir. Çünkü elde olan sonuçlar gösteriyor ki, böyle çalışmalar Türk dillerini, onun tarihini araştırmak için de özel önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Slav, kubbe, saray, Türk, Rus

Abstract

The words and terms as (*saray, seral, bashnya, kupol (kuppe), chertok>cherdak, shatrovoviy (shatr>chadır~shater); kalpak, lachuka (alachuk), kurkan, terem, chulan, shalash, kirpich, karavansaray, stan, barak, ochak, maydan, konak, arbat, kalancha, baraban, kovchek, kosh, koshara, kocherma, kuren, horomı, konur*) related to the Turkish architectural art in the languages of Eastern Slavs from the period of the Hunan imperya which was comprising the land of Asia and Eastern Europe, and as a result forming the alliance of the Western and Eastern Turkish crews, gives basis to say that this influence was strong. Taken from Turkish language *kalancha* "bush, tower "guard tower in the Eastern Slavs; high towers on the castle wall, later were converted into observation and guard towers. This article will discuss the place of these words in Russian culture. The existence of dozens of ancient architectural terms belonging to Turkic languages preserved in its dictionary from the very early periods of the Russian language in these languages confirms the importance of Turkish-Slavic relations and the fact of being a historical necessity. For this reason, the problem of learning Russia's cultural relations with the Turkish world is one of the current problems of examining the Turkish language, culture and history. Because the results show that such studies are of special importance for researching Turkic languages and their history.

Anahtar kelimeler: Slav, cupola, palace, Turk, Russian

Doğu slav dillerine, yanı sıra Rus diline geçen Türk sözlere sırasında ev yerleşim ve mimari alanlarına ait terimlerin varlığı birçok Türk mimari sanat motiflerinin, Türk ev inşa etmek geleneklerinin Slav halkları tarihinde önemli yer tuttuğunu gösteriyor. İslamiyet'ten önce ve sonrasına ait olan slav dillerindeki bu alıntılar - Rus sanatında yaşatılan bu örnekler kendisinde Moğol-Türk devletleri döneminde yetişen kültürel mirası ve Türk halklarının elde ettikleri başarıları toplayarak akseder. Bu maksatla Doğu Slavların (rus, ukraynalı ve belarus) dillerinde tüm Asya ve Doğu Avrupa arazilerini ihtiva eden ve sonuç olarak Batı ve Doğu Türk halkları birliyini meydana getiren Hun imperyası döneminden bu yana işlenen çok sayıda Türk kelimeleri sırasında ortaya çıkardığımız *saray, seral, başnya, kupol (kuppe), çertok>çerdak, şatrovoviy tarz (şatr>çadır~şater); kalpak, laçuğa (alaçuk), kurgan, terem, çulan, şalaş, kirpiç, karavansaray, stan, barak, oçak, maydan, konak, arbat, kalança, baraban* (kubbenin altı, dayak; silindr şekilli kısım); *kovçek, koş, koşara, hibarka, koçerma, kuren, horomı* (büyük daire; "harem" sözünden); *konur...* (Tekeli, 2006:154-184) kabilinden olan kesinlikle

Türk mimari sanatı ile ilgili söz ve terimler bu tesirin güçlü olduğunu söylemeğe esas veriyor. Bu münasebetle bir örnek vermek isterim: Türk dillerinden alınan *kalança* “*kalaça, kalecik; burç, kule*”(Dmitriyev, 1962:559) Doğu Slavlarda *muhafız kulesi*; sonradan Rusya'daki yapıların, surların üzerindeki yüksek kuleler, gitgide polis binalarının, yangından koruma tesislerinin çatısında kurularak gözlem ve gözetim kulelerine dönüşmüştür (şek.1).



(şekil1.Kostroma kentinde kalança)

19. yüzyılda - Rusların Kafkasya'ya girdikleri zamandan söz, Kafkas bekçi kuleleri ile ilgili olarak da hızla kullanılmaya başlandı(1001 icat: Dünyamızda İslam mirası, 2010:289; Tekeli, 2006:220).



(şekil 1. Eski Sarısın kentinde (Volgograd)kalança (küle)

Rusya'nın şehirlerinde bu kuleler-kalançalar günümüze değin korunma altında bulundurulmaktadır. Moskova'da bugün kendi ismini koruyan Kalança meydanı da burada bulunan tarihi Kalança Kulesi ile ilgilidir.

Vaktiyle bu meydan olan şehri çevreleyen çölde çarların üzerinde yüksek kule "*kalança*" (kalaça) olan yolüstü sarayı bulunuyordu. Buradaki meydan da, sokak ve restoran da kendi adını bu isimden almış(Tekeli, 2006:221).

16-17. yüzyıllarda Rusya'da taş mimarisine geçildi ve ağaç mimarisinde kazanılan binyıllık gelenek taş mimarisine aynen uygulanmaya başlandı. Bununla da taş mimarisine ağaç mimarisinden aynen aktarılan "*Çadırvari tarz*" (şatrovıy stil) tüm ihtişamı ile ayakta tutulmaya başlandı(1001 icat: Dünyamızda İslam mirası, 2010:29,297; Tekeli, 2006:183-184). Böyle ki, çadırvari tarz uslubu Rusda moğollaradek olan devirdə yayılmış(11. yüzyıllık başlanğıcında) 13. asrın sonlarına aid kiliselerde üstün idi(şek.2.). Lakin kilise islahatçısı Nikon zamanı bu stil yasak edilse de 16-17 yüzyıldakı mabetlerin eski çadır uslubunun tam kopyası olduğunu söylemek olar. Hatta 1877-78 yıllar Rus-Türk savaşı hatırasına Moskvada Ohotnı Riyadda tikilmiş (1882) ibadethane çadır üslubunda ucaltılmışdı. Bazılarının fikrince abide Monomax şapkası tarzını mühafaza etmektedir.



(şekil 2 Moskvada çar 3. Vasili kilisesi(1510)



(şekil 2) Krasnoyarskda(eski Kızıl Yar) ibadethane



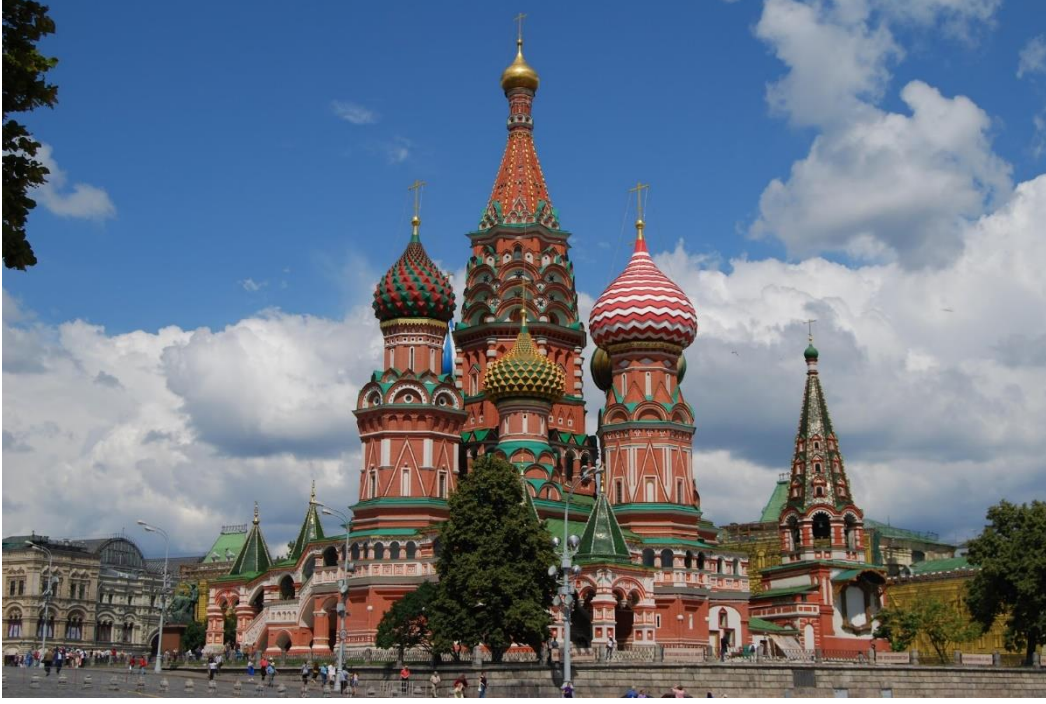
(şekil 2. Moskva altı Medvedkovo köyünde kilise)



(şekil 2) Moskva.Krasnaya Ploşad (Güzel Meydan)a giriş. Türk çadiri üslublu çatı.

Moskova Kremlin'in önünde Kızıl Meydan'ın güney bölümünde yer tutan Pokrov mabeti, daha sonraki, fakat daha çok yayılmış yaygın adı Vasili Blajenni Kilisesi çadırvarı tarzın en muhteşem örneğidir(şek.3). Ona temaşa ettiğinde sayısız detayların: merdivenlerin, giriş kapılarının, geçitlerin, duvar süslerinden tutmuş kubbelere kadar her şeyin çok çok eski çağlara dayanan Türk üslubu dikkat çekmektedir. 16. yüzyıl Rus mimarisinin zirvesi sayılan (Sovyet Tarihi Ansiklopedisi,2 c., 1961: 998) bu mabet 1555-1561 yıllarında inşa edilmiştir. Bilindiği üzere bu muhteşem mabet Rus devletinin ihtişamını yansıtmalı idi.

Şimdi bir mimarlık incisi olarak bilinen, aslında hatıra anıtı olan "Fetih ve Zafer" mabeti Kazan Hanlığı'nın üzerindeki zafer dolayısıyla inşa edilmiştir. Tarihin belli çağına dönersek görürüz ki, Rusya'da Kazan'a karşı 15-16. yy. boyunca Moskova Devleti Kazan'a aktif saldırılar gerçekleştirmiştir; Kazan Moskova Devleti'nin Sibiryaya çıkması yolunda engel gibi duruyordu. Kazan'ın fethi ile Moskova Rusunun karşısında Sibiryanın, Uzak Doğu'nun geniş dünyası açılacaktı. Bu işe önemli devlet kaderi gibi bakan Korkunc İvan nihayet Kazan'ı istila edip Moskova'ya dönen gibi galibiyet anıtını inşa etmeyi emreder. Mabet 8 bağımsız kiliseden ibaretti. Bu Kazan uğruna 8 belirleyici savaşın şerefine işaret ediyordu. Fakat bunun aslında mabetin örnek olarak alındığı Kul Şerif Camii'nin taklidi olduğunu da ileri sürenler vardır.



(şekil 3.)

Öyle ki, Korkunc İvan'ın gösterişine esasen onun uçurup yerle bir ettiği, mimarisine ise hayran kaldığı güzel Kul Şerif camininin tam benzeri inşa edilmeliydi. Ciddi değerlendirmelere göre Vasili Blajenni Kilisesi Kazan'daki 8 minareli, çadırvarı, soğan-kümbetli eski Bulgar-Tatar geleneklerini yaşatan ve Osmanlı mimari öğelerinin süslendirdiyi Kul Şerif Camii'ne benzetilerek yapılmıştır. (Tatar Ansiklopedik Sözlüğü, 1999:106, 306; Büyük Sovyet Ansiklopedisi,C.4, 1970:323-324) Tarihçiler arasında büyük bir kısım araştırmacılar da alçakgönüllülükle bu caminin gerçekten bugünkü Kutsal Pokrov tapınağının prototipi olduğunu itiraf etmektedirler. Cefakeş alim Xudyakov'un (1937 de o, bir milliyetçi akademisyen damgası ile Stalin hapishanesinde öldürüldü) vaktiyle çağdaşları tarafından hipotez adlandırılan, aslında sağduyu ürünü olan fikirleri şimdi birçoklarında hiçbir şüpheye yer bırakmaz. "Kazan Hanlığı'na Dair Denemeler" adlı değerli araştırmasında yazıyordu ki, Kazan'ın istila edilmesi dolayısıyla inşası yapılmış Vasili Blajenni her şeyden önce kendi mimari özelliklerine göre Kazan'daki sekiz minareli Kul Şerif Camii'ni - 14 yüzyıl Volqaboyu halklarının İslam mimarisi incisini hatırlatır. (Hudyakov,1991:130) Rastgele değildir ki, "Rusu iyice temizlersen, altından tatar görünür" diyen Napeleon Kremlin'deki konutundan sık sık bu tapınağı gün boyunca seyir ettikçe darılır, en çok da alay ile onu "cami" adlandırıyordu (Dünyanın yüz muhteşem tapınağı, 2002: 487) Ama her zaman, ziyaretçilerini efsanevi güzelliğinin tentenesine, kendi süsüne göre bu harküladə anıt hayrette koymuş, onlara ferahlık vermişti. (Dünyanın yüz muhteşem tapınağı, 2002:487) (4.şekil)



(4.şekil)



(şekil 4)



Moskva Tarih muzesi(1875) iç mimari; kemer.(şek.4)

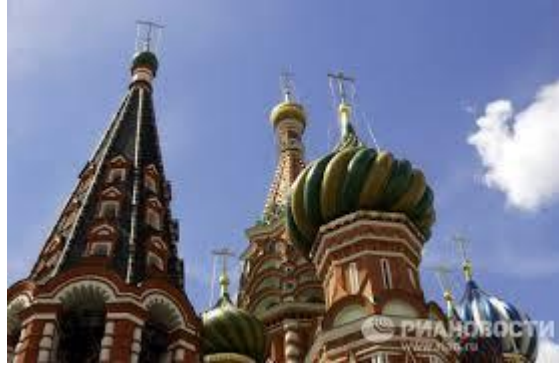


Bu ayrıca, kiliseler birbirleriyle garip bir uyum teşkil ederek dev bir mabeti oluşturur. Aynı temel üstünde dikilen 8 bağımsız kubbeli kilise, nihayet son savaşın anısına dikilen ortadaki tüm kiliselerden en yüce ve en büyük kuleyle birleşir(şekil 3) ... Moskova'nın, hatta tüm Rusya'nın en muhteşem abidesi olan bu benzersiz hıristiyan tapınağı Rus mimarisinde eski Türk çadırlarına takliden oluşturulan (bu üslupta inşa

edilmiş tapınaklara çadırvarı tarzı "şatrovıy xram" denir), neredeyse temel, öncü bir konuma sahip olmuştur. O'dur ki, şu anda kültür anıtları olarak her bir şehirde muhafaza edilen kültürel miras örnekleri sayılan mabet, kilise, ev, saray dahil Kremlin burçları (1680) kendisinde hem de Türk ihtişamını yaşatmaktadır.

Elbette Kazan'ın alınması dolayısıyla 1555-de dikilen bu anıt çadırvarı mabet tarzının ilk örneği değildi, hatta bundan az öncesine tesadüf eden Moskovaaltında Dyakov ve Kolomensk'de (şimdi şehir arazisine dahil olmuşlardır) Vozneseniya Kilisesi vb. gibi örneklerle doluydu.

Çadır tarzı çokyüzlü piramit görünümünde mimari biçim olup inşaatın üst tavan kısmını tamamlamak görevine hizmet eder. Bu "çadırlar" aracılığıyla burçlar, çağrı kuleleri, mabetler ve sarayların girişi-merdivenin üstü inşa edilirdi. Çadırları dörtüzlü veya sekiz yüzlü olur; bu net proporsiyalar tabii ki, göklere yükselmekle yapının silüetine de keskin dinamizm veriyor(şek.5).



(şekil 5)

Mabetin şaşırtıcı güzellikler bahşeden kubbeleri Türk-İslam mimarlık kültüründe "soğanbaşı" veya "soğan" denen kubbelerdir (1001 icat: Dünyamızda İslam mirası: 210). Öyle ki, özellikle Babürlülerin gözdesi olan soğan kubbe İran, Hindistan alt kıtasında ve Asya'da yaygınlaşmıştır (1001 icat: Dünyamızda İslam mirası, 2010: 487). Bu unsurlar Rus dilinde de edebi çeviri yolu ile saklanmıştır (*lukoviçnyy*; luk "soğan"; *viçnyy* "bönzər") ve Rus mimarisinde geçici hallerden olmayıp, şu anda esas itibarı ile mimarlık incilerinin süsüdür(şek. 6).

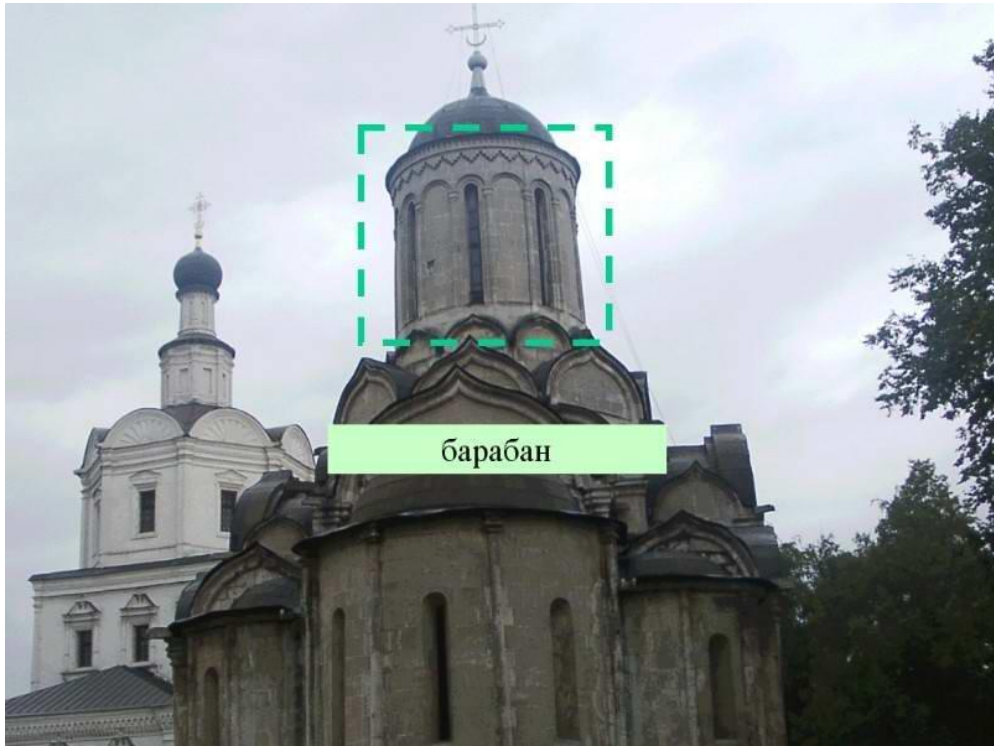


(şek.6 Suzdal şehrinde eski kilisenin yıldızlı kübbesi)

Kilisenin kubbelerini (ruscası kupol; lukovıy kupol "soğan kübbe" aslı Arapça olan "kubbe" Türk kelimesinden) süsleyen çinilerin mabedin kendi tarihi kadar ilginç, ama gözyaşardan tarihi vardır. Konuyla

ilgili özenle seçilmiş elyazıları ve çeşitli araştırmalar temelinde hem dünya, hem de Rus mimarisi anıtının inşa tarihini gözler önünde canlandırarak 16. yüzyılın ortalarındaki Rusya'nın sosyal ve kültürel ortamını nakşetmiş Snegirev yazıyordu: Kazan feth edilirken, daha doğrusu, kanlar içinde imha edilirken şehrin birçok eski camileri yıkılmış talan olmuşlar dahil, Cuma Camii, Nur Ali ve birçok dağılıp harabe edilmiş camilerin çinileri ganimet gibi Moskova'ya getirilmiş ve birbaşa mabedin yapımında kullanılmıştır(Snegirev, 1953: 82; Sovyet Tarihi Ansiklopedisi 2.c.,1961:106, 306). Elbette, bu daha çok sembolik anlam taşıyordu!

İç mekanın çok renkliliği, parlak renklerin yarattığı büyümlü izlenim işte esrarengiz kubbelerden başlamaktadır. Kubbeye dayanak gibi dikilen elemanı ise *baraban* (taraban,davul) adlandırılıyordu. Rus dilinin canlı, ayrıca edebi dili üsluplarında önemli yer tutan ve hem de bir dizi terim anlamı ile geniş yayılan bu söz arz ettiği askeri, tıbbi anlamları ile birlikte mimarlık terimi olarak da ciddi işlev taşıyor. Belirtelim ki, *baraban* (davul) veya *taraban* doğu slav dillerinde daha çok durumlarda Türk kelimesi ile (Türk barabanı) kullanılır. Kilisenin kubbelerini tutan kurgu baraban adını almakla pencere ve desenlerle zenginleştirilirdi; sarayın birkaç yüzlü, genellikle sekiz yüzlü çatı bölümü, kubbenin boynu (BSE, 1969: 2, 616; Tekeli, 2006: 146-147) anlamında baraban Slav mimarisinde temel araçlardan biridir.(şek.7)



(şek. 7)



(şek 7)



(şek. 7)

Vasili Blajenni mabeti zengin ve çekici, tıpkı Doğu masalları ile sesleşen harika dekorlarla süslenmiştir. Mabet olağanüstü bir mimari yadigarı etkisi bırakır. Renkli kubbeler, hem içinde, hem dış görünümünde zengin dekoratif öğeler, bilerek simetrisi bozulmuş süs ve nakışlar ona bir esrarengiz sanat eseri kalitesi bahşeder.

Şimdi de kendi azameti ile Rusyanın eski ve güzel abidelerinde yaşatılan Türk sanat izleri egemenlik etmekte, kendi ferahlatıcı, bayram etkisi yaratan bir tavrı ile üstün, baskın etkisini barındırmaktadır.

Edebiyat

1. Büyük Sovyet Ansiklopedisi (30 ciltde), 1969-1978, 2, 4 ciltler (Rusça), BSE Yayını, Moskova. (Rus dilinde)
2. Dmitriyev Nikolay Konstantinoviç. 1962 Türk dillerinin kuruluşu, Moskva , Doğu Edebiyatı Yayınları, (Rus dilinde)
3. Dünyanın yüz muhteşem tapınağı. 2002 Moskova, Vece yayınları, (Rus dilinde)
4. Hudyakov, Mihail Georgieviç. Kazan Hanlığına Dair Denemeler 1991, Moskova, İnsan yayınları, (Rus dilinde)
5. 1001 icat: Dünyamızda İslam mirası, 2010, Mega Basım, İstanbul.
6. Moskova ve Moskvaaltının mimari anıtları, 1954 Moskova, (Rus dilinde)
7. Moskova - Ansiklopedi, 1980 Moskova, (Rusça)
8. Snegiryev Vladimir Leontyeviç. Mimari abidesi-Vasili Blajenni mabedi, 1953 Moskova, (Rusça)
9. Sovyet Tarihi Ansiklopedisi (16 ciltde) 1961-1976; 2 cilt. (Rus dilinde)
10. Tatar Ansiklopedik Sözlüğü, 1999. Kazan, Tatar Ansiklopedi Enstitüsü yayınları
11. Tekeli (Nuriyeva) Minehanım 2006. Rus dilinde Türk sözleri, Bakü, Nurlar yayınları

DERİN ÖZELLİKLER KULLANILARAK EVRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI İLE RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLERDEN KEMİK YAŞI TAHMİNİ

Eyüp KAYMAZ

Milli Eğitim Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye.
ORCID:0000-0002-2721-7512

Suat TORAMAN

Fırat Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Hava Trafik Kontrol Bölümü, Elazığ, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-7568-4131

ÖZET

Kemik yaşı tahmini, pediatrik endokrinologlar tarafından çocukların kemik ve fiziksel gelişimini belirlemede, çocuk gelişiminde endokrin ve metabolik bozuklukları teşhis etmede, adli tıp vakalarında kimlik yaşının doğrulanmasında kullanılmaktadır. Radyolojik görüntülerden kemik yaşı tespitinde uzman hekimlerin en çok kullandığı yöntemler, Greulich ve Pyle (GP) ve Tanner and Whitehouse (TW) yöntemleridir. Mevcut yöntemlerde kemik yaşının belirlenmesi, uzman tarafından radyolojik görüntülerin standart görüntüler ile karşılaştırılması şeklinde yapılmaktadır. Bu durum zaman alıcı ve sonucun doğruluğu uzman bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada ise uzmanlara kemik yaşı tahminlemesinde yardımcı bir karar destek sistemi önerilmiştir. Çalışmada kullanılan radyolojik görüntüler, Kuzey Amerika radyoloji derneğince (The Radiological Society of North America - RSNA) oluşturulan halka açık veri setinden elde edilmiştir. Çalışma için 1-7 yaş arası çocuklara ait 1115 erkek ve 1206 kız olmak üzere toplam 2321 adet el-bilek radyolojik görüntü kullanılmıştır. Çalışmada, ResNet, DenseNet ve EfficientNet olmak üzere üç farklı derin öğrenme mimarisi ile görüntülerden özellik çıkarımı yapılmıştır. Çıkarılan özellikler destek vektör makinesi ile sınıflandırılmıştır. El-bilek radyolojik görüntüler üç farklı şekilde incelenmiştir. Birincisi yöntemde görüntüler ham olarak incelenmiştir. İkinci yöntemde görüntülere ön işlem uygulanmış ve görüntülerdeki istenmeyen kısımlar çıkarılmıştır. Her iki yöntemde sonuçlar oldukça düşük çıkmıştır. Bu nedenle üçüncü yöntemde veri artırma uygulanmıştır. Sonuç olarak kızlarda ResNet ile %80.86, erkeklerde DenseNet ile %81.46 doğruluk elde edilmiştir. Kız ve erkek çocuklar birlikte incelendiğinde ResNet ile %81.56 doğruluk elde edilmiştir. Sonuçlar önerilen yöntemin, el-bilek görüntülerinden yaş tahminlemesinde hekimlere karar verme sürecinde yardımcı olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: El-bilek Radyoloji Görüntüleri, Derin Öğrenme, Kemik Yaşı Tespiti

ESTIMATION OF BONE AGE FROM RADIOLOGICAL IMAGES WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS USING DEEP FEATURES

Abstract

Bone age estimation is used by pediatric endocrinologists to determine the bone and physical development of children, to diagnose endocrine and metabolic disorders in child development, and to confirm the age of identity in forensic cases. The methods most commonly used by specialist physicians in determining bone age from radiological images are Greulich and Pyle (GP) and Tanner and Whitehouse (TW) methods. In current methods, determination of bone age is done by comparing radiological images with standard images by the specialist. This is time consuming and the accuracy of the result varies depending on the specialist. In this study, an assistive decision support system in bone age estimation has been proposed to experts. The radiological images used in the study were obtained from the publicly available dataset created by the Radiological Society of North America (RSNA). A total of 2321 hand-wrist radiological images, 1115 boys and 1206 girls, belonging to children aged 1-7 were used for the study. In the study, features were extracted from images with three different deep learning architectures, namely ResNet, DenseNet and EfficientNet. Extracted features were classified by support vector machine. Hand-wrist radiological images were examined in three different ways. In the first method, raw images were examined. In the second method, images were preprocessed and unwanted parts are removed. In both methods, the results were quite low. For this reason, data augmentation was applied in the third method. As a result, 80.86% accuracy was obtained with ResNet in girls and 81.46% with DenseNet in

boys. When the boys and girls were examined together, 81.56% accuracy was obtained with ResNet. The results show that the proposed method can help physicians in the decision-making process in estimating age from hand-wrist images.

Keywords: Hand-wrist Radiology Images, Deep Learning, Bone Age Detection

1. GİRİŞ

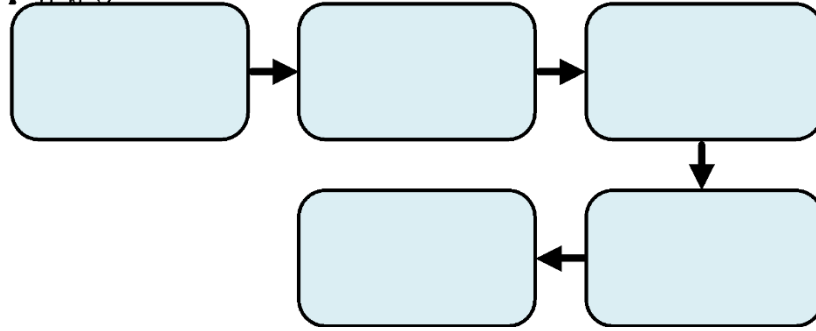
Pediyatrik endokrinologlar, çocukların kemik ve fiziksel gelişimini belirlemede radyolojik görüntülerden faydalanmaktadır. Vücudun farklı kısımlarındaki (el, ayak, diz, dirsek, omuz ve kalça) kemikler ile çocuğun yaşını tespit etmek için farklı araştırmalar yapılmaktadır (Demirkıran, Çelikel, Zeren ve Arslan, 2014). Özellikle, el ve bilek kemiklerinden belirli yaş grubundaki çocukların kemik yaşı kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Kemik yaşı tespiti, 0-6 yaş aralığındaki çocuklarda flakslara bakılarak, 12-18 yaş aralığındaki çocuklarda ise farklı kemiklere (Sesamoid kemik) bakılarak yapılmaktadır (Güraksın, 2015, Asad, 2019). Radyologların kemik yaşı tespitinde en çok kullandığı iki yöntem Greulich ve Pyle (GP) yöntemi ve Tanner and Whitehouse (TW) yöntemleridir. Greulich ve Pyle yöntemi ile tahminleme yapılırken çekilen el ve el-bilek grafilerinde kemikleşme zamanı, epifizlerin kemik shaftına kaynaması vb. gibi kriterlere bakılmaktadır (Güraksın, 2015, Asad, 2019). Sonrasında epifiz hattının kapanma seviyesi, epifiz kenar özellikleri elde edilerek mevcut veriyle karşılaştırılması sonucu kemik yaşı tahmini yapılmaktadır. Tanner and Whitehouse yönteminde ise el ve bilek kemiklerinin distal uçlarının kemikleşme oranları kız ve erkeklerde ayrı olarak skorlanır. El ve el-bilekte bulunan kemiklerin yanı sıra ulna ve radius ile birlikte 20 farklı kemik gelişim aşamasına göre skorlanır ve toplanır. Toplanan bu skorlar atlastaki tabloya yerleştirilerek kemik yaşı tespiti yapılır (Güraksın, 2015, Kaplan, 2014). TW yönteminin bilgisayar destekli programı da kullanılmaktadır. Mevcut yöntemlerde yaş tespiti, görüntülerin uzmanlar tarafından tek tek incelenmesi ve belirlenen standartlardaki görüntüler ile karşılaştırılması ile yapılmaktadır. Bu ise çok zaman almakta ve sonucun doğruluğu uzmana göre değişkenlik göstermektedir (Güraksın, 2015, Kaplan, 2014). Radyologların %76'sı GP yöntemini kullanmaktadır (Asad, Cantürk, Genç ve Özyılmaz, 2018). GP atlası ve TW atlası dışında Adli Tıpta Yaş Tayini kitabı da ayrıca kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin sonucunda erkeklerde 1.21 yıl, kızlarda 2.17 yıllık bir sapma gözlemlenmiştir. Bu yöntemlerin tümünde radyologlar göz yordamıyla tespitte bulunmaktadır (Demirkıran, Çelikel, Zeren ve Arslan, 2014).

GP ve TW yöntemlerinin önerildiğinde bilgisayar uygulamaları daha gelişme aşamasındadır. Donanım ve yazılım mimarilerindeki gelişmeler, sağlık alanında da kendini göstermiştir. Yapay sinir ağlarının kullanılmaya başlanması ile bu alanda da çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Görüntüden çıkarılan özellikler, YSA, SVM, Karar Ağaçları vb. gibi çeşitli sınıflandırıcılar ile sınıflandırılmıştır. Bu yöntemler geleneksel yöntem olarak bilinmektedir. Son yıllarda ise derin öğrenmenin ön plana çıkması ve popüleritesinin artması ile bu alanda da farklı uygulamalar yapılmaya başlanmıştır. Somkantha ve arkadaşları, dijital el atlasından 0-6 yaş aralığında el-bilek röntgen görüntülerini kullanarak karpal kemiklerinden yapay zeka destekli kemik yaşı belirlenmesi için bir yöntem geliştirmiştir. Elde edilen sonuçların radyologların değerlendirme sonuçlarına oldukça yakın çıkmıştır (Somkantha, Umpon, Auephanwiriyaikul, 2011). Hsieh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 550 çocuğa ait sol el-bilek karpal kemiklerini incelemiştir. Çalışma temel bileşen analizi ve istatistiksel yöntemlerden faydalanılmıştır. Yöntem 1 ve 2'de %89, yöntem 3'de ise %87'lik doğruluk oranına ulaşılmıştır (Hsieh, Liu, Jong, Tiu, 2010).

Geleneksel yöntemlerde özellik çıkarma uzman tarafından gerçekleştirilmektedir. Derin öğrenme mimarilerinde ise bu işlem model tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Derin öğrenmenin kullanıldığı kemik yaşı tespitine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Asad ve ark. el bilek radyolojik görüntülerinden yaş tespiti için derin öğrenme mimarilerinden MobilNet, Inceptionv3 ve ResNet50'yi kullanmıştır. Kenar bulma filtresi uygulanan görüntülerin doğruluk oranı daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak ön işlemenin doğruluk oranını artırmada önemli bir katkı sağladığı vurgulanmıştır (Asad, 2019). Li ve ark. çocukların büyüme bozukluklarını tespit etmek için, el bilek radyolojik görüntülerini kullanmıştır. RSNA (Kuzey Amerika Radyoloji Derneği) tarafından oluşturulan veri setindeki 12.611 el bilek radyografisini eğitim için, 1.425 el bilek radyografisini ise test için kullanmıştır. Görüntüler, bölütleme işlemi sonrasında MobilNetV3 derin

öğrenme mimarisi ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda görüntüler 6.2 ay hata ile tespit edilmiştir (Li, Liu, Li, Zhu, Yan, Zhang, 2021).

Bu çalışmada, RSNA veri setinden elde edilen kız ve erkek çocuklarının el-bilek X-ray görüntülerinden kemik yaşı tahminlemesi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, üç derin öğrenme modeli (EfficientNet, DenseNet, ResNet) ile özellik çıkarımı yapılmış ve çıkarılan özellikler DVM ile sınıflandırılmıştır. Şekil 1’de çalışmanın genel akış diyagramı görülmektedir.



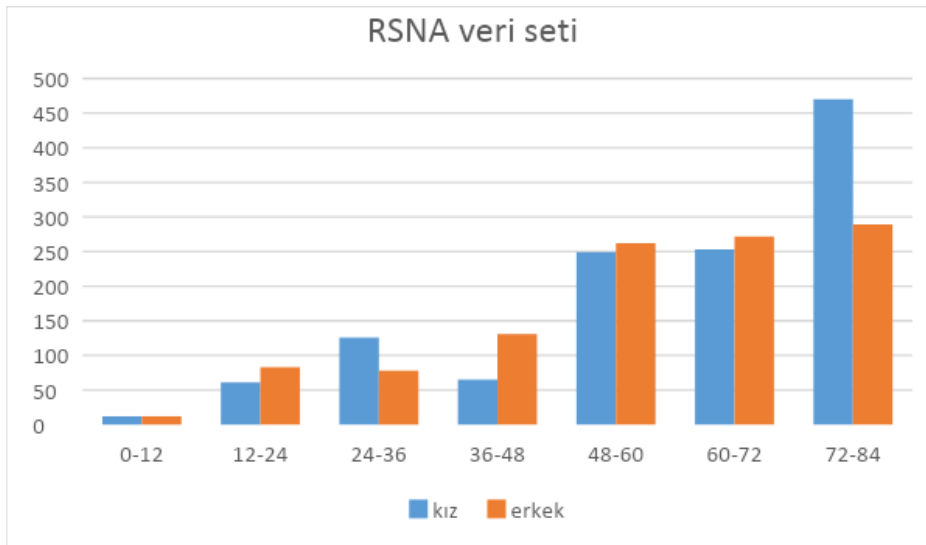
Şekil 1. Çalışmanın genel akış diyagramı

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Bu bölümde veri seti, derin öğrenme modelleri ve sınıflandırıcı ile ilgili bilgiler verilmiştir.

2.1. Veri seti

Kuzey Amerika Radyoloji Derneği (RSNA) tarafından Pediatrik Kemik Yaşı Makine Öğrenimi Yarışması için oluşturulan X-ray görüntüsünden elde edilmiştir (RSNA Pediatric Bone Age Challenge, 2017). Orijinal veri seti 12.611 eğitim, 1425 doğrulama ve 200 test görüntüsünden oluşmaktadır. Veri seti 0-18 yaş erkek ve kadın el bilek görüntüsünü içermektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi, çalışmada 0-1 yaş arası görünüş sayısı çok az olduğu için 1-7 yaş arasındaki 2321 el-bilek görüntüsü kullanılmıştır. Şekil 2’de verilerin istatistiksel dağılımı gösterilmiştir.

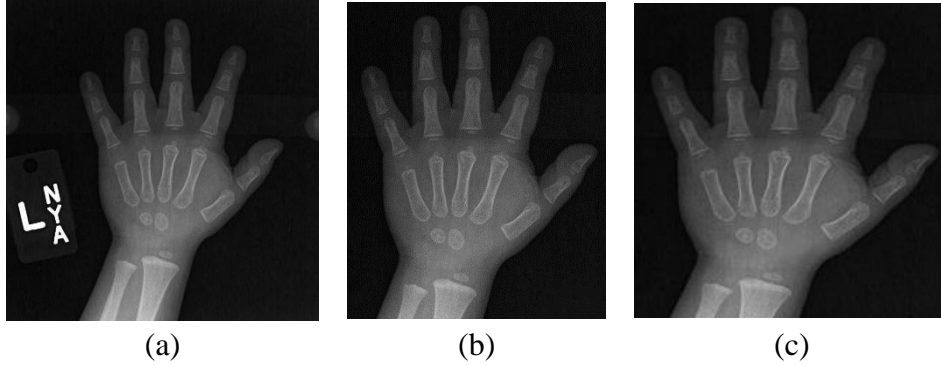


Şekil 2. Veri setinin yaş ve cinsiyete göre dağılımı

2.2. Ön işlem

Verilerin Evrişimsel Sinir Ağlarında (ESA) işlenebilmesi için görüntülerin kanal sayısı ve derinliği yeniden ayarlanmıştır. Ayrıca, verilerdeki istenmeyen kısımlar özellik çıkarım aşamasında yanlış değerlendirmeye neden olacağından dolayı çıkarılmıştır. Bu amaçla görüntüler 24 bit derinliğe ayarlanmış ve görüntülerdeki istenmeyen kısımlar çıkarılmıştır. Daha sonra görüntüler, ESA girişine uygun olması için 224 x 224 piksele

yeniden boyutlandırılmıştır. Şekil 3’de görüntüye uygulanan ön işlem adımları için örnek gösterilmiştir. Şekil 3a’da ilk önce ham görüntü gösterilmiştir. Şekil 3b’de ham görüntüden istenilmeyen kısımlar çıkarılmıştır. Son olarak Şekil 3c’de ise görüntüler 224 x 224’e yeniden boyutlandırılmıştır.



Şekil 3. El-bilek görüntülerine uygulanan ön işlem basamakları

2.3. Veri Artırma

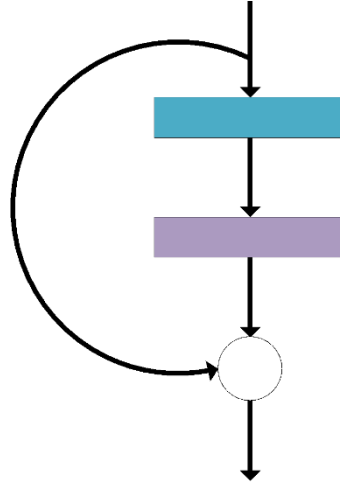
Bazı yaş aralığındaki görüntü sayısı sınırlı olduğundan, aşırı uyum (overfitting) sorununu önlemek için veri artırma yöntemi uygulanmıştır. Veri artırma için yakınlaştırma (zoom), genişlik kaydırma (width shift) ve yükseklik kaydırma (height shift) kullanılmıştır. Her bir yaş grubundaki görüntü sayısı 250 olacak şekilde ayarlanmıştır. Veri sayısı 250’den fazla olan yaş gruplarında rastgele seçim yöntemi ile çıkarım yapılmıştır.

2.4. Evrişimsel Sinir Ağları

Derin öğrenmenin en temel katmanı olan evrişim katmanında görüntüye çeşitli filtreler uygulanmaktadır. Bu filtreler görüntü üzerinde gezdirilerek bir sonraki katmana aktarılacak olan özellik haritası oluşturulmaktadır (Kaya, 2021). Evrişim katmanından sonra kullanılan katman havuzlamadır. Havuzlama (pooling) katmanı bir sonraki katmanın giriş boyutunu azaltmak için kullanılmaktadır. Böylece ağda dolaşan veri miktarı azalmış olmaktadır. Bu durum ağı hızlanmasının yanı sıra kullanılan bellek miktarının azalması sağlamaktadır (Doğan, Türkoğlu, 2019). Derin öğrenme mimarilerinde kullanılan diğer bir katman ise tam bağlı (Fully connected) katmandır. Bu katmandaki nöronlar bir sonraki katmandaki nöronların tamamına giriş olarak verilmektedir. Tam bağlı katmandan sonra ise sınıflandırma katmanı gelmektedir.

2.5. ResNet

2015 yılında gerçekleştirilen ImageNet Büyük Ölçekli Görsel Tanıma Yarışması (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge – ILSVRC) kazanan derin öğrenme modeli Microsoft tarafından geliştirilen Residual Network (ResNet) olmuştur. ResNet’in farklı katman sayısına sahip versiyonları bulunmaktadır. Bunlar ResNet50, ResNet101 ve ResNet152’dir. ESA modellerinde ağı derinliğinin artması eğitim aşamasını zorlaştırmaktadır. Bunun sonucunda da kaybolan gradyan (vanishing gradients) problemi ortaya çıkmaktadır. ResNette bu problem, x girişinin $f(x)$ ’e aritmetik olarak eklenip $(F(x)+x)$ ’in Relu katmanından geçirilip ve daha sonra girişten bir sonraki katmana bir kısayol oluşturularak çözülmeye çalışılmıştır (Doğan, Türkoğlu, 2019, Toraman, Tuncer, Balgetir, 2018, Zagoruyko, Komodakis, 2017). Şekil 4’de ResNet bağlantı mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4. ResNet mimarisi

2.6. DenseNet

DenseNet her katmanı kendinden sonraki katmanlara ileri beslemeli bir şekilde bağlayan bir ESA modelidir. Mimari yapı olarak ResNet'e benzer olsa da çeşitli farklılıklar bulunmaktadır. ResNet'te, bilgiler bir sonraki katmana aktarılırken, DenseNet'te ise bilgi kendinden sonraki tüm katmanlara aktarılmaktadır (Toraman, Tuncer, Balgetir, 2018, Huang, Liu, Maaten, Weinberger, 2017).

2.7. EfficientNet

EfficientNet, ImageNet veri seti üzerinde başarılı sonuçlar üreten derin öğrenme mimarisidir. EfficientNet sekiz model serisinden oluşmaktadır. ImageNet veri setinde kullanılan modeller karmaşıklıkla birlikte başarı oranı yükselmiştir. Fakat işlem yoğunluğu artmıştır. Mevcut modellerde derinlik artırılarak doğruluk oranının artırılması yoluna gidilmiştir. Bu durum, işlem yükünün artmasına neden olmuştur. EfficientNet'te ise sadece katman sayısını artırmak yerine derinlik, çözünürlük ve genişlik parametrelerinde değişiklik yapılmıştır. Sonuç olarak bileşik ölçekleme denen yapı geliştirilmiştir (Tan, Le, 2019).

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneysel çalışma için üç farklı derin öğrenme modeli (ResNet, DenseNet, EfficientNet) kullanılmıştır. Her bir el-bilek görüntüsünün özellik vektörü üç model ile ayrı ayrı elde edilmiştir. Özellik vektör boyutları ise şu şekildedir. ResNet50 2048, DenseNet201 1920 ve EfficientNetB0 ise 1280'dir. Elde edilen özellik vektörleri destek vektör makineleri ile sınıflandırılmıştır. Yaş tahminleme işleminin daha nesnel olabilmesi için çapraz doğrulama yöntemi uygulanmıştır. Böylece veri kümesindeki tüm görüntüler hem eğitim hem de test için kullanılmıştır. k parametresi 5 olarak seçilmiştir.

Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada ham görüntüler incelenmiştir. İkinci aşamada görüntülerdeki istenmeyen kısımlar temizlenmiştir. Üçüncü aşamada ise yaş grupları arasındaki dengesizlik dikkate alınmış ve veri artırma yöntemi ile veri dengesizliği giderilmiştir. Tablo 1'de ham görüntüler kullanılarak gerçekleştirilen tahminleme için sınıflandırma doğrulukları gösterilmiştir.

Tablo 1. Ham görüntülerin sınıflandırma doğrulukları

	ResNet	DenseNet	EfficientNet
Kız	50.74 ± 3.08	49.49 ± 3.89	46.59 ± 3.02
Erkek	44.30 ± 3.05	43.94 ± 1.55	41.61 ± 2.74
Toplam (Kız-Erkek)	44.55 ± 1.69	44.61 ± 1.29	44.98 ± 1.01

Tablo 1 incelendiğinde sınıflama doğruluk oranlarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durum ham görüntülerden her üç derin öğrenme modelinin de etkili özellik çıkaramadığını göstermektedir. Bunun nedeni, görüntüdeki istenmeyen kısımların özellik çıkarma işlemi üzerindeki olumsuz etkisi olabileceği düşünülerek bu

kısımlar görüntülerden çıkarılmıştır. Görüntüden istenmeyen kısımların çıkarılması ile gerçekleştirilen tahminlemenin sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ön işlemden uygulanmış görüntülerin sınıflandırma doğrulukları

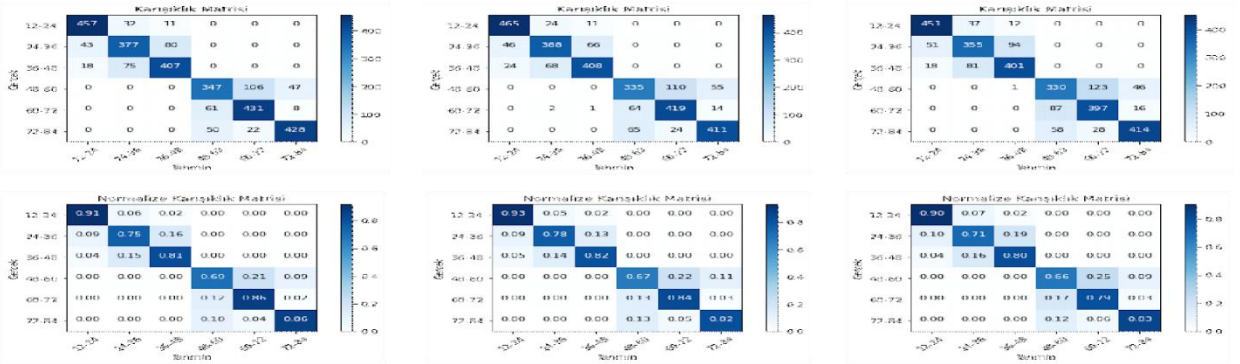
	ResNet	DenseNet	EfficientNet
Kız	56.80 ± 3.64	57.04 ± 2.46	57.96 ± 2.82
Erkek	61.70 ± 2.49	59.28 ± 4.50	58.83 ± 1.03
Toplam(Kız-Erkek)	55.49 ± 2.70	55.96 ± 1.33	57.51 ± 2.56

Tablo 2 incelendiğinde sınıflama doğruluklarının arttığı görülmüştür. Şekil 2’de görüldüğü gibi sınıflar arası veri dengesizliği oldukça fazladır. Sınıflar arası dengesizliğini giderilmesi için veri artırma yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca veri artırma ile aşırı uyum probleminin de giderilmesi amaçlanmıştır. Tablo 3’de veri çoğaltma sonrası elde edilen sınıflama doğrulukları verilmiştir. Tablo 3’de görüldüğü gibi sınıflandırma sonuçlarında önemli oranda yükselme görülmüştür.

Tablo 3. Veri artırma sonrası sınıflandırma doğrulukları

	ResNet	DenseNet	EfficientNet
Kız	80.86 ± 2.34	79.26 ± 2.25	77.8 ± 2.32
Erkek	79.86 ± 2.94	81.46 ± 2.55	80.33 ± 1.17
Toplam (Kız-Erkek)	81.56 ± 1.01	80.86 ± 1.19	78.26 ± 1.79

Her üç derin öğrenme modelinde de sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Kızlarda en yüksek doğruluk ResNet ile elde edilirken erkeklerde DenseNet iyi sonuç vermiştir. Kız ve erkek çocukları beraber incelendiğinde yine ResNet daha başarılı bir sınıflama gerçekleştirmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde, derin öğrenme mimarilerinde model derinliğinin artmasının her zaman başarımı arttırmaya yönelik olmayacağı sonucu da çıkmaktadır. Şekil 5’de veri artırma uygulandıktan sonra gerçekleştirilen sınıflama doğruluklarına ait karışıklık matrisleri gösterilmiştir.



Şekil 5. Veri artırma sonrası elde edilen görüntülere ait karışıklık matrisi (Soldan sağa: ResNet, DenseNet, EfficientNet)

Çalışmadaki tüm deneysel sonuçlar Python platformu Keras kütüphanesi kullanılarak NVIDIA RTX 2060 grafik işleme birimi (GPU) ile gerçekleştirilmiştir.

4. SONUÇ

Çocuk el-bilek radyolojik görüntülerinden kemik yaşı belirlenmesinde, X-ray görüntülerindeki istenmeyen kısımların sınıflandırmada başarımı olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Görüntüdeki istenmeyen kısımların çıkarılması, ham görüntülere göre başarımın artmasını sağlamıştır. Yaş grupları arasındaki veri dengesizliği ise derin öğrenme modelinin eğitim sürecinde iyi bir tanımı gerçekleştirememesine neden olmaktadır. Bu durumun giderilmesi için veri artırma uygulanmıştır. Dengeli bir veri kümesi kullanılarak yapılan eğitim sonucu tahminlemenin daha başarılı olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan her üç derin öğrenme modeli de sonuç olarak birbirine yakın değerler üretmiştir. Sonuçlar, önerilen sistemin kemik yaşı belirlenmesinde hekimlere yardımcı bir karar destek sistemi olabileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: SHY.22.01).

KAYNAKLAR

- Asad, MN., (2019). *Derin Öğrenme İle Radyolojik Görüntü Üzerinden Kemik Yaşı Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Asad M.A., Cantürk İ., Genç F.Z., Özyılmaz L., (2018) *Investigation of bone age assessment with convolutional neural network by using DoG filtering and à trous wavelet as preprocessing techniques*, 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT)
- Demirkıran D.S., Çelikel A., Zeren C., Arslan M. M. (2014) *Yaş tespitinde kullanılan yöntemler Methods for age estimation* Dicle Tıp Dergisi, 41 (1): 238-243
- Doğan F., Türkoğlu İ., (2019) *Derin Öğrenme Modelleri ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme*, DÜMF Mühendislik Dergisi 10:2 (2019) : 409-445
- Güraksın, GE. (2015). *Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Kemik Yaşı Tespiti*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hsieh, C. W., Liu, T. C., Jong, T. L., Tiu, C. M., (2010), A fuzzy-based growth model with principle component analysis selection for carpal bone-age assessment, *Medical and Biological Engineering and Computing*, 48, 579-588.
- Huang G, Liu Z, Maaten LVD, Weinberger KQ. (2017) *Densely Connected Convolutional Networks*. *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, p. 2261–9.
- Kaplan A., (2014) *12 yaş ve üstü pediatrik yaş gurubunda kemik yaşı Tayini için çekilen el bileği grafisinde kullanılan Greulich-pyle ve tanner-whitehouse Yöntemlerinin karşılaştırılması*, Radyoloji Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Radiyagnostik Anabilim Dalı.
- Kaya V., (2021) *Otonom güvenlik kontrollerinde kullanılmak üzere derin öğrenme tabanlı silah tespit ve tanıma sistemi*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Li S., Liu B., Li S., Zhu X., Yan Y., Zhang D. (2021) *A deep learning-based computer-aided diagnosis method of X-ray images for bone age assessment*. *Complex & Intelligent Systems*, <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00376-z>
- RSNA Pediatric Bone Age Challenge (2017), <https://www.rsna.org/education/ai-resources-and-training/ai-image-challenge/rsna-pediatric-bone-age-challenge-2017>, Erişim Tarihi: 14 Aralık 2021.
- Somkantha, K., Umpon, N. T., Auephanwiriyakul, S., (2011), Bone age assessment in young children using automatic carpal bone feature extraction and support vector regression, *J. Digit. Imaging*, 24, 1044-1058.
- Tan M., Le Q.V., (2019) *EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks*, *Proceedings of the 36 th International Conference on Machine Learning*, Long Beach, California, PMLR 97.
- Toraman, S., Tuncer, SA., Balgetir, F. (2018). *Is it possible to detect cerebral dominance via EEG signals by using deeplearning*. *Medical Hypotheses*, 131:109315.
- Zagoruyko S., Komodakis N., *Wide Residual Networks* arXiv:1605.07146v4 2017

ELAZIĞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRAL YERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Sebahattin BEYCUR

Firat University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Eco-informatics

ORCID: 0000-0001-8939-8163

Ömer Osman DURSUN

Firat University, School of Aviation, Department of Avionics

ORCID: 0000-0001-5605-0419

ÖZET

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacına paralel olarak yenilenebilir enerji kaynakları daha önemli hale gelmektedir. En fazla enerji potansiyeline sahip, temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çok kullanılan enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş ışınlarının elektrik enerjisine çevrilmesi için güneş enerji santrallerinin (GES) kurulması gerekir. Güneş enerjisi üretimi dünyanın en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak ortaya çıkmıştır. GES kurulum maliyetlerinin fazla olmasından ve yer seçimi konusunda birden fazla faktörün bulunmasından dolayı, konumsal verilerin elde edilmesi ve yorumlanması mekânsal değerlendirmeyi gerektirir. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) ile güneş enerji santralleri için uygun konum seçimi incelenmiştir. Konum belirlemede önemli olan etkenler bakı, eğim, güneş enerjisi potansiyeli, enerji nakil hatlarına uzaklık, akarsulara ve göllere uzaklık, yerleşim alanlarına uzaklık, karayolları ve demiryollarına uzaklık, deprem fay hattına uzaklık, Botaş boru hattına uzaklık ve bulutsuz gün sayısı olarak belirlenmiştir. Önem arz eden bu etkenlerin AHP ile kendi aralarında belirlenen önem derecesine göre ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda CBS analizlerinden faydalanılarak güneş enerji santralleri kurulumu için uygun yerler Elazığ ili için belirlenmiş ve Elazığ iline ait harita üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Yenilenebilir enerji, Güneş Enerjisi Santrali, Yer seçimi

DETERMINATION OF SOLAR POWER PLANT LOCATIONS IN ELAZIG WITH GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS AND ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS METHODS

ABSTRACT

Renewable energy sources are becoming more important in parallel with the increasing energy need day by day. Among the clean and renewable energy sources with the highest energy potential, the most used energy source is solar energy. Solar power plants (GES) must be installed in order to convert the sun's rays into electrical energy. Solar power generation has emerged as one of the fastest growing renewable energy sources in the world. Obtaining and interpreting spatial data requires spatial evaluation due to the high cost of SPP installation and the presence of multiple factors in site selection. In this study, the Analytical Hierarchy Method (AHP), one of the Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, and the appropriate location selection for solar power plants were examined. The factors that are important in determining the location were determined as aspect, slope, solar energy potential, distance to power transmission lines, distance to rivers and lakes, distance to residential areas, distance to highways and railways, distance to earthquake fault line, distance to Botaş pipeline and number of cloudless days. The weights of these important factors were determined according to the degree of importance determined by the AHP. In line with the data obtained, suitable locations for the installation of solar power plants were determined for the province of Elazığ by using GIS analyzes and shown on the map of the province of Elazığ.

Keywords: GIS, Renewable energy, Solar Power Plant, Site selection

1. GİRİŞ

Enerji, günümüzde toplumların refahı ve kalkınması için gerekli olan unsurların başında gelir. Enerji ihtiyacının karşılanmasında daha çok yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan petrol, kömür, doğalgaz gibi kaynaklar kullanılmaktadır. Çok kullanımdan dolayı fosil yakıt olarak isimlendirilen yenilenemeyen enerji kaynakları hızlı bir şekilde azalmaktadır. Rezervlerinin azalması ve çevre kirliliğindeki artış yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zaruri hale getirmiştir (Ceylan, 2016). Yenilenebilir enerji çeşitlerinin başında güneş enerjisi, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisi gelir. Temiz ve tükenmeyen bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok kullanılanıdır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları yönünden oldukça zengindir. Özellikle son on yılda çeşitli düzenlemeler yapılarak yatırımların daha cazip hale getirilmesi ile elektrik üretiminin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesi yaygınlaşmıştır (Yalçın, Yüce, 2020). Türkiye Elektrik İletim AŞ'den (TEİAŞ) elde edilen verilere göre, Türkiye'de kurulu olan toplam elektrik gücü 2022 Ocak ayında 99 bin 734 megavata ulaşmıştır. Türkiye yerli kaynakların kullanımına önem vermektedir. Türkiye'nin elektrik üretiminde önem arz eden yenilenebilir enerji kaynakları ise 53 bin 787 megavata yükselmiştir. Türkiye'nin 2022 Ocak ayı sonu itibari ile güneş enerjisine dayalı kurulu elektrik gücü miktarı 7 bin 881 megavat olurken, bunun 6 bin 959 megavatını lisanssız santraller 922 megavatını ise lisanslı santraller, oluşturmaktadır. Türkiye'nin, yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi içerisindeki payı yüzde 7,55'e, yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamı içerisindeki payı ise yüzde 14'e ulaşmıştır (Teiaş).

Güneş Enerji Santrallerinin (GES) yerleştirileceği konumun belirlenmesinde ve bu santrallerin kurulumunda birçok çalışmalar yapılmıştır (Gerçek, 2018). Sadece güneş enerjisi potansiyeli kriterini kullanarak GES santrallerinin konum tespitini yapmak yanlış sonuçlar verebilir. Farklı parametreler de analize katılarak yer tespiti yapılmalıdır.

Konum seçimi noktasında fazla parametre bulunduğundan, konumsal verilerin elde edilmesi ve analizi Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanılmasıyla daha kolay ve hızlı gerçekleşmektedir (Al Garni, Awasthi, 2016).

Uygun konumun belirlenmesi gibi uygulamalarda konumsal veri için karar gerektiren metotlardan yararlanılır. Etkin rol oynayan kriterlerin, ağırlıklarının belirlenmesi için Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi kullanılmaktadır (Demirer, 2017). ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) kullanılarak kriter ağırlıkları ve puanlandırmalar oluşturulur. Tespit edilen ağırlıklara göre parametrelerin konumsal bilgisi üzerine CBS de konumsal analizler gerçekleştirilir ve en uygun konumlar analiz edilerek sonuç haritalar üzerinde gösterilir (Solğun, 2019).

GES'in kurulumunda maliyetler fazla olduğundan güneş enerji santrallerinin kurulum yerlerinin tespit edilmesi önemlidir. Bu çalışmada Elazığ iline ait güneş enerji santrali konumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Elazığ ili 40° 21' ile 38° 30' doğu boylamları, 38° 17' ile 39° 11' kuzey enlemleri arasında Doğu Anadolu Bölgesinin güneybatısında, Yukarı Fırat Bölümü'nde yer almaktadır. Toplam alanı 9151 km² ve doğu-batı doğrultusundaki uzunluğu yaklaşık 150 km, kuzey-güney yönündeki genişliği ise yaklaşık 65 km civarındadır.

Bun çalışmada Elazığ ilinin konumsal verileri kullanılmıştır. Şekil 2.1. de Elazığ ilinin Türkiye içinde ki konumu gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Elazığ ilinin Türkiye içindeki konumu

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Veri Seti

Çalışma alanının şartlarına uygun olan kriterlerin kullanılmasına dikkat edilerek uygulamada kullanılacak olan parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerden güneş enerji potansiyeli haritası, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından CBS programı kullanılarak hazırlanmıştır ve internet üzerinden kullanıma sunulmuştur (MGM, 2022).

Bakı haritası ve eğim haritası verisi Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (United States Geological Survey - USGS) internet sitesinden sayısal yükseklik (digital elevation map - dem) haritası indirilerek oluşturulmuştur (USGS, 2022). TEİAŞ Elazığ 13. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen Elazığ iline ait enerji nakil hatlarına ilişkin konumsal veriler kullanılmıştır. Elazığ iline ait akarsulara ve göllere ilişkin konumsal veriler Almanya merkezli OpenStreetMap hizmetlerinde uzmanlaşmış bir danışmanlık ve yazılım geliştirme firması web adresinden temin edilmiştir (Geofabrik, 2021). Elazığ iline ait yerleşim yerleri haritası, karayolu ve demiryolu ağı haritası verileri Harita Genel Müdürlüğü'nün (HGM) web sayfasından indirilmiştir (HGM, 2021). Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinde sunulmuş olan fay hattı verisi sayısallaştırılarak kullanılmıştır (MTA, 2021). Kullanılan diğer bir kriter olan Botaş boru hattı verisi Botaş internet sitesinden alınmıştır (BOTAŞ, 2022). En son olarak bulutsuz gün sayısı verileri Meteoroloji 13. Bölge Müdürlüğünden (Elazığ) temin edilmiştir.

3.2 CBS

CBS, yeryüzüne ait verileri belirli amaçlara yönelik olarak bilgisayar ortamında toplama, depolama, görüntüleme, güncelleştirme ve analiz etme gibi işlemleri sağlayan bir programdır. CBS sayısal haritalar coğrafi veya coğrafi olmayan verilere göre ihtiyaç duyulan analiz ve amaçlar doğrultusunda kolayca şekillendirilebilir. CBS'de çeşitli veri katmanlarıyla farklı tiplerde haritalar üretilebilmektedir. Konumsal bilgileri kullanarak birden fazla veri katmanını birleştirilebilir. CBS haritaları özellikle yapılan çalışmaların ve analizlerin görselleştirilip çıktı alınmasında veya ekranda gösterilmesinde kullanılmaktadır (Yomralıoğlu, 2000).

3.2.1 Eğim Analizi

CBS'de sayısal yükseklik haritası üzerindeki noktalar arasındaki eğimin sayısal olarak ifade edilmesidir. Eğim sayısal olarak yüzde veya derece cinsinden belirlenir. Eğim değeri ile coğrafi bölgelere ait alanların detayları elde edilmektedir. Elde edilen detaylar konumsal analizlerin yapılmasında kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada arazi eğimi %20'den az bölgeler için gerçekleştirilmiştir (Burrough, and McDonell, 1998).

3.2.2 Bakı Analizi

Bakı adından da anlaşıldığı üzere belirlenen bir nokta üzerinde geçen teğet düzlemin baktığı yöndür. Derece cinsinden ifade edilmektedir. Bakı ile arazinin baktığı yönlerin detayları elde edilmektedir. Eğim analizinde olduğu gibi bakı analizinde de elde edilen detaylar konumsal analizlerle birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada

güneş enerjisi yönünden yetersiz olan kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı değeri üzerinde olan aralıklar sınıflandırma işlemine dâhil edilmemiştir (Lancaster, and Šalkauskas, 1986).

3.2.3 Tampon (Buffer) Analizi

Tampon bölge analizinde CBS’de istenen mesafe değerlerine bağlı olarak belirli coğrafik mesafelerde sorgulama yapılmaktadır. Vektör verilerde poligon, nokta ve çizgi özellik sınıfları için bu analiz yapılabilir. Tampon bölge analizi noktaya göre yapılacaksa noktanın etrafında belirli bir mesafe alınarak iç içe daireler şeklinde yapılabilir. Aynı zamanda bir çizginin her yönünde yapılabilir. Poligona göre ise dış veya iç kısmında yapılabilir (Watson, and Philip, 1985). Önerilen çalışmada akarsular ve göller, enerji nakil hatları, yerleşim alanları, karayolu ile demiryolu ağı, deprem fay hattı ve botaş boru hattı verilerine tampon analizi uygulanmıştır.

3.3.3 İnterpolasyon Yöntemi

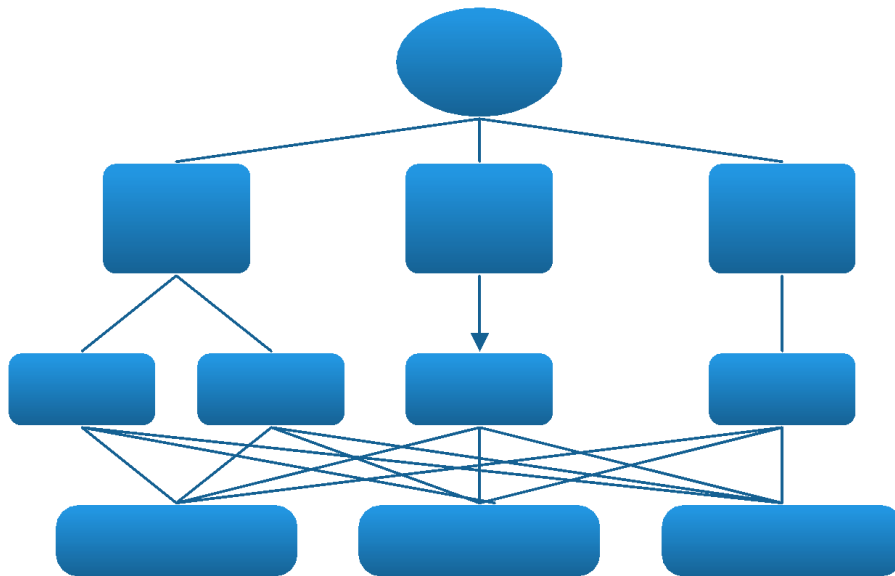
İnterpolasyon deney çalışmaları için doğru bilinen verileri kullanarak aralarda bilinmeyen noktadaki değerleri yaklaşık olarak belirleme işlemine denir. İnterpolasyon en çok kullanılan noktalara polinom uydurarak çözüme ulaşmaktır. Belli olan nokta sayısı iki ise bunları bir doğru ile birleştirerek arada kalan değerleri bulmak gerekir. Bilinen nokta sayısı fazlaştıkça polinomun derecesi de yükselecektir (Watson, and Philip, 1985).

Parametrelerden güneş enerji potansiyeli ve bulutsuz gün sayısı verilerine interpolasyon yöntemi uygulanmıştır.

3.3 AHP Yöntemi

AHP, karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Birbirine bağımlı fakat birbirinden farklı kriterler arasında en uygun çözümlenmeyi yaparak optimum sonuçları ortaya koyan bir yöntemdir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak verir. Bu yöntemle karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmıştır (Davies, 2001).

Şekil 3.1. de gösterildiği gibi AHP hiyerarşisi en az üç seviyeden oluşmalıdır. Hiyerarşinin başında problemin amacı gelir. Bir alt sırada kriterler bulunur. Kriterlerin alt kriterleri varsa ana kriterlerin altında bulunur. En alt seviyede ise alternatifler bulunmaktadır.



Şekil 3.1. AHP hiyerarşik yapısı

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

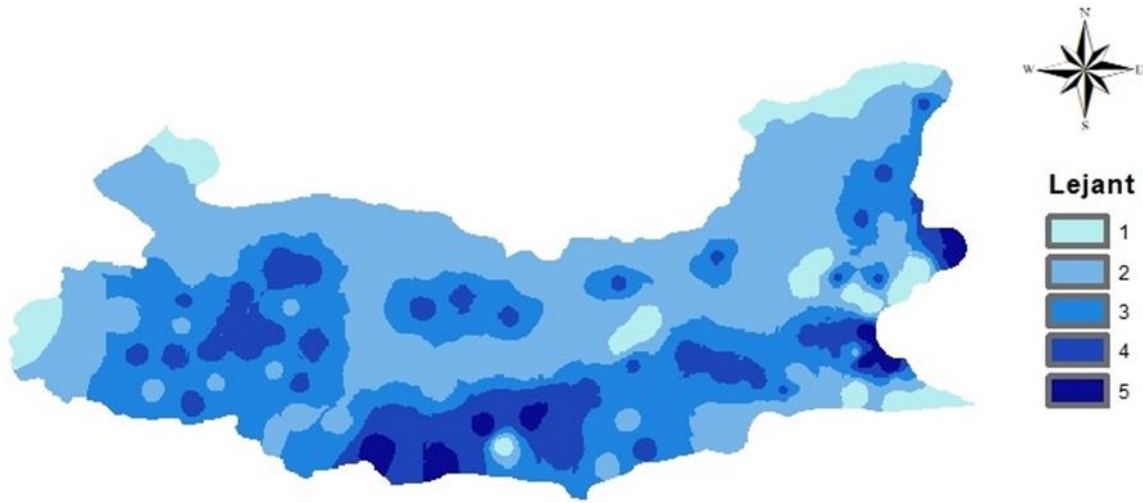
Elazığ ilinde güneş enerji santrali kurulabilecek bölgelerin tespit edilebilmesi amacıyla mekânsal analizler önceki adımlarda yapılmış ve kriterlerin sınıflandırılmış sonuç haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen raster veriler oluşturulan değerlere uygun olarak 1 den 5 e kadar puanlar atanarak sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Elazığ ilinde güneş potansiyeli yüksek olan bölgeler konum seçimi bakımından uygun alan olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.1 de güneş enerji potansiyeli için sınıflandırma sonrası verilen puanlar görülmektedir.

Tablo 4.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli için Sınıflandırma Sonrası Verilen Puanlar

Aralık (kWh/m ²)	Puan	Uygunluk
1000-1500	1	En az uygun
1500-1700	2	
1700-2000	3	
2000-2400	4	
2400-2900	5	En uygun

Elazığ ilinin güneş enerjisi potansiyeli en az uygun bölgeden en uygun bölgeye kadar şekil 4.1 deki haritada verilmiştir. Burada güneş potansiyeli yüksek olan bölgeler yer seçimi yönünden uygun alan olarak belirlenmiştir.

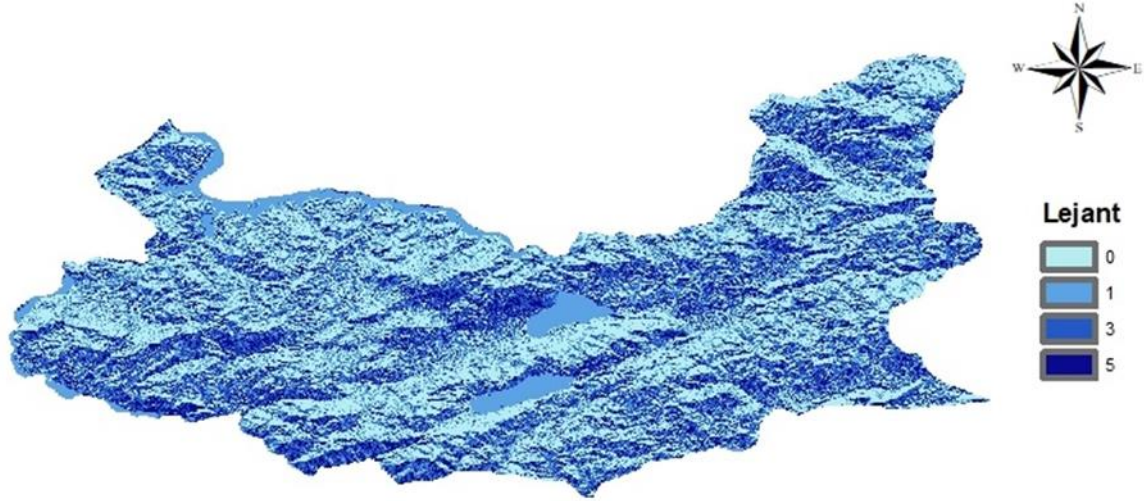


Şekil 4.1. Elazığ ili güneş enerji potansiyeli sınıf haritası

Yapılan analizler sonucunda Elazığ ili bakı haritasında değerler yön olarak gösterilmiştir. Tanımlanmış aralıklara 1 den 5 e kadar değerler arasında puanlar verilmiştir. Güneş enerjisi bakımından çok daha verimli olan, güney bakı yönlü alanlara fazla puanlar verilerek puanlama işlemi yapılmıştır. Sonrasında bakı verisi sınıflandırması oluşturulmuştur. Elazığ ili bakı verisi sınıflandırma değer aralıkları ve puanları tablo 4.2. de ve bakı sınıf haritası şekil 4.2. de verilmiştir.

Tablo 4.2. Bakı verisi sınıflandırma değer aralıkları ve puanları

Aralık (yön)	Puan	Uygunluk
Düz	5	En uygun
Kuzey	Sınıflandırma dışı	
Kuzeydoğu	Sınıflandırma dışı	
Doğu	1	En az uygun
Güneydoğu	3	
Güney	5	En uygun
Güneybatı	3	
Batı	1	En az uygun
Kuzeybatı	Sınıflandırma dışı	



Şekil 4.2. Elazığ ili bakı sınıf haritası

Çalışmanın diğer parametreleri içinde oluşturulan değerlere uygun olarak 1 den 5 e kadar puanlar verilerek sınıflandırma işlemi yapılmış ve raster özellikte buffer yüzeyler oluşturulmuştur.

Bir sonraki adımda ise, AHP ile parametreler kendi aralarında değerlendirilmiş ve ağırlıkları elde edilmiştir. Örnek olarak tablo 4.3. 'de güneş enerji potansiyeli, bakı ve eğim ele alınmıştır. Tabloda 3. sütunun 2. satırına güneş potansiyeli ile bakının karşılaştırılması sonucu olarak güneş potansiyelinin 2 kat daha önem arz ettiği yazılmıştır. Yine aynı tablonun 3. sütun 4. satırında ise eğim ile bakı karşılaştırılmış ve bakının 2 kat da önemli olduğu yazılmıştır. Tablo 4.4. incelendiğinde 2. sütun ve satıra tablo 4.3.'ün 2. sütun ve satırındaki değer alınır altındaki toplam değere bölünmesi sonucu yazılmıştır. Ve daha sonra ilgili satırın ortalaması alınarak etki yüzdeleri bulunmuştur. Etki yüzdelerine baktığımızda ise ele alınan kriterlerin ağırlıklarını görmekteyiz.

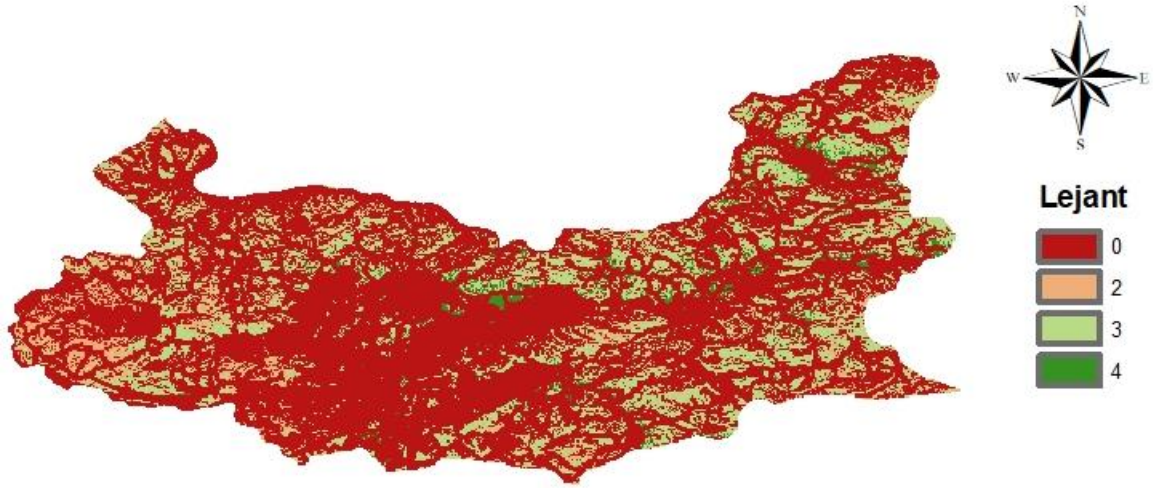
Tablo 4.3. Güneş potansiyeli, bakı ve eğimin ağırlıkları

	Güneş Potansiyeli	Bakı	Eğim
Güneş Potansiyeli	1	2	3
Bakı	0,5	1	2
Eğim	0,333333333	0,5	1
Toplam	1,833333333	3,5	6

Tablo 4.4. Güneş potansiyeli, bakı ve eğimin etki yüzdeleri

	Güneş Potansiyeli	Bakı	Eğim	Yüzde	Etki Yüzdeleri
Güneş Potansiyeli	0,55	0,57	0,5	53,90%	54
Bakı	0,27	0,29	0,33	29,73%	30
Eğim	0,18	0,14	0,17	16,38%	16

Son olarak oluşturulan raster haritaları ile saptanan ağırlıklar kullanılarak, CBS programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile güneş enerjisi santralının uygun konum yerleri belirlenmiştir. Elazığ ilinde kurulması için uygun olan bölgeler şekil 4.3 de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Elazığ ilinde güneş enerjisi santralının kurulması için uygun olan alanlar

5. SONUÇ

Yenilenebilir enerjilerin kullanımı, bu enerjilerin etkili ve verimli kullanılabilmesi için gerekli fizibilite çalışmalarının yapılması son derece önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en fazla kullanılan olan güneş enerjisi, yapılan çalışmada ele alınmış ve güneş enerjisinin daha verimli kullanılabilmesi için yer tespiti yapılmıştır. Güneş enerjisinin verimli kullanılabilmesi için GİS'lerin kurulabileceği yerler çeşitli parametrelerle ele alınarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın kurulum maliyetleri yüksek olan GİS'lerin kurulumları için bir fizibilite çalışması oluşturacağı ve maliyetleri önemli ölçüde azaltarak enerji verimliliğini arttıracığı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Al Garni, H. Z. ve Awasthi, A. Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia, *Applied Energy*, cilt 206, pp. 1225-1240, 2017.
- BOTAŞ. 2022. <https://www.botas.gov.tr/Sayfa/dogal-gaz-ve-petrol-boru-hatlari-haritasi/168>
- Burrough, P. A., and McDonell, R. A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems* Oxford University Press, New York, 190 pp.
- Ceylan, Y. 2016. Türkiye'nin güneşlenme potansiyelinin analizi ve güneş enerjisinin enerji politikasındaki yeri, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Davies, M., 2001. Adaptive AHP: A Review of Marketing Applications with Extensions, *European Journal of Marketing*, 872–893.
- Demirer, A. 2017. Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı İle Değerlendirilmesi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Geofabrik. 2021. <https://download.geofabrik.de/europe.html>
- Gerçek, Y. 2018. Güneş Enerjisi Santralleri İçin Cbs İle En Uygun Yer Tayini, Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- HGM. 2021. <https://www.harita.gov.tr/urunler>
- Lancaster, P. and Šalkauskas, K. 1986. *Curve and Surface Fitting: An Introduction*. London, Academic Press.
- MGM. 2022. https://www.mgm.gov.tr/kurumici/radyasyon_iller.aspx?il=elazig
- MTA..2021..https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/elazig.pdf
- Solğun, N. 2019. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Güneş Enerji Santrali, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tiaş. 2020. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari>
- USGS. 2022. <https://www.usgs.gov/>
- Watson, D. F. and G. M. Philip. 1985. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation, *Geoprocessing* 2:315–327.
- Yalçın, C. Yüce, M. 2020. Burdur'da Güneş Enerjisi Santrali (GES) Yatırımına Uygun Alanların CBS Tabanlı AHP Yöntemiyle Tespiti, *Geomatik Dergisi*, 5(1);40-50.
- Yomraloğlu, T. 2000. *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, Seçil Ofset, İstanbul.



UPGRADING OF THE PERFORMANCE OF A HEAT EXCHANGER UTILIZING GRAPHENE/WATER NANOFLUID

İpek AYTAÇ

University of Turkish Aeronautical Association, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,
Türkkuşu Campus

ORCID: 0000-0003-1213-8325

ABSTRACT

Recent studies in nanotechnology have discovered new working fluids called nanofluids containing nanosized materials. The thermal conductivity of nanofluids is higher than that of the base fluid. For this reason, nanofluids are preferred in a wide variety of applications in many fields such as engineering, medicine and biotechnology. Heat recovery units have gained importance all over the world over time, as they provide a large amount of energy recovery. Air-to-air heat recovery units are one of the most used devices in energy efficiency. Heat recovery systems where hot and cold air do not mix can be used in the production of hot fresh air. In this study, graphene/water nanofluid was used as the working fluid to improve the thermal performance of an air-to-air heat exchanger with a heat pipe. Graphene-based nanoparticles have a number of advantages over some other nanoparticles, such as high stability, high thermal conductivity, low erosion and corrosion, and higher carrier mobility. The main purpose of this study is to expand the operating temperature range of heat recovery units and to help increase their usage areas. To compare the results of graphene/water nanofluid and pure water working fluid, thermal efficiency and thermal resistance values were calculated for both. The results showed that the graphene/water nanofluid was more efficient than pure water in all different conditions. The maximum thermal efficiency values were 34.1 % and 20.1 % for graphene/water nanofluid and pure water, respectively.

Keywords: Nanofluid, Graphene, Heat pipe, Thermal performance



ZIRH ÇELİĞİ PLAKALARININ KÖŞE BİRLEŞİM BÖLGELERİNDE YAPILAN GÜÇLENDİRMENİN BALİSTİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Asst. Prof. Dr. BEDİ CENK BALÇIK

Başkent University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,
Bağlıca Campus

ORCID: 0000-0002-4810-4541

Tuğberk ŞAKAR

Başkent University, Faculty of Engineering, Department of Defense Technologies and Systems, Bağlıca Campus

ORCID: 0000-0002-4967-5581

ÖZET

Zırh çeliği uzun yıllardır zırhlı araçların korunmasında kullanılan en önemli ana malzemelerden biridir. Zırhlı araçların korunmasında kullanılan zırh çeliklerinin balistik limitleri belirlenirken, deneysel çalışmalar yoluyla zırh çeliğine istenen koruma seviyesine uygun mühimmat dik atış testleri yapılmaktadır. Öte yandan teorik çalışmalar yoluyla da, zırh çeliğine etki eden ilgili mühimmatın balistik etkisi sayısal analiz çalışmaları ile yapılmaktadır. Hem deneysel hem de teorik çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin ideal şartlarda en iyi sonucu verdiklerinin görülmesine karşın, pratikte zırhlı araç gövde birleşim bölgelerinde zırh çeliği plakalarının tam olarak buluşmadığı köşe birleşim bölgelerinde balistik zafiyet olabileceği de dikkate alınmalıdır.

Sayısal çözümleme metodunda en önemli kriterlerden biri de malzeme ve kırılma modellerinin doğru parametreler ile tanımlanmasıdır. Bu nedenle, yüksek dayanım çelikleri için uygun olan Johnson Cook Malzeme Modeli, 7.62x51 (AP) zırh delici çelik çekirdekli mühimmatını ve Armox 500 T zırh çeliğini tanımlamak için kullanılmıştır. Johnson Cook Malzeme Modeli Explicit Dynamics modülünde ilerleyen hasar ve malzeme kaybını gösterdiği için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Dolayısıyla bu çalışmada sayısal çözümleme yapılırken Johnson Cook Malzeme Modeli ile uyumlu olan Explicit Dynamics modülü tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, hafif zırhlı araçlarda kullanılan balistik plakalar üzerine etki eden 7.62x51 (AP) zırh delici çelik çekirdekli mühimmatının zırh çeliği plakalarının köşe birleşim bölgelerinde zırh çeliği kullanılmadığı ve yerine güçlendirilmiş destek çeliği kullanıldığı durumlarda meydana gelebilecek balistik zafiyetler incelenmiştir. Yapılan sayısal çözümler sonucunda edilen verilerin şahit numuneye olan etkileri ayrı ayrı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 7.62x51 (AP) zırh delici çelik çekirdekli mühimmat, zırh çeliği, Johnson Cook Malzeme Modeli, Explicit Dynamics modülü, Armox 500 T zırh çeliği

THE BALLISTIC ASSESSMENT OF STRENGTHENING PERFORMED IN EDGE JOINT AREAS OF ARMOUR STEEL PLATES

ABSTRACT

Armour steel has been one of the most significant main materials in protecting the armoured vehicles for many years. When determining the ballistic limits of armour steels that are used to protect the armoured vehicles, vertical shot tests to the armour steel with the ammunition that is suitable for requested protection level are performed via experimental studies. On the other hand, via theoretical studies, the ballistic effect of relevant ammunition that affects the armour steel is carried out. Although it has been observed that the data which has been obtained as a result of both experimental and theoretical studies has delivered the best results under ideal conditions, it should be noted that in practical, there could be ballistic vulnerabilities in edge joint areas where armour steel plates fail to meet precisely.

One of the most important criteria for numerical analysis method is to define the material and fracture models with the appropriate parameters. Therefore, Johnson Cook Material Model which is appropriate for high strength steels has been used to define the ammunition of 7.62x51 (AP) armour piercing steel core and Armox 500 T armour steel. Johnson Cook Material Model is a frequently used method as it describes the progressive

damage and failure of material in Explicit Dynamics Module. Hence, in this study, when carried out numerical analysis, Explicit Dynamics Module that complies with Johnson Cook Material Model has been preferred.

In this study, the ballistic vulnerabilities, that could happen in such situations when the armour steel does not exist in edge joint areas of armour steel plates of the ammunition of 7.62x51 (AP) armour piercing steel core that has the effect on the ballistic plates used in light armoured vehicles, and the strengthened support steel is used instead, have been analysed. The effects of the samples on the data obtained as a result of the numerical analysis have been analysed respectively.

Keywords: Ammunition with 7.62x51 (AP) Armour Piercing Steel Core, Armour Steel, Johnson Cook Material Model, Explicit Dynamics Module, Armox 500 T Armour Steel

1. GİRİŞ

Balistik tehdit, mermi ve füzelerin kara, deniz ve hava platformlarında oluşturabilecekleri kalıcı deformasyon ve fonksiyon kaybıdır. Zırh çelikleri mukavim özellikleri yapı çeliklerinden yüksek olan ve balistik tehditlere karşı kullanılan koruyucu yapı malzemeleridir. Sahip olduğu kinetik enerji ile hedefe nüfuz ettiği anda fiziki tahribat yaratan kurşun, çelik veya tungsten malzemeden üretilmiş bir materyaldir.

Balistik penetrasyon, balistik tehdidin (merminin) hedefe isabet etmesi sonucunda, hedef içerisinde kalması veya onu delip geçmesiyle oluşan etkinin genel tanımıdır. Hedef materyalin yapısı, merminin hızı ve şeklinden kaynaklı olarak balistik isabetin sonuçları farklı olmaktadır.

2. MATEMATİKSEL MODEL

Balistik çarpışma esnasında oluşan penetrasyon mekanizmasının matematiksel modellenmesi farklı durumları içeren karmaşık bir çalışmadır. Yüksek deformasyonlar, yüksek esneme miktarları, sıcaklık ve kırılma gibi fiziksel oluşumların tamamını matematiksel modellemede ifade etmek gerekmektedir.

Balistik penetrasyon mekanizmasını matematiksel olarak modellemek için en çok kullanılan yaklaşımlardan birisi Johnson-Cook yöntemidir. Bu yöntem esnek metallerdeki gerinim sertleşmelerini, ısıl kaynaklı yumuşamaları ve kırılmaları ifade edebilen bir visko-plastik modellemedir. Bu model 1983' te yayınlanmasından itibaren çelik malzemelerin balistik penetrasyon çalışmalarında kullanılmaktadır.

2.1. Johnson-Cook strength model

Balistik çarpışmanın süresi 850 m/s hız için ortalama 40 milisaniyedir. Bu durum, çarpışma esnasında yüksek miktarda enerji açığa çıktığının bir göstergesidir. Açığa çıkan enerji hedef malzemede oluşan plastik deformasyonların da kaynağıdır. Johnson-Cook (Johnson & Cook, 1983) modeli oluşan eşdeğer gerilimi plastik gerinimin, gerinim oranının, sıcaklığın ve akış geriliminin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi ifade etmektedir.

$$y=A+Bp^n+C\log p^*[1-TH^m]$$

Bu formülde p eşdeğer plastik gerinim, p* birimsiz plastik gerinim oranı (0 için), TH ise normalize sıcaklık değeridir. A, B, C, n ve m ise malzeme sabitleridir.

Formülde birinci parantezdeki ifade, eşdeğer gerilimi p*= 1 ve TH = 0 değerlerinin bir fonksiyonu olarak vermektedir. İkinci ve üçüncü parantezdeki ifadeler ise gerinim oranı ve termal yumuşamanın eşdeğer gerilim üzerindeki etkilerini göstermektedir. Formülde gerinim sertleşmesi, gerinim oranı ve sıcaklık değişkenleri için birbirinden bağımsız terimler oluşturulmuş ve bu terimlerin çarpımı ile eşdeğer gerilim değeri elde edilmiştir. Bu yaklaşım, bahsedilen değişkenlerin izole bir şekilde incelenmesine imkan tanıması sebebiyle balistik çalışmalarında kullanılmaktadır.

Formülde yer alan sabitlerin (A, B, C, n ve m) belirlenmesi için her bir değer izole olarak spesifik koşullarda toplanan verilerle elde edilmesi gerekmektedir (Borvik, Langseth, Hopperstad & Malo, 1999). Öncelikle eşdeğer akış gerilimine karşılık eşdeğer plastik gerinim yarı statik ve izotermal koşullarda elde edilmelidir. İkinci olarak, gerçek gerilim ve gerçek plastik gerinim eğrileri en az iki yüksek gerinim değeri için incelenmelidir.

2.2. Johnson-Cook failure model

Sünek kırılmayı ifade etmek için, üç eksenli gerilim, sıcaklık ve gerinim oranını içeren ayrı bir Johnson-Cook modeli mevcuttur (Johnson & Cook, 1985). J-C sünek kırılma modeli Hancock ve Mackenzie'nin gerinim kırılması üzerindeki çalışmalarının genişletilmesiyle oluşturulmuştur (Hancock & Mackenzie, 1976). J-C modeli gerinim oranının ve sıcaklığın da gerinim kırılması üzerindeki etkilerinin incelenebilmesini sağlamıştır. J-C kırılma modeli aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$D = \Delta \epsilon f$$

$\Delta \epsilon$ değeri plastik gerinimin artışı, f ise eşdeğer gerinimi; gerilim, gerinim oranı ve sıcaklığa bağlı olarak ifade etmektedir.

Hasar değişkeni (D) ise 1 ve 0 arasında değerler almaktadır. $D = 0$ hasar görmemiş malzemeyi, $D = 1$ ise kırılmaya uğramış malzemeyi ifade etmektedir.

Kırılma geriniminin genel ifadesi aşağıda verildiği gibidir:

$$f = D1 + D2 \exp(D3^*) + D4 \ln p^* [1 + D5 TH]$$

Boyutsuz basınç/gerilim oranı (*) üç eksenli gerilimin bir ifadesidir ve aşağıdaki formülle elde edilir.

$$* = Heq = (x + y + z) / \sqrt{3x^2 + y^2 + z^2 - xy - yz - zx} + 3(xy^2 + yz^2 + zx^2)$$

Bu formülde H hidrostatik gerilim ve eq ise Vonmises gerilimidir.

3. JOHNSON COOK MALZEME PARAMETRELERİ

Sayısal analiz çalışmalarında, Armox 500 T zırh malzemesinin ve 7.62x51 (AP) zırh delici çelik çekirdekli mühimmatın modellenmesinde literatürden alınan Johnson Cook malzeme parametreleri kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Armox 500 T zırh plakasının Johnson Cook Malzeme parametreleri (Skoglund, Nilsson, Tjernberg, 2006)

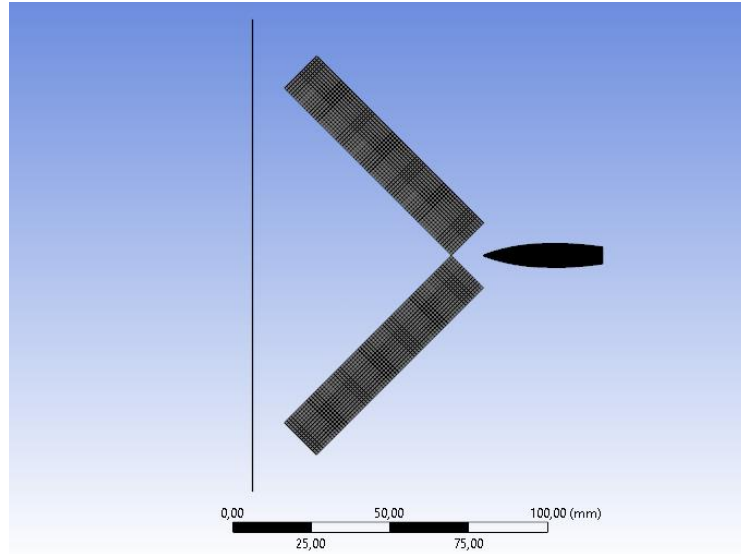
	A (MPa)	B (MPa)	C	n	m	D1	D2	D3	0
Armox 500 T	1470	702	0.00549	0.199	0.811	0.068	5.382	-2.55	1

Tablo 3.2. 7.62x51 (AP) zırh delici çelik çekirdekli mühimmatın Johnson Cook Malzeme parametreleri (Kılıç, Bedir, Erdik ve ark., 2014)

	A (MPa)	B (MPa)	C	n	m	D1	D2	D3	0
Mermi Çekirdeği	1900	1100	0.05	0.065	1	-	-	-	0.003
Mermi Kovanı	90	292	0.025	0.31	1.09	0.54	4.89	-3.03	1

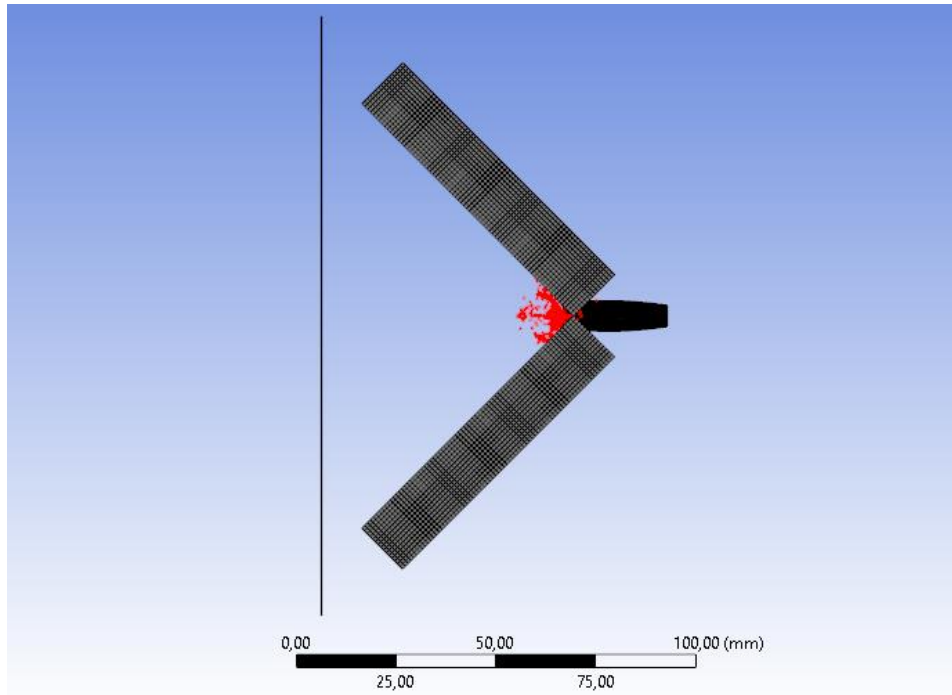
4. SAYISAL ANALİZ ÇALIŞMALARI

4.1. Desteksiz Uç Uca Konumlandırılmış Zırh Çeliğinin Balistik Analizi



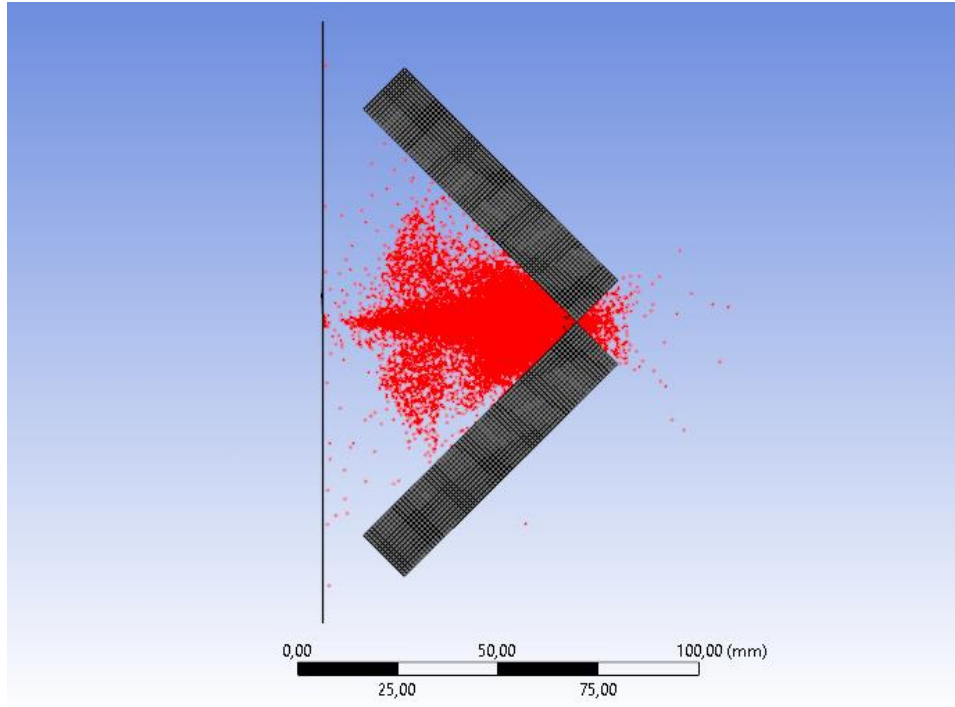
Şekil 4.1. Desteksiz zırh çeliğinde balistik mühimmatın başlangıç konumu

7,62 mm AP tipinde mühimmat ArmoX 500 T standardında plakanın önünde konumlandırılmıştır. Mermi hızı olarak mühimmata ait standart mermi çıkış hızı olarak 813 mm/s değeri verilmiştir.



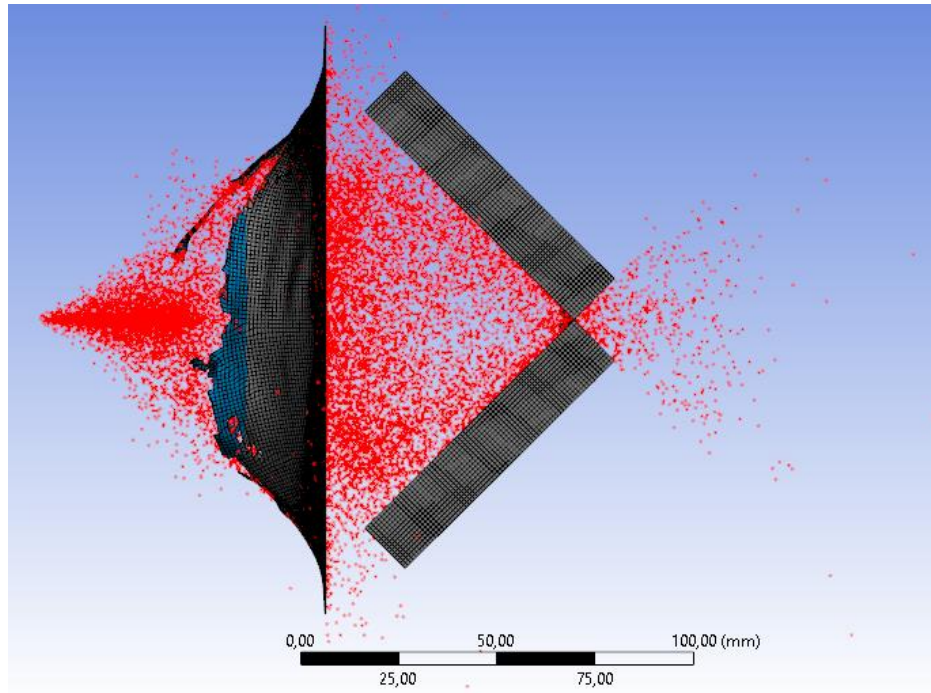
Şekil 4.2. Desteksiz zırh çeliğinde balistik mühimmatın zırh çeliği ile temas konumu

Balistik mühimmatın zırh çeliğine penetrasyon ettiği noktadır. Mühimmat uç uca eklenmiş zırh çeliğinin birleşim noktasında plastik deformasyona uğramıştır.



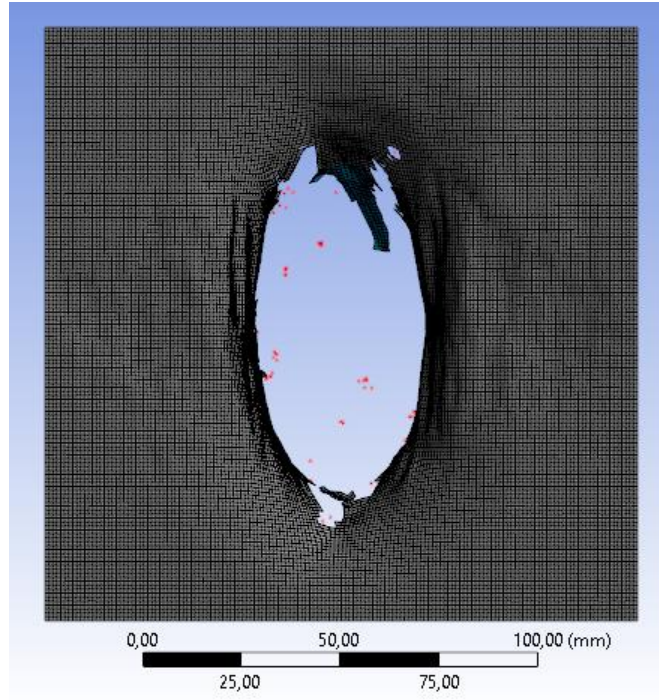
Şekil 4.3. Desteksiz zırh çeliğinde balistik mühimmatın zırh çeliğinden çıkış konumu

Balistik mühimmatın zırh çeliği ile penetrasyonunu gerçekleştirip şahit numunenin önüne ulaşmıştır.



Şekil 4.4. Desteksiz zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numuneden çıkış konumu

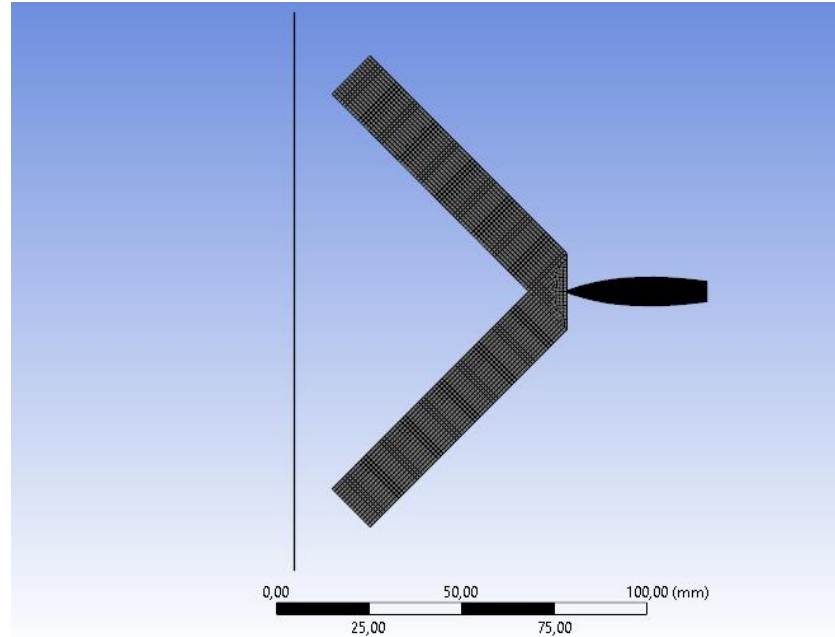
Balistik mühimmat şahit numuneyi delerek yoluna devam etmektedir. Ayrıca zırh çeliği ve balistik mühimmattan ayrılan parçacıklar şahit numune üzerinde tahribata sebep olmuştur.



Şekil 4.5. Desteksiz zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numune üzerine etkisi

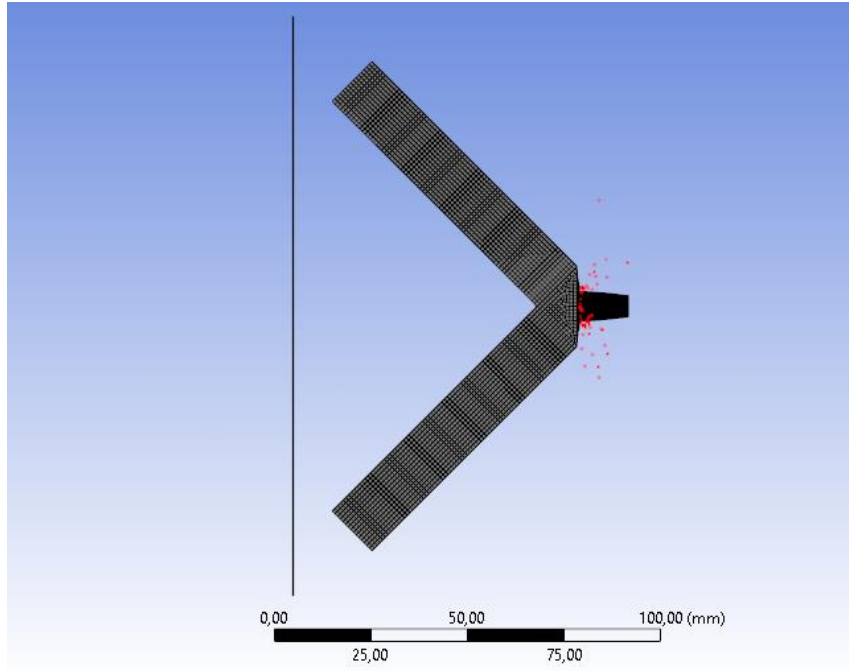
Balistik mühimmatın şahit numune üzerinde oluşturduğu tahribatın büyüklüğü gösterilmektedir.

5. Tek Taraflı Destekli Uç Uca Konumlandırılmış Zırh Çeliğinin Balistik Analizi



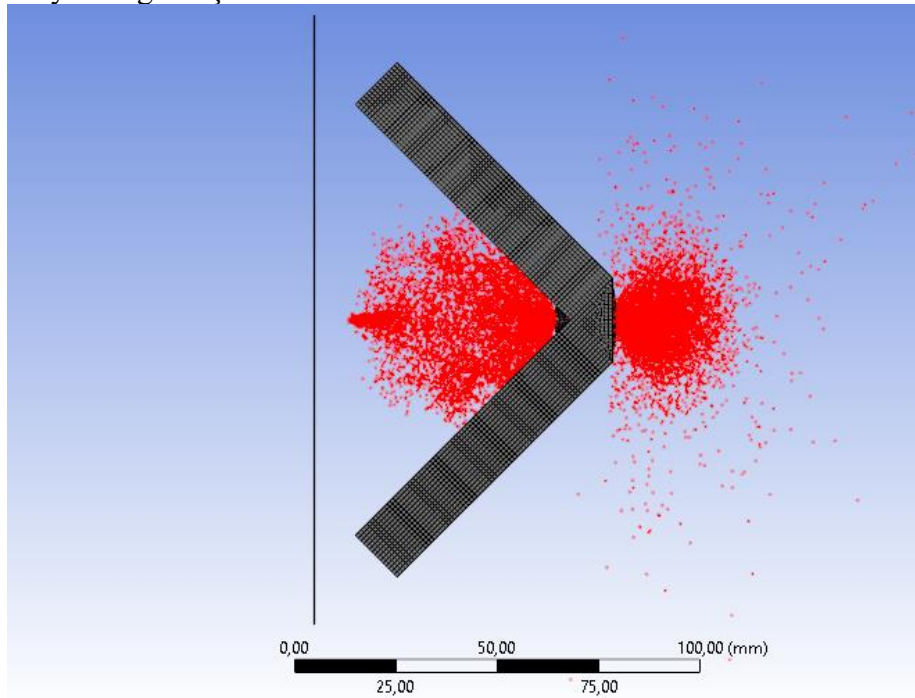
Şekil 4.6. Tek taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın başlangıç konumu

7,62 mm AP tipinde mühimmat Armox 500 T standardında uç uca birleştirilmiş plakalara ve tek tarafında 4340 kalite çelik malzeme ile güçlendirilmiş yapının önünde konumlandırılmıştır. Mermi hızı olarak mühimmata ait standart mermi çıkış hızı olarak 813 mm/s değeri verilmiştir.



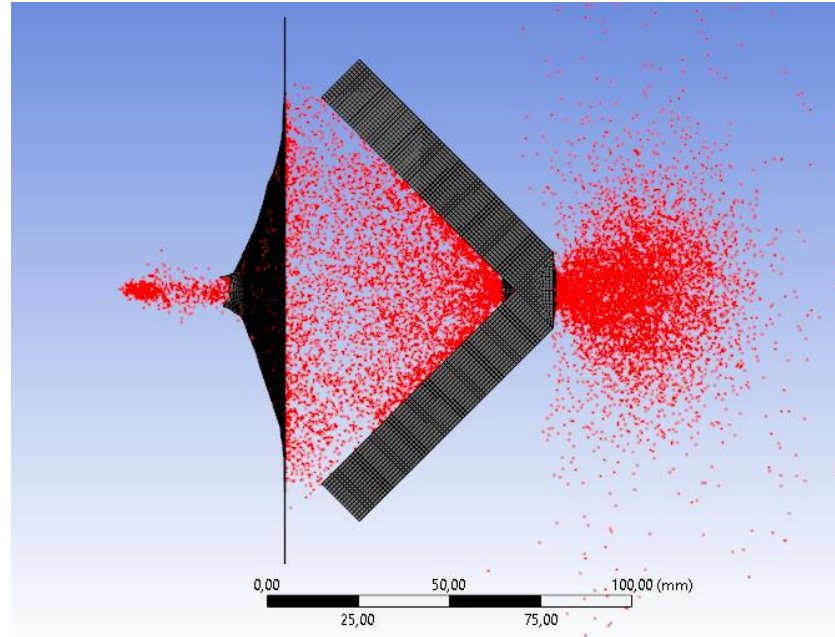
Şekil 4.7. Tek taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın zırh çeliği ile temas konumu

Balistik Mühimmatın zırh çeliğine penetrasyon ettiği noktadır. Mühimmat güçlendirilmiş çelik plakaya çarparak plastik deformasyona uğramıştır.



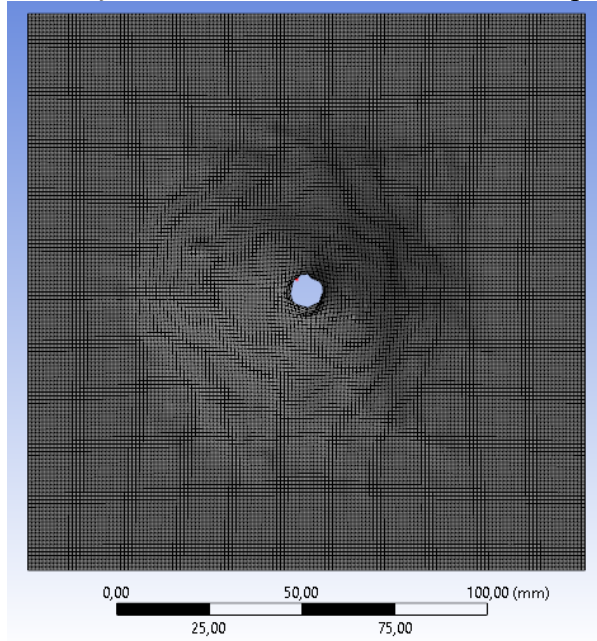
Şekil 4.8. Tek taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın zırh çeliğinden çıkış konumu

Balistik Mühimmatın zırh çeliği ve kaynak dikişi malzemesi ile penetrasyonu gerçekleşmiş ve mühimmat şahit numunenin önüne ulaşmıştır.



Şekil 4.9. Tek taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numuneden çıkış konumu

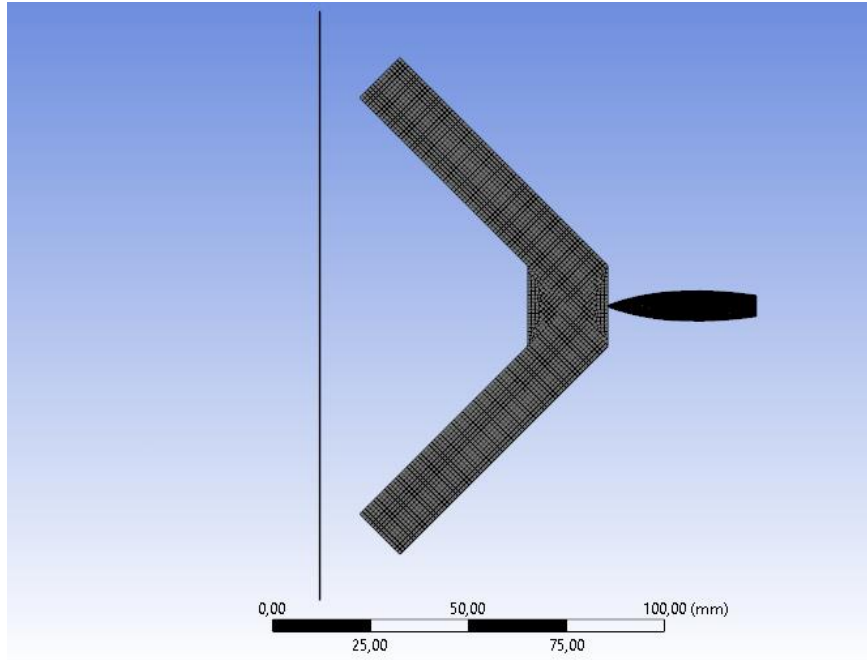
Balistik Mühimmat şahit numuneyi delerek yoluna devam etmektedir. Ayrıca zırh çeliği, kaynak dikişi ve balistik mühimmattan ayrılan parçacıklar şahit numune üzerinde tahribata sebep olmuştur.



Şekil 4.10. Tek taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numune üzerine etkisi

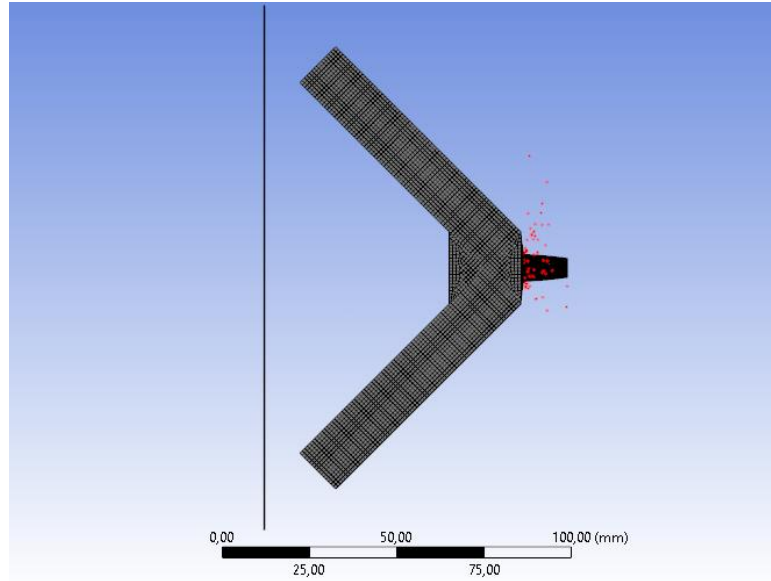
Balistik mühimmatın şahit numune üzerinde oluşturduğu tahribatın büyüklüğü gösterilmektedir. Şekil 5 de gösterilen deformasyon görseline kıyasla tahribatın azaldığı gözlemlenmektedir.

6. Çift Taraflı Destekli Uç Uca Konulandırılmış Zırh Çeliğinin Balistik Analizi



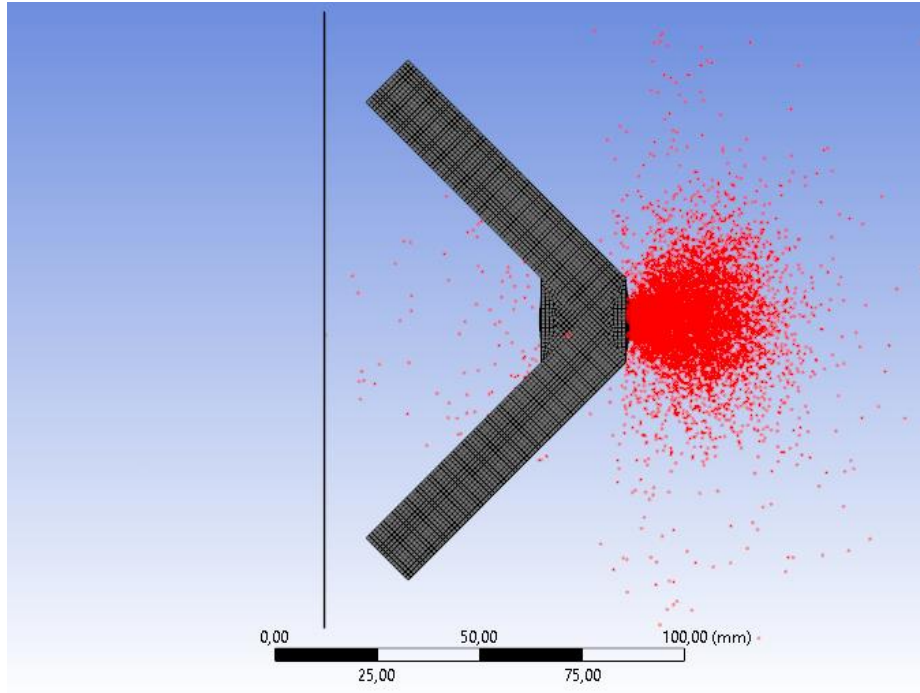
Şekil 4.11. Çift taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın başlangıç konumu

7,62 mm AP tipinde mühimmat Armox 500 T standardında uç uca birleştirilmiş plaka ve çift tarafında 4340 kalite çelik malzeme ile güçlendirilmiş yapının önünde konulandırılmıştır. Mermi hızı olarak mühimmata ait standart mermi çıkış hızı olarak 813 mm/s değeri verilmiştir.



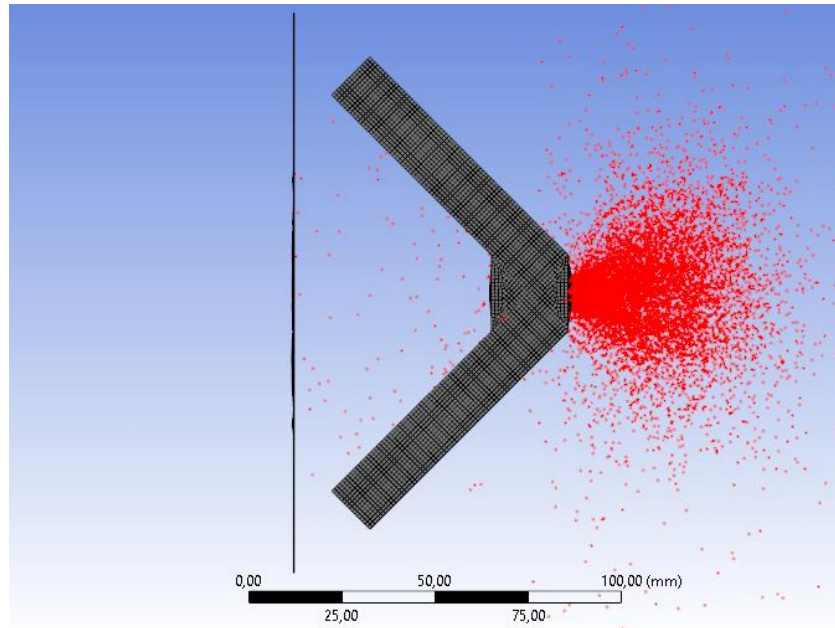
Şekil 4.12. Çift taraflı destekli zırh çeliğinde balistik zırh çeliği ile temas konumu

Balistik Mühimmatın zırh çeliğine penetrasyon ettiği noktadır. Mühimmat güçlendirilmiş çelik plakaya çarparak plastik deformasyona uğramıştır.



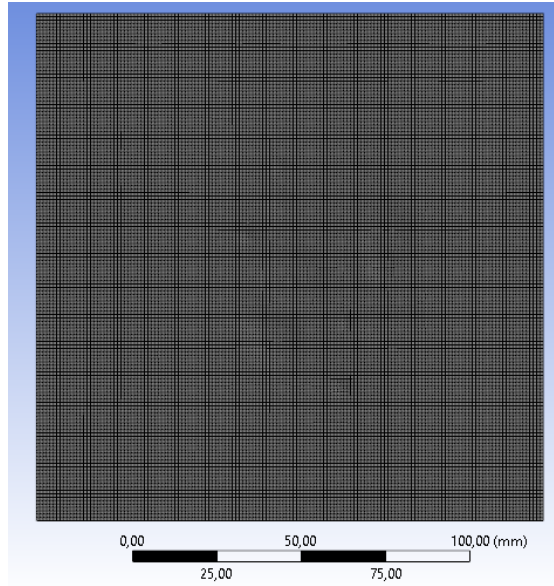
Şekil 4.13. Çift taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın zırh çeliğinden çıkış konumu

Balistik Mühimmatın zırh çeliği ve çift taraflı güçlendirilmiş çelik malzemesi ile penetrasyonu gerçekleşmiş fakat mühimmat şahit numuneye ulaşamamıştır. Güçlendirilmiş çelik plakadan kopan az miktarda parçacığın şahit numuneye doğru saçılma hareketi yaptığı gözlemlenmektedir.



Şekil 4.14. Çift taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numuneden çıkış konumu

Ayrıca zırh çeliği, çift kaynak dikişi ve balistik mühimmattan ayrılan parçacıklar şahit numune üzerinde tahribat yaratmamıştır.



Şekil 4.15. Çift taraflı destekli zırh çeliğinde balistik mühimmatın şahit numune üzerine etkisi

Balistik mühimmatın şahit numuneye ulaşamadığı ve güçlendirilmiş çelik plakadan kopan parçaların şahit numune üzerinde esneme yaptığı fakat tahribat yaratacak seviyede olmadığı gözlemlenmektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Balistik mühimmatın penetrasyon etkisi ve parçacık dağılımı uç uca birleştirilmiş desteksiz Armox 500 T plakaları, tek taraflı 4340 kalite çelik ile güçlendirilmiş Armox 500 T plakaları ve çift taraflı 4340 kalite çelik ile güçlendirilmiş Armox %00 T plakaları için incelenmiştir. Yapılan sayısal çözümleme sonuçları doğrultusunda, balistik mühimmatın penetrasyonu sonucu desteksiz uç uca birleştirilmiş zırh çeliklerinde ve tek taraflı desteklenmiş uç uca birleştirilen zırh çeliklerinde balistik zafiyet olabileceği gözlemlenmiştir.

Desteksiz uç uca birleştirilen Armox 500 T zırh sacında, balistik mühimmatın zırh çeliğinin birleşim kenarından geçerek rotasına devam ettiği ve çevresine parçacık saçtığı gözlemlenmiştir. Tek taraflı ve çift taraflı destek yapılmış Armox 500 T zırh sacında, balistik mühimmatın zırh çeliği birleşim bölgesinden çıkışı merkezde daha yoğun olmakla beraber etrafa parçacık bıraktığı da görülmektedir. Uç uca birleştirme metodunda tek taraflı güçlendirilmiş destek plakasının yeterli olmadığı ve balistik zafiyete neden olduğu görülmektedir. Bu sayısal çözümlemelerde 4340 kalite çelik malzeme ile çift taraflı desteklenmiş Armox 500 T plakalarında, balistik mühimmatın şahit numunede tahribat yapmadığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada tek taraflı destek plakalarının benzer kalınlıkta zırh saclarının yerini tutamayacağı görülmüştür. Bu yüzden balistik korumanın önemli olduğu personel bölmesi gibi yerlerde, uç uca zırh çeliği birleştirmelerinden kaçınılması ve kaçınılmadığı noktalarda alternatif malzemelerin balistik koruma seviyelerinin incelenmesinin önemli olabileceği görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Borvik, T., Langseth, M., Hopperstad, O.S., Malo, K.A. (1999). Ballistic penetration of steel plates. *International Journal of Impact Engineering*, 22, 855-886.
- Hancock, J.W., Mackenzie, A.C. (1976). On the mechanisms of ductile failure in high strength steels subjected to multi-axial stress-states. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 24,147-169.
- Johnson, G.R., Cook, W.H. (1983). A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. In: *Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics*, Hauge, Netherlands, 541-547.
- Johnson, G.R., Cook, W.H. (1985) Fracture characteristics of three metals subjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures. *Engineering Fracture Mechanics*, 21, 34-48.
- Kılıç, N., Bedir, S., Erdik, A., Ekici, B., Taşdemirci, A., Güden, M. (2014). Ballistic behavior of high hardness perforated armor plates against 7.62 mm armor piercing projectile. *Materials and Design*, 63. 427-438.
- Skoglund, P., Nilsson, M., Tjernberg, A. (2006). Fracture modeling of a high performance armor steel. *Journal de Physique IV*, 134,197-202.

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DOPED CERIUM OXIDE BASED MATERIALS

Fatma AYDIN ÜNAL

Alanya Alaaddin Keykubat, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy and Materials Engineering, Antalya

ORCID: 0000-0002-0031-0047

Kübra Nur KÜÇÜK

Alanya Alaaddin Keykubat, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy and Materials Engineering, Antalya

ORCID: 0000-0002-0031-0058

ABSTRACT

Today, with the increase in the human population, the demand for energy is increasing day by day. In recent years, studies on fuel cells working with hydrogen energy, which is renewable energy, have been increasing rapidly. Among the fuel cell types, solid oxide fuel cells draw attention with their high efficiency. Fuel cells are energy conversion systems that directly convert the chemical energy of the fuel into electrical energy by electrochemical means. Solid oxide fuel cell consists of three basic components: anode-cathode electrodes using fuel (H_2) and oxidant (air, O_2) and ionic conductive solid electrolyte. Oxygen supplied from the air or directly in the cathode region is reduced to oxygen ions. The ceramic-based electrolyte allows these ions to pass between the two electrodes. In the anode region, the hydrogen is oxidized by the oxygen ion coming from the cathode. The hydrogen and air supplied to the solid oxide fuel cell electrodes are converted into electricity by electrochemical reaction. In solid oxide fuel cell, materials with ionic conductivity such as cerium oxide, zirconium oxide, yttrium oxide, bismuth oxide are used as solid electrolyte material. In order for such materials to increase the conductivity of the solid oxide fuel cell at high operating temperature ($600-1000\text{ }^\circ\text{C}$), low amounts of elements are added. In the literature, there are studies in which La and Mn are doped separately to cerium oxide. However, the study to which it contributed at the same time has not been found yet. Therefore, in this study, cerium oxide was synthesized by sol-gel method by adding La/Mn elements. The structures of these cerium oxide powders obtained by the sol-gel technique were characterized and the results were compared with pure cerium oxide.

Keywords: Fuel Cell, Cerium Oxide, Synthesis, Characterization, Sol-Gel.

1. INTRODUCTION

Cerium dioxide or ceria (CeO_2) is an important rare-earth oxide, which has multiple applications such as electrolyte materials of solid oxide fuel cells, ultraviolet blocking materials, and oxygen gas sensors (Kumar, Selvarajan, Muthuraj, (2013), Farahmandjou, Zarinkamar, Firoozabadi, (2016), Hou, Lu, Wang, (2017), Michalska, Lemański, Sikora, (2021)). Recently, a variety of methods based on wet chemical routes have been extensively employed to synthesize of CeO_2 nanoparticles like precipitation, hydrothermal, sol-gel method, and microemulsion method (Kumar, Selvarajan, Muthuraj, (2013), Tumkur, Gunasekaran, Lamani, Nazario Bayon, Prabhakaran, Hall, Ramesh, (2021)). However, to enhance various properties of nanomaterials to meet the increasing needs for different applications, it is needed to reduce the particle size and increase the active surface area of nanomaterials. One of these applications is fuel cells. Solid oxide fuel cells (SOFCs) have attracted great attention due to their high energy conversion efficiency, ecofriendly nature, and fuel flexibility. Electrolyte materials used for SOFCs are usually the main components that determine the fuel cell performance. The most common electrolyte material for SOFC applications is a dense yttria-stabilized zirconia (YSZ) membrane ve gadolinium doped ceria (GDC). Dopeds such as (La), (Cu), (Sm-La), (Gd-Sm), and (La-Y) are made to electrolyte materials to reduce the high operating temperature ($800-1000\text{ }^\circ\text{C}$) of fuel cells and to increase their ionic conductivity (Michalska, Lemański, Sikora, (2021), Xu, Yang, Zhang, Yuan, Xie, Zhang, Ohno, (2020), Díaz-Aburto, Hidalgo, Fuentes-Mendoza, González-Poggini, Estay, Colet-Lagrange, (2021), Liang, Broitman, Wang, Cao, Vesper, (2011), Mousavi-Kamazani, Azizi, (2019), Arabaci, (2019)).

In the present study, we employed the sol-gel method to prepare the cerium oxide. The structural and morphological features of the ceria particles were determined in depth with X-ray powder diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM) analysis studies.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1 Experimental Studies

In this work, cerium(III) nitrate hexahydrate $[\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ (Sigma Aldrich), Lanthanum(III) nitrate hexahydrate $[\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ (Sigma Aldrich), Copper(II) nitrate trihydrate $[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ (Sigma Aldrich), citric acid monohydrate $[\text{HOC}(\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ (Sigma Aldrich) and ultra pure water were used.

Undoped CeO_2 and La/Cu co-doped CeO_2 powder were synthesized by a simple sol-gel method. Firstly, 21.4 g $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was dissolved in ultra pure water. Then 1.02 g $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ and 0.60 gr $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ was dissolved to the solution ultra pure water. All solutions were mixed on a magnetic stirrer. Next, 21 gr $\text{HOC}(\text{COOH})(\text{CH}_2\text{COOH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ solution was prepared. It was added to the final mixture the prepared citric acid mixture. Finally synthesis temperature was increased to 90 °C. Synthesized gel was dried at 110 °C. Then, it was calssine at 450 °C for 3 hours. The crystal structure, morphology, and size of the asprepared and calcined powders were done by XRD, SEM and particle size analyses.

Undoped CeO_2 was also synthesized in a similar way.

2.2 Experimental Results

The XRD analyzes of the synthesized powders are shown in the Figure 2.1 (Atatürk University, the East Anatolia High Technology Application and Research Centre). Unit cell property of crystalline phase of undoped CeO_2 , La doped CeO_2 and Cu doped CeO_2 samples have been taken from literature. According to this, Figure 2.1 strong peaks(CeO_2) in the patterns were corresponds to (111), (220), (200), (222) and (311) (hkl) planes respectively (Kumar, Selvarajan, Muthuraj, (2013), Farahmandjou, Zarinkamar, Firoozabadi, (2016), Tumkur, Gunasekaran, Lamani, Nazario Bayon, Prabhakaran, Hall, Ramesh, (2021)). CeO_2 peaks decrease with doping. Other small peaks show the presence of La and Cu (Hou, Lu, Wang, (2017), Mousavi-Kamazani, Azizi, (2019), Killivalavan, Prabakar, Naidu, Sathyaseelan, Rameshkumar, Sivakumar, Rao, (2020)).

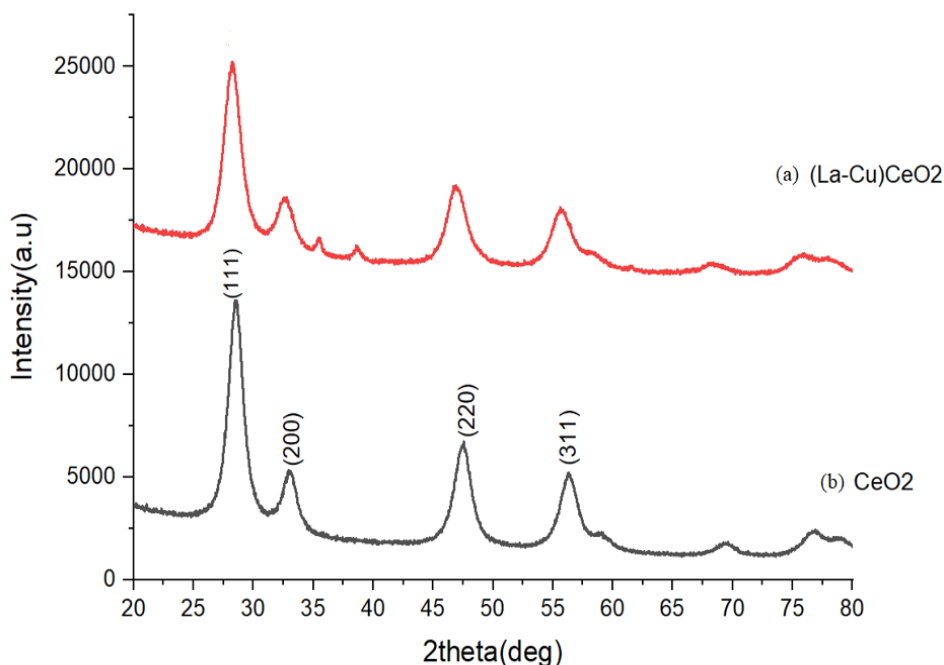


Figure 2.1 X-ray diffraction patterns of La-Cu co-doped CeO_2 and undoped CeO_2 sample.

As can be seen in Figure 2.2, there was a tendency to decrease towards the left at the peak point of the particle size distribution with doping. While the average particle size of the powders obtained by doping was 846 nm, the average particle size of the pure CeO_2 powders was obtained as 1040 nm. It was observed that the particle size decreased with doping.

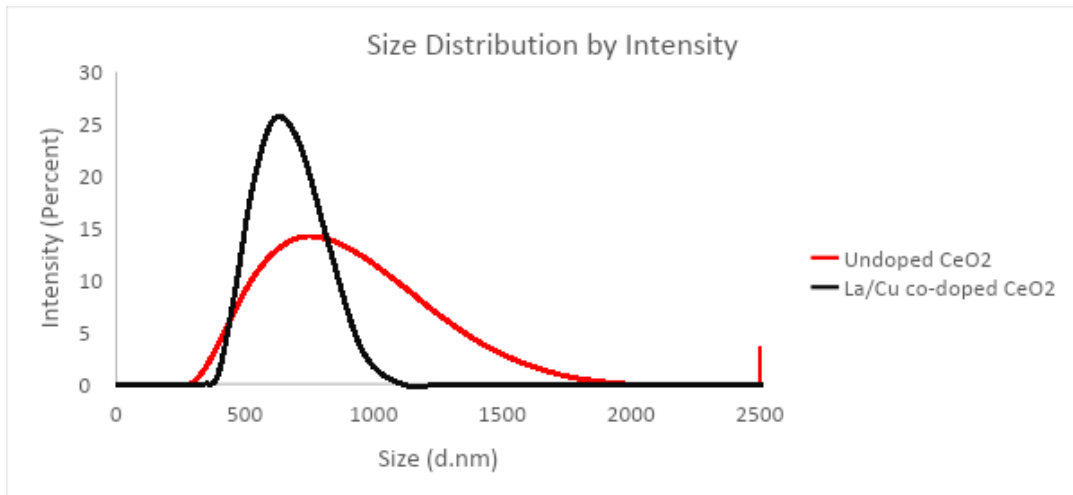
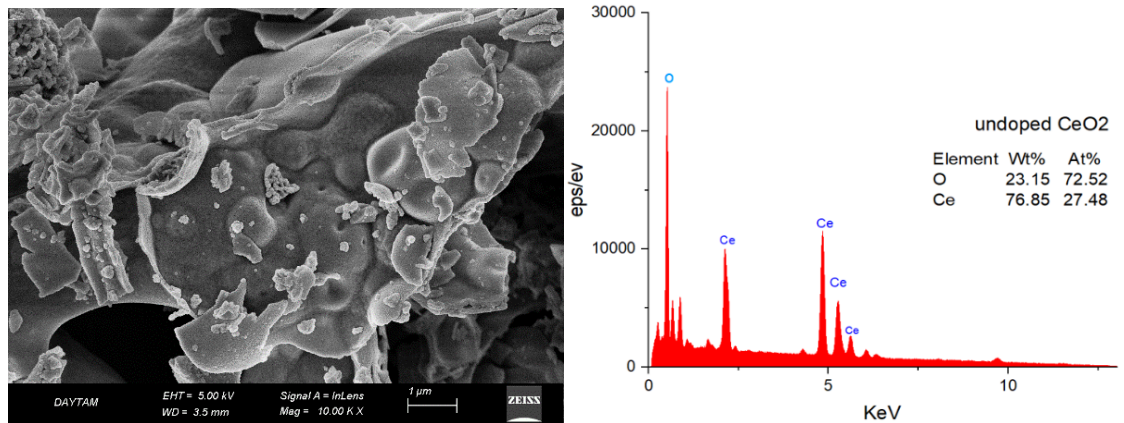
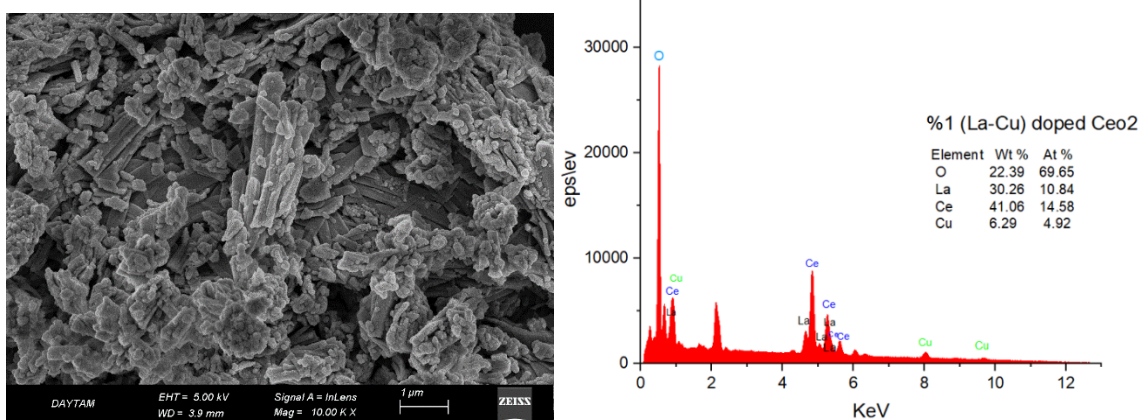


Figure 2.2 Particle size distribution analyzes of synthesized cerium oxide powders.

Figure 2.3 (a and b) shows SEM images and EDX analyzes of undoped CeO_2 and co-doped CeO_2 powders. It is seen that the particle sizes are smaller and more homogeneous with co-doped.



(a)



(b)

Figure 2.3. SEM-EDX images of (a) undoped CeO_2 , (b) La/Cu co-doped CeO_2 powders.

3. CONCLUSION

In this study, the use of pure and co-doped CeO_2 powders synthesized by the sol gel method in fuel cell applications was investigated. It was observed that the particle size decreased when cerium oxide was co-doped, which was supported by SEM analysis. SEM analyzes also showed a homogeneous morphology with co-doped.

It was seen that co-doping was done successfully with EDX analysis. XRD analyzes showed that new Cu and La peaks appeared, where sharp CeO₂ peaks decreased with doping. The use of the obtained La/Cu co-doped CeO₂ powders as electrolyte material in fuel cell applications is promising.

Acknowledgments

This work is supported by Alanya Alaaddin Keykubat University Scientific Research Projects Unit, Project number 2022-02-03-LAP05.

References

- Arabaci, A. L. İ. Y. E. (2019). Characterization of High Density CeO₂-Based Electrolyte. *Acta Physica Polonica A*, 135(4).
- Díaz-Aburto, I., Hidalgo, J., Fuentes-Mendoza, E., González-Poggini, S., Estay, H., & Colet-Lagrange, M. (2021). Mo, Cu-doped CeO₂ as Anode Material of Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) using Syngas as Fuel. *Journal of Electrochemical Science and Technology*, 12(2), 246-256. <https://doi.org/10.33961/jecst.2020.01571>
- Farahmandjou, M., Zarinkamar, M., & Firoozabadi, T. P. (2016). Synthesis of Cerium Oxide (CeO₂) nanoparticles using simple CO-precipitation method. *Revista mexicana de física*, 62(5), 496-499.
- Hou, X., Lu, Q., & Wang, X. (2017). Enhanced catalytic properties of La-doped CeO₂ nanopowders synthesized by hydrolyzing and oxidizing Ce₄₆La₅C₄₉ alloys. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 2(1), 41-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsamd.2017.02.006>
- Killivalavan, G., Prabakar, A. C., Naidu, K. C. B., Sathyaseelan, B., Rameshkumar, G., Sivakumar, D., ... & Rao, B. R. (2020). Synthesis and characterization of pure and Cu doped CeO₂ nanoparticles: photocatalytic and antibacterial activities evaluation. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 10, 5306-5311. <https://doi.org/10.33263/BRIAC102.306311>
- Kumar, E., Selvarajan, P., & Muthuraj, D. (2013). Synthesis and characterization of CeO₂ nanocrystals by solvothermal route. *Materials Research*, 16, 269-276.
- Liang, S., Broitman, E., Wang, Y., Cao, A., & Veser, G. (2011). Highly stable, mesoporous mixed lanthanum–cerium oxides with tailored structure and reducibility. *Journal of materials science*, 46(9), 2928-2937. <https://doi.org/10.1007/s10853-010-5168-y>
- Michalska, M., Lemański, K., & Sikora, A. (2021). Spectroscopic and structural properties of CeO₂ nanocrystals doped with La³⁺, Nd³⁺ and modified on their surface with Ag nanoparticles. *Heliyon*, 7(5), e06958. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07195>
- Mousavi-Kamazani, M., & Azizi, F. (2019). Facile sonochemical synthesis of Cu doped CeO₂ nanostructures as a novel dual-functional photocatalytic adsorbent. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 104695. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104695>
- Tumkur, P. P., Gunasekaran, N. K., Lamani, B. R., Nazario Bayon, N., Prabhakaran, K., Hall, J. C., & Ramesh, G. T. (2021). Cerium Oxide Nanoparticles: Synthesis and Characterization for Biosafe Applications. *Nanomanufacturing*, 1(3), 176-189. <https://doi.org/10.3390/nanomanufacturing1030013>
- Xu, B., Yang, H., Zhang, Q., Yuan, S., Xie, A., Zhang, M., & Ohno, T. (2020). Design and Synthesis of Sm, Y, La and Nd-doped CeO₂ with a broom-like hierarchical structure: a photocatalyst with enhanced oxidation performance. *ChemCatChem*, 12(9), 2638-2646. <https://doi.org/10.1002/cctc.201902309>

SAVAŞ UÇAĞI BOYLAMSAL EKSENİ OPTİMAL KONTROLÜ VE GÖZLEYİCİ TASARIMI

Mustafa Fatih MACİT

Yildiz Technical University, Department of Control and Automation Engineering, Davutpasa Campus

ORCID: 0000-0003-0063-9958

Dr.Öğr.Üyesi.Onur AKBATI

Yildiz Technical University, Department of Control and Automation Engineering, Davutpasa Campus

ORCID: 0000-0001-6729-1277

ÖZET

Bu çalışmada, savaş uçağı boylamsal eksen optimal kontrolü ve gözleyici tasarımı gerçekleştirilmektedir. Savaş uçağı boylamsal eksen kontrolü için doğrusal karesel düzenleyici metodu kullanılmaktadır. Ancak, doğrusal karesel düzenleyici tek başına hava aracının iç kararlılığını sağlasa da referans takibi gibi bir çözüm sunamamaktadır. Referans takibi probleminin çözümü için servo mekanizma yapısı ile hava aracına referans takibi yeteneği kazandırılmaktadır. Bu sayede, hava aracı boylamsal eksenini hem iç kararlılığı hem de yunuslama hızı referans takibini optimal bir şekilde kontrol etmektedir. Tasarlanan optimal doğrusal karesel düzenleyici, pilotların isterleri ölçüsünde yüzde aşım yeteneği bulunmamaktadır. Bu durumdan dolayı hava aracı kontrolü pilot isterlerini de sağlayabilmek için ileri besleme kontrol yapısı kurularak, istenilen yüzde aşım isteri sağlanmaktadır. Bu sayede hem isterler sağlanmış hem de optimal yapıdan herhangi bir şekilde uzaklaşmadan hava aracı kontrolü tamamlanmıştır. Bütün bu çalışmalara ek olarak hava aracı kontrolü, insan faktörü ile birlikte çalıştığından dolayı her iki sistem arasında herhangi bir uyumsuzluk olmaması gerekmektedir. Bu durum için askeri havacılık standartlarında uçuş ve kullanım kriterleri olarak bilinen bant genişliği kriteri, faz hızı kriteri ve geçici tepe oranı kriterleri ile analizler gerçekleştirilmektedir. Bu analiz sonuçlarında hava aracı boylamsal eksen kontrolcüsünün, pilot kaynaklı salınımlardan uzak olduğu ve seviye 1 bölgesinde sonuç verdiği gözlenmektedir. Bu çalışma paralelinde hava aracı modelinde hava verisinin kaybı, sistem içerisinde oluşabilecek gürültü varlığında ya da sensör hatası durumunda hava aracının sağlıklı kontrol edilebilmesi için Kalman filtresi ile boylamsal eksen modları başarılı bir şekilde gözlemlenmektedir ve %10 civarında gürültü bastırımı gerçekleştirilmektedir. Yapılan bütün çalışmalar doğrusal olmayan hava aracı modeline entegre edilerek sistemin doğrusal sistemde tasarlanan optimal kontrolcü ve gözleyici ile uyumlu ve başarılı bir şekilde çalıştığı da gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: optimal, kontrol, gözleyici, Kalman, filtre, uçuş, kullanım, kriterleri

OPTIMAL CONTROL AND OBSERVER DESIGN FOR FIGHTER AIRCRAFT LONGITUDINAL AXIS

ABSTRACT

In this study, optimal controller and observer are designed for fighter jet aircraft longitudinal axis. Linear quadratic regulator method is used to control the longitudinal axis. However, although linear quadratic regulator provides inner loop stability, it is insufficient for reference tracking problem. For this reason, servo mechanism structure is added to the control architecture to solve the reference tracking problem. Thus, reference tracking to the aircraft can be performed. In this way, the aircraft longitudinal axis optimal controller controls both the inner loop stability and the pitch rate reference tracking. Despite all these, the designed controller cannot achieve the pilot's desired overshoot. To solve overshoot problem, feedforward controller is added to the aircraft controller architecture. In addition to all these studies, there is a pilot in fighter jet aircraft. This requires that there should not be any conflict between the aircraft controller and the pilot. For this reason, the bandwidth criteria, phase delay criteria and transient peak ratio criteria known as military flight and handling quality criteria. According to these analysis results, it is observed that the aircraft longitudinal axis controller is pilot induced oscillation free and level 1. In parallel, sensor error, loss of air data, noise or disturbance may occur in the aircraft. In the solution of these problems, the longitudinal axis modes of the aircraft are observed by Kalman filter design. The designed observer can be rejected disturbance nearly 10%. All these studies are integrated to the nonlinear aircraft model and observed that it works successfully.

Keywords: optimal, controller, observer, Kalman, filter, flight, handling, quality

1. GİRİŞ

Buluşlar sıklıkla ihtiyaç dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. Kontrol, mühendislik ve yeni şeylerin keşfi ile de hayat daha kolay hale getirilmeye çalışılmaktadır. II. Dünya savaşından önce de bilim insanları kontrol teorisi üzerinde çalışmalar gerçekleştirdiler. Ancak tutarlı bir yol haritası oluşturamadılar. Bu durumdan dolayı her bir problem farklı şekilde çözülmeye başlandı ve çokça iteratif metotlar kullanıldı. Bunların paralelinde giriş ve çıkış arasında bir bağ, mantık kurmaya çalıştılar. Hatta giriş ve çıkış arasındaki ilişkilere sebep olacağını düşüklere bazı parametreleri grafiksel olarak da incelediler. Tüm bu ilerlemeler savaşın da etkisiyle ve silah sanayinin ilerlemesi ile ciddi anlamda hız kazanmaya başladı. Böylelikle bugünkü klasik kontrol olarak adlandırılan kontrol teorisinin temelleri atılmış oldu. Oluşan bu teori genel olarak diferansiyel denklemleri ve Laplace dönüşümlerinin kullanılması ile kararlılık ve geri besleme yöntemi üzerine inşa edilmekteydi. James Watt (1788) geri besleme sistemini buhar motorunun hızını ayarlayabilmek için mekanik bir yöntem kullandı. "Wright Brothers (1903)" pilotlu uçan bir hava aracı için kontrol sistemi oluşturarak kullanmaya başladılar. Sperry Gyroscope şirketi (1912), bir otopilot sistemi geliştirerek uçan bir bota test icra ettiler. 1914 senesinde hava aracının kararlılığını o denli geliştirdiler ki pilot herhangi bir şekilde hava aracına müdahale etmese de hava aracı uçabilmekteydi. 1920 senelerinin sonlarına gelindiğinde birçok bilim insanı kontrol sisteminde ölçümlerin manipülasyonu ve bir kazanç ile çarpılması ile sistemlerde olumlu gelişmeler olduğunu anlamaya başladılar. Harold Hazen (MIT-1934) ilk servo mekanizmalar hakkında yayınlar gerçekleştirdi ve açık çevrim ile kapalı çevrim arasındaki farkları ifade etti. 1935 ve 1945 yıllarına gelindiğinde ikinci dünya savaşının da etkisiyle savunma ve saldırı ekipmanlarının da gelişimiyle kontrol sistemlerine verilen önem arttı. Buna bağlı olarak kontrol sistemlerinin gelişimi de hızlanmaya başladı. Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri (1947), bütünüyle otopilot teknolojisiyle uçabilen, iniş ve kalkış durumları dahil okyanus ötesi uçuş gerçekleştirebilen bir uçak geliştirdi. 1950 yıllarına gelmeden bugünkü kontrol teorisinde büyük bir öneme sahip olan transfer fonksiyonu ve frekans cevabı gibi terimler keşfedilmeye ve anlaşılmaya başlandı. Buna ek olarak, ilk analog bilgisayar da kullanıldı. Buna benzer birçok gelişim belli bir süre boyunca ülkeler arasında teknoloji savaşı gibi bir duruma evrilerek havacılık sektöründeki gelişim büyük bir yol kat etti. Daha yüksek hızlar ve daha hızlı uçabilen uçaklar üretilmeye başlandı. Mayr (1970), geri besleme sistemlerine ait kriterleri inceledi ve buradaki bazı yapılar ve kavramlar ile ilgili çalışmalar gerçekleştirdi. Buna bağlı olarak çıkış bilgisini okuyabilecek sensör yapısı ve referans giriş ile çıkışı karşılaştırabilecek bir oluşum ortaya attı. Bu da bugünkü negatif geri besleme kapalı çevrim sistemi oluşturmaktaydı. 1970'li yıllar havacılık sektörü teknolojisi için büyük sıçramaların olduğu dönemlerdi. İlk defa kablolu uçuş (fly-by-wire) sistemli uçaklar üretildi. Bu alandaki en iyi örnek ise günümüzde halen havacılık alanında büyük bir öneme sahip olan F-16 hava araçlarıdır.

Bir diğer sistematik teori olan modern teori de 1960'lı yıllardan sonra geliştirilmeye başlandı. Böylelikle, hava araçları çok iyi performansa, dayanıklılığa ve verimliliğe sahip, hava araçları, füzeler ve savaş uçakları üretilmeye başlandı. Hatta GARTEUR modern kontrolün gelişimini göstermek ve kanıtlamak için yarışmalar düzenledi. Doğrusal karesel düzenleyici modern kontrol teorileri arasında en yaygın olarak kullanılan metotlardan birisidir. 1950'li yıllara dayanan bu kontrol teorisi 1981 yılında IEEE doğrusal karesel Gaussian metodu ile kontrol problemlerine çözüm sunarak ortaya çıkmıştır. Bu kontrol teorisi, tasarımcıya kontrol girişlerinin büyüklüğünü ve durum değişkenlerinin oturma zamanını belirlenmesi gibi gereksinimlerin sağlanmasına imkan vermektedir. Doğrusal karesel düzenleyici sonsuz zaman ve uygun ağırlık matrislerinin seçilmesi ile çok değişkenli sistemin kararlılık marjlarını da garanti etmektedir.

Literatürde hava araçları üzerinde en çok kullanılan modern kontrol teknikleri, öz değer ataması, model takibi, dinamik ters çevirme, doğrusal karesel Gaussian ve doğrusal karesel düzenleyici gibi kontrol teorileri bulunmaktadır.

2. Hava Aracı Boylamsal Ekseni Matematik Modeli

2.1. Hava Aracı Doğrusal Olmayan Modeli

Bu çalışmada kullanılan jet insanlı hava aracı modeli, Minnesota Üniversitesi'nin hazırlamış olduğu "Nonlinear F-16 Model" üzerinden elde edilen veriler ile gerçekleştirilmektedir.

2.2. Doğrusallaştırma

Doğrusal olmayan modelin doğrudan kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu sebepten dolayı hava aracının uçuş anının simüle edilebilmesi ve analiz edilebilmesi için uygun başlangıç koşulları sağlanması gerekmektedir. Hava aracı doğrusal olmayan modelinin o uçuş koşulu için gerekli başlangıç koşullarının sağlanmasına trim denmektedir. Bu çalışmada hava aracı kontrolü için doğrusal kontrolcü ve gözleyiciler kullanıldığından dolayı hava aracının doğrulaştırılması gerekmektedir. Bunun için MATLAB'in '[A, B, C, D] = linmod ()' fonksiyonu kullanılarak doğrusal olmayan model doğrusallaştırılmaktadır

2.3. Durum Uzay Gösterimi

Durum uzay gösterimi:

$$\dot{x} = Ax + Bu + wd$$

$$y = Cx + wn$$

şeklindedir. Burada wd ve wn sırasıyla proses ve ölçüm gürültülerini simgelemektedir. Hava aracı durum uzay gösterimi:

$$\dot{x} = -1.0126 \ 0.9300 \ 0.9231 \ -1.3144 \ x + -0.0023 \ -0.2371 \ u$$

$$y = 0 \ 57.2958 \ x$$

3. Sistem Analizi

3.1. Kontrol edilebilirlik

$$CA, B = [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B]$$

Bu bölümde, Bölüm 2.3'te verilen hava aracı boylamsal eksen sisteminin kontrol edilebilirliği incelenmektedir.

$$CA, B = -0.0023 \ -0.2181 \ -0.2371 \ 0.3135$$

$$\text{rank}C = 2$$

Kontrol edilebilirlik matrisi, tam sütun rankı olarak elde edilmektedir. Bu da hava aracı boylamsal eksen durumlarının kontrol edilebilir olduğu anlamına gelmektedir.

3.2. Gözlenebilirlik

$$A, B = [C \ CA \ CA^2 \ \dots \ CA^{n-1}]'$$

Bu bölümde, Bölüm 2.3'te verilen hava aracı boylamsal eksen sisteminin gözlenebilirliği incelenmektedir.

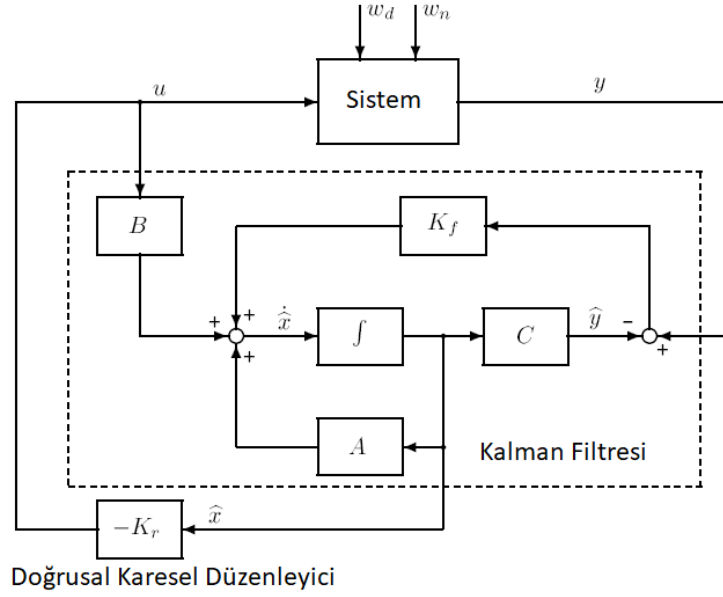
$$A, B = -0.0023 \ -0.2181 \ -0.2371 \ 0.3135$$

$$\text{rank} = 2$$

Gözlenebilirlik matrisi, tam sütun rankı olarak elde edilmektedir. Bu da hava aracı boylamsal eksen durumlarının gözlenebilir olduğu anlamına gelmektedir.

4. Sistem Sentezi

Bu bölümde hava aracı boylamsal eksen için optimal bir kontrolcü olan doğrusal karesel düzenleyici ve Kalman filtresi tasarımı gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.1 Doğrusal Karesel Düzenleyici ve Kalman Filtresi Blok Diyagramı

4.1. Doğrusal Karesel Düzenleyici

Hava aracı boylamsal eksenini için doğrusal karesel tam durum geri besleme düzenleyicisi tasarlanarak sistemin optimal olarak kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Doğrusal karesel düzenleyici tipik bir geri besleme kontrolcüsüdür. Dolayısıyla aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$u = -Kx$$

Kapalı çevrim ifade ise;

$$\dot{x} = A - BKx = Acx$$

$$y = Cx$$

olarak gösterilmektedir.

Doğrusal karesel düzenleyicisinin performans indeksi bir maliyet fonksiyonudur ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$J = \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt$$

$Q = H^T H \geq 0$, $R > 0$ olmalıdır.

Sonuç olarak kontrolcü kazancı olan K aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$K = R^{-1} B^T P$$

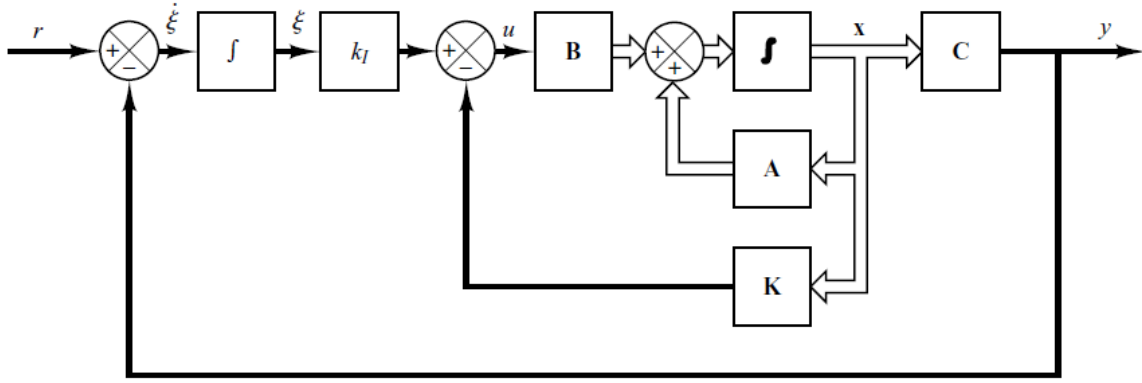
Buradaki K kontrolcü kazancı aşağıdaki Riccati eşitsizliğinin çözümünden elde edilmektedir.

$$0 = A^T P + P A + Q - P B R^{-1} B^T P$$

Burada, $P = P^T$ olduğundan, P 'nin çözümü simetriktir.

4.2. Servo Mekanizma Tasarımı

Doğrusal karesel düzenleyicinin tek başına referans takibi gibi bir misyonu bulunmamaktadır. Bu durumdan dolayı hava aracı boylamsal sistemine servo tip 1 mekanizması tasarlayarak hava aracı boylamsal sistemine referans takibi özelliği kazandırılmaktadır.



Şekil 4.2 Servo Mekanizma Blok Diyagram Gösterimi

Bölüm 2.3'te gösterilen hava aracı durum uzay gösterimi üzerine servo mekanizma yapısı kurulma işlemi aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

$$u = -Kx + k_I$$

$$= r - y = r - Cx$$

Bölüm 2.3'te ilgili bölümlere yukarıdaki ifadeler yazıldığında yeni oluşan servo mekanizmalı sistemin durum uzay gösterimi;

$$\dot{x} = A_0 x - C_0 x + B_0 u + 0 \cdot 1 r$$

olarak elde edilmektedir. Bu durumun sonucu olarak, yeni elde edilen A ve B matrisleri aşağıdaki gibi yeniden yazılabilmektedir.

$$A = A_0 - C_0, B = B_0$$

Burada kapalı çevrim sistem için elde edeceğimiz K kontrolcü kat sayısı yeniden yazılacak olunursa,

$$K = [K \quad -k_I]$$

Hava aracı boylamsal eksen durum uzay gösterimi:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1.0126 & 0.9300 & 0.8231 & -1.3144 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} -0.0023 & -0.2371 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 57.2958 \end{bmatrix} x$$

Hava aracı boylamsal eksenine servo mekanizma sistemi eklenecek olunursa;

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} -1.0126 & 0.9300 & 0 & -0.8231 & -1.3144 & 0 & 0 & -57.2958 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} -0.0023 & -0.2371 & 0 \end{bmatrix} u$$

Elde edilen yeni servo mekanizmalı boylamsal eksen sistemi için doğrusal karesel düzenleyici tasarlanacak olunursa ağırlık matrisleri aşağıdaki gibi seçilmektedir.

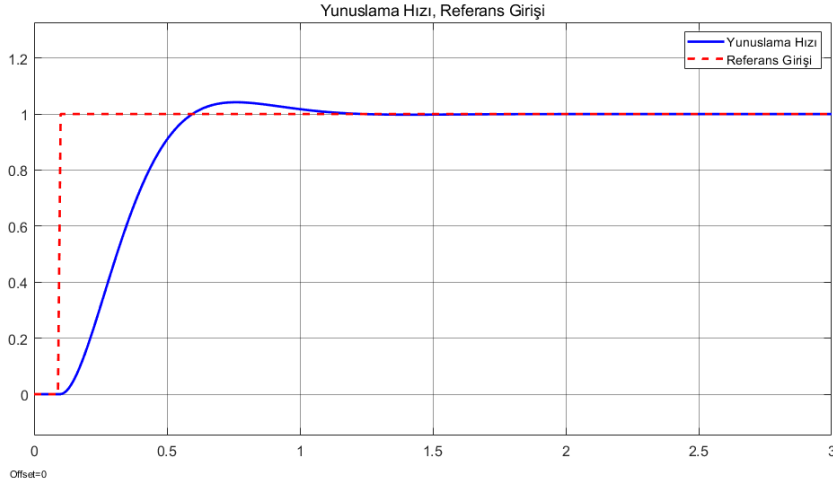
$$Q = \begin{bmatrix} 0.4053 & 0 & 0 & 0 & 1.1611 & 0 & 0 & 0 & 91.1891 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 8.2070 \end{bmatrix}$$

Ağırlık matrisleri yukarıdaki gibi ifade edilen sistem için doğrusal karesel düzenleyici kazançları, MATLAB'in $[K, X, S] = \text{lqr}(A, B, Q, R)$ komutu kullanılarak hesaplanmaktadır. Elde edilen kontrolcü kazancı ise;

$$K = \begin{bmatrix} 3.3029 & -34.6609 & 3.3333 \end{bmatrix}$$

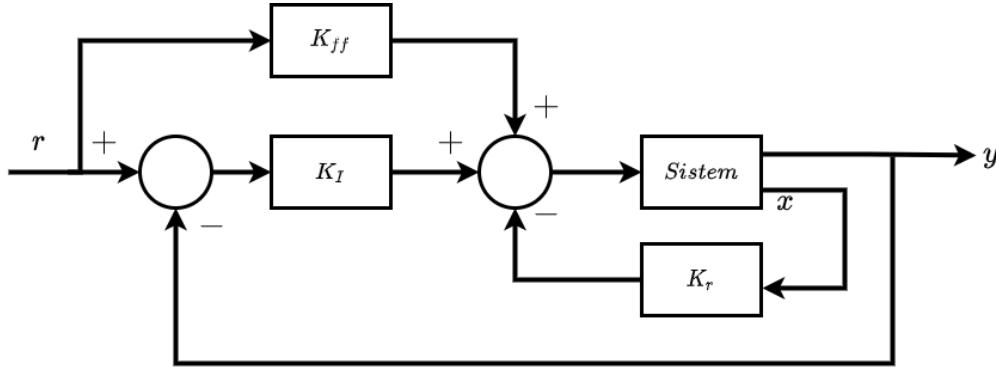
olarak elde edilmektedir.



Şekil 4.3 Yunuslama Hızı Birim Basamak Cevabı

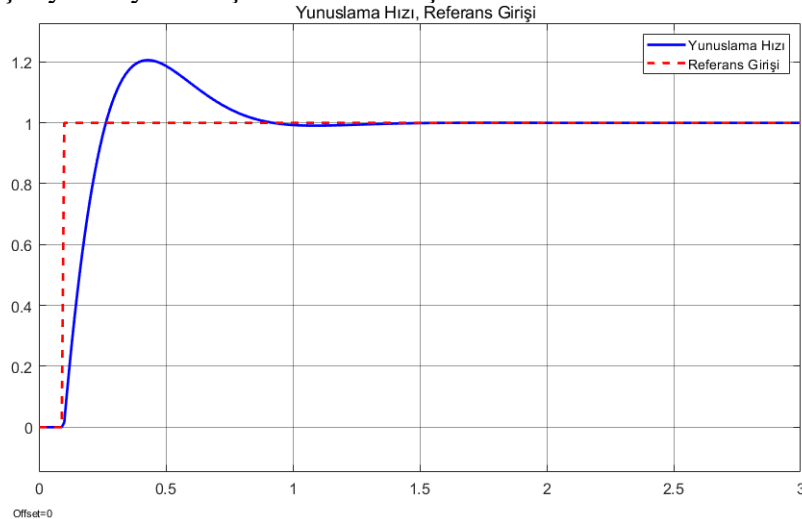
4.3. İleri Besleme Kontrolcü Tasarımı

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere doğrusal karesel düzenleyici ile tasarlanan referans takibi sistemin birim basamak cevabından elde edilen yüzde aşım %4,22 olarak elde edilmiştir. Bu durum normalde başarılı bir sonuç olarak görünse de pilotlu hava araçlarında pilotların da kontrol sisteminden bazı isterleri bulunmaktadır. Bu isterlerden biri de hava aracının yunuslama hızının %20 ile %30 arasında yüzde aşım yapabilmesidir. Dolayısıyla hem optimal yapıdan uzaklaşmadan hem de sistemi hızlandırarak yüzde aşımı istenilen seviyeye getirmeye yarayacak olan ileri besleme kontrolcü tasarımı gerçekleştirilerek bu pilot isteri karşılanmaktadır.



Şekil 4.4 İleri Besleme Kontrol Mimarisi

Şekil 4.4'te bulunan yapı bir ileri besleme kontrol mimarisini göstermektedir. Buradaki Kff kontrolcü kazancı da ileri besleme kontrolcü kazancını ifade etmektedir. İleri besleme kontrolcü kazancı $k_{ff} = -0.7$ olarak seçilerek pilotların isterlerini karşılayacak yüzde aşım elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 4.5 İleri Besleme Kontrolcüsü ile Yunuslama Hızı Birim Basamak Cevabı

4.4. Kalman Filtre Tasarımı

Kalman filtresi sistemin durumlarının optimal olarak kestirilmesini hedefleyen bir algoritmadır. Model tasarlanırken, gerçek hayattaki bazı dinamiklerin eksik olması, bazı parametrelerin doğru seçilmemesi, zamanla sistemin değişmesi, gürültü ve sensör hataları gibi durumların çözümlenebilmesi amacıyla tasarlanmaktadır. Kalman filtresi doğrusal değişmeyen bir sistem için aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\dot{x}=Ax+Bu+wd$$

$$y=Cx+wn$$

Burada, wd proses gürültüsünü, wn ölçüm gürültüsünü ifade etmektedir. Genellikle bu gürültülerin ortalamasının sıfır olduğu kabul edilmektedir. Doğrusal karesel düzenleyici de olduğu gibi Kalman filtresinde de gürültü yoğunlukları matrisleri bulunmaktadır. Bunlar, W ve V yoğunluk matrisleri ile ifade edilmektedir. Yani, wd ve wn birer beyaz gürültüdür.

Şekil 4.1’de Kalman filtresinin blok diyagram gösterimi bulunmaktadır. Bu gösterimde Kalman filtresi ile kestirilen durumlar \hat{x} ile ifade edilmektedir.

$$\hat{x}=A \hat{x}+Bu+Kf(y-C \hat{x})$$

Kalman filtresi, $E\{x-x^T[x-x]\}$ ifadesini minimize eden optimal Kf seçimi, $Y-Y^T$ cebirsel Riccati eşitsizliğinin benzersiz yarı tanımlı çözümü ile elde edilmektedir.

$$Kf=YCTV^{-1}$$

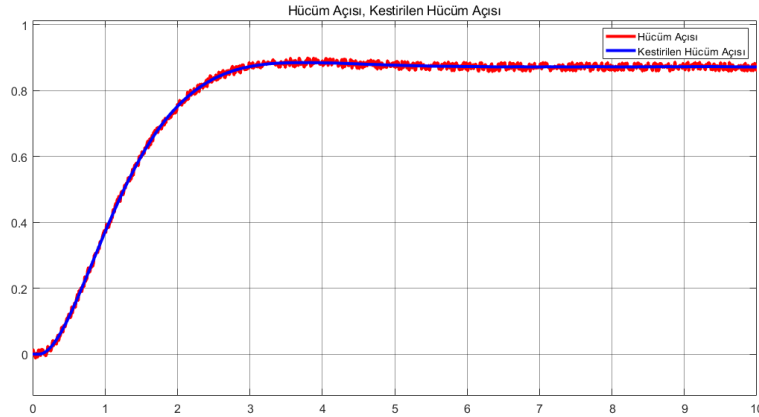
Riccati eşitsizliği:

$$YAT+AY+YCTV^{-1}CY+W=0$$

olarak tanımlanmaktadır.

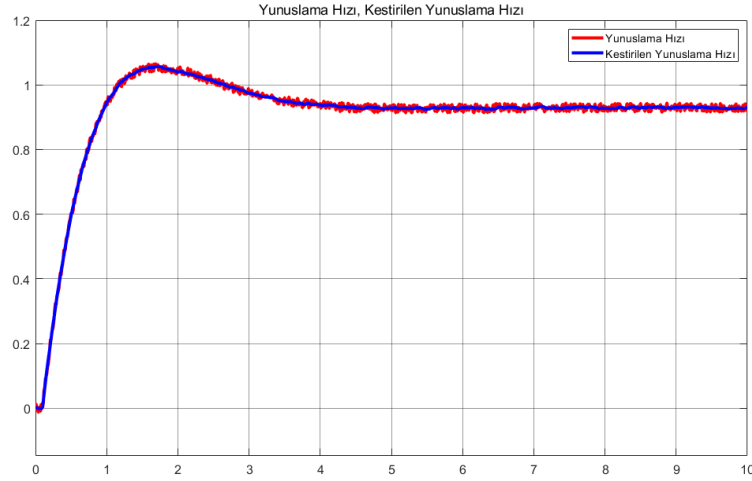
Hava aracı boylamsal ekseni modları için Kalman filtresi için gürültü ve ölçüm hataları kovaryanslar $Ww=0.1$ ve $Wv=0.1$ olacak şekilde eşit seçilmiştir. Kf Kalman filtresi kazancı MATLAB’in `kest,Kf,P=kalman(sys,Ww,Wv)` komutu kullanılarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan Kf ;

$$Kf=0.0154 \ 0.2143$$



Şekil 4.6 Kalman Filtresi Hücüm Açısı Birim Basamak Cevabı

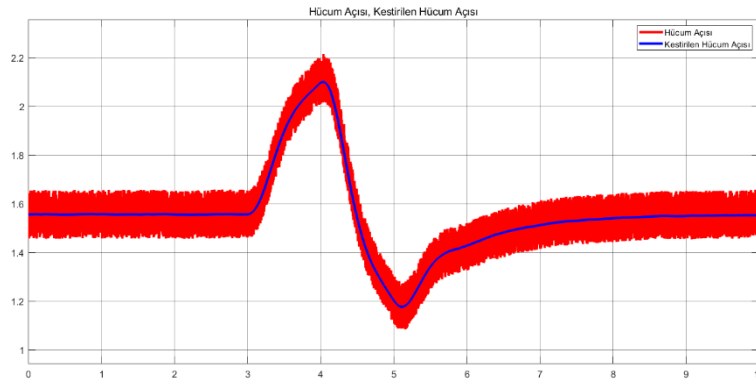
Şekil 4.6 ve 4.7 incelendiğinde %10 civarında bozucu ve gürültü altında hava aracı boylamsal ekseni modlarının başarı ile filtrelediği gözlemlenmektedir.



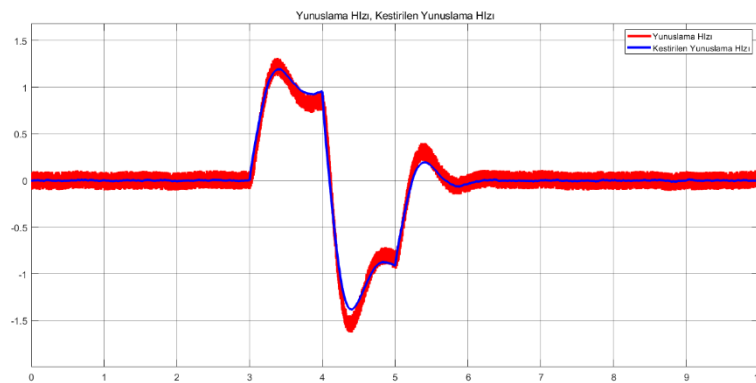
Şekil 4.7 Kalman Filtresi Yunuslama Hızı Birim Basamak Cevabı

4.5. Doğrusal Olmayan Model ile Sistem Analizi

Hava aracı boylamsal eksenini için tasarlanan doğrusal karesel düzenleyici ve Kalman filtresi birleştirilerek literatürde doğrusal karesel Gaussian olarak bilinen kontrol sistemi oluşturulmuş olmaktadır. Oluşturulan bu kontrol sistemi, doğrusal olmayan hava aracı modeline entegre edilerek sonuçlar analiz edilmektedir.



Şekil 4.8 Doğrusal Olmayan Sistem Hücüm Açısı Cevabı



Şekil 4.9 Doğrusal Olmayan Sistem Yunuslama Hızı Cevabı

Şekil 4.8 ve 4.9 incelendiğinde tasarlanan doğrusal karesel Gaussian optimal kontrolcüsünün doğrusal olmayan sistem ile de uyumlu çalıştığı gözlemlenmektedir.

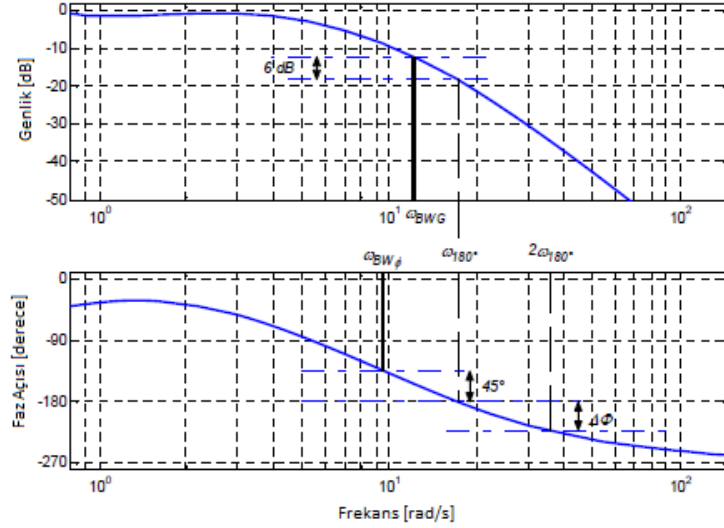
5. Uçuş ve Kullanım Kalitesi Kriterleri

Çoğu modern hava araçlarında sistemin kararlı hale getirilmesi en önemli parça gibi görünse de tarihsel süreçlerde meydana gelen kazalar ve olumsuz durumlar hava aracı için bilim adamları tarafından uçuş ve kullanım kalitesinin bir uçuş kontrol sistemi tasarım gereksinimi anlamında çok önemli olduğu kanısına ulaşılmıştır. Bu sebeple hava araçları kontrol sistemleri tasarımlarını belirli standartlar altında

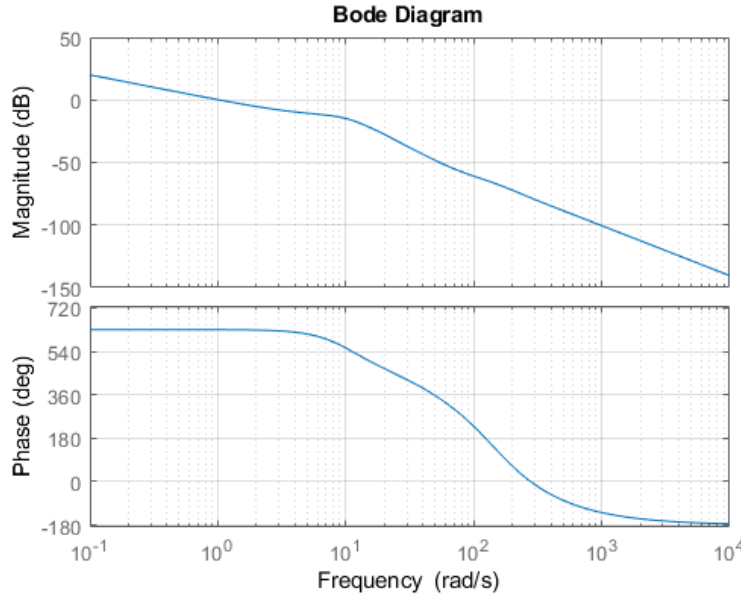
değerlendirebilecek kriterler oluşturulmaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmada tasarlanan kontrol sistemi bazı uçuş ve kullanım kriterleri dahilinde değerlendirilmektedir.

5.1. Bant Genişliği ve Faz Gecikmesi Kriterleri

Bant genişliği kriteri tasarlanan kontrol sistemi ile pilot arasındaki kararlılığı tehdit etmeden döngünün kapatılabileceği maksimum frekansı vermektedir. Bu frekans, yunuslama davranışı frekans cevabı üzerindeki şekil 5.12’de gösterildiği gibi kazanç marjının 6dB üstündeki frekans ve faz marjının 45° üstündeki frekansların en küçüğü seçilerek belirlenmektedir.



Şekil 5.1 Kalman Filtresi Hücum Açısı Birim Basamak Cevabı



Şekil 5.2 Kalman Filtresi Hücum Açısı Birim Basamak Cevabı

Hava aracı yunuslama davranışı frekans cevabı şekil 5.2 de incelenmektedir ve bant genişliği frekansları;

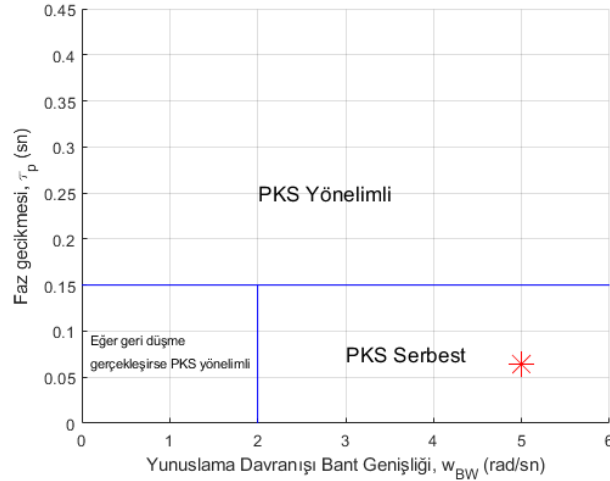
$$w_{wbkazanç}=5\text{rads}$$

$$w_{wbfaz}=7.48\text{rads}$$

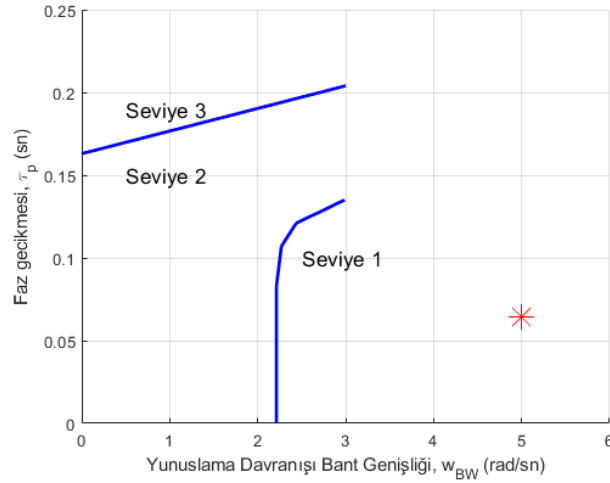
olarak elde edilmiştir ve bant genişliği kriterine göre bant genişliği frekansı 5rads olarak belirlenmektedir. Faz gecikmesi kriteri, bant genişliği frekansı üzerindeki frekanslarda faz açısı şeklinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir ve p olarak gösterilmektedir.

$$p=2 \times w_{180} - w_{180} \times 2 \times \pi \times 180 \text{ [sn]}$$

Bu eşitsizlik hava aracı için uygulandığında $p=0.0645$ sn olarak elde edilmektedir.



Şekil 5.3 Bant Genişliği ve Faz Gecikmesi Kriterlerinin Değerlendirilmesi 1



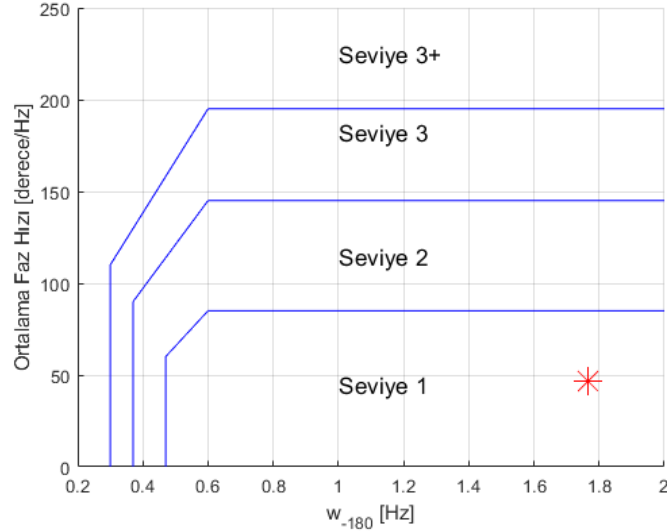
Şekil 5.4 Bant Genişliği ve Faz Gecikmesi Kriterlerinin Değerlendirilmesi 2

5.2. Faz Hızı Kriteri

Faz hızı kriteri yunuslama davranışı frekans cevabı üzerinden hava aracının pilot kaynaklı salınıma olan derecesini ifade etmek için değerlendirilmektedir.

$$FH=w-180-2 \times w-1802 \times w-180-w-180 \text{ [dereceHz]}$$

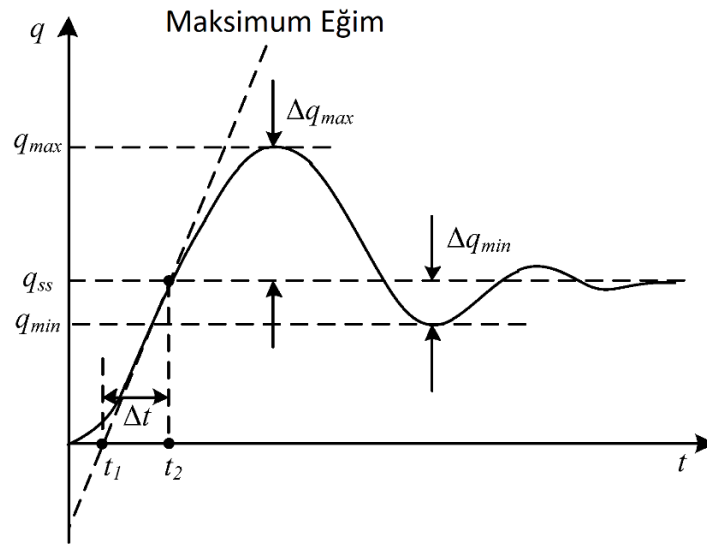
Hava aracı için yukarıdaki eşitsizlik uygulandığında $FH=46.4163$ dereceHz ve $w-180=1.7666$ Hz olarak elde edilmektedir. Elde edilen bu sonuçlara göre tasarlanan kontrol sistemi şekil 5.5'te gösterildiği gibi seviye 1 bölgesinde elde edilmektedir.



Şekil 5.5 Faz Hızı Kriteri Değerlendirmesi

5.3. Geçici Tepe Oranı Kriteri

Geçici tepe oranı kriteri hava aracı yunuslama hızı birim basamak cevabı üzerinden değerlendiren bir zaman uzayı kriteridir. Geçici tepe oranı kriterinin değerlendirilmesi için gerekli olan parametreler şekil 5.6'te gösterilmektedir.



Şekil 5.6 Geçici Tepe Oranı Kriteri Değerlendirme Parametreleri Grafiği

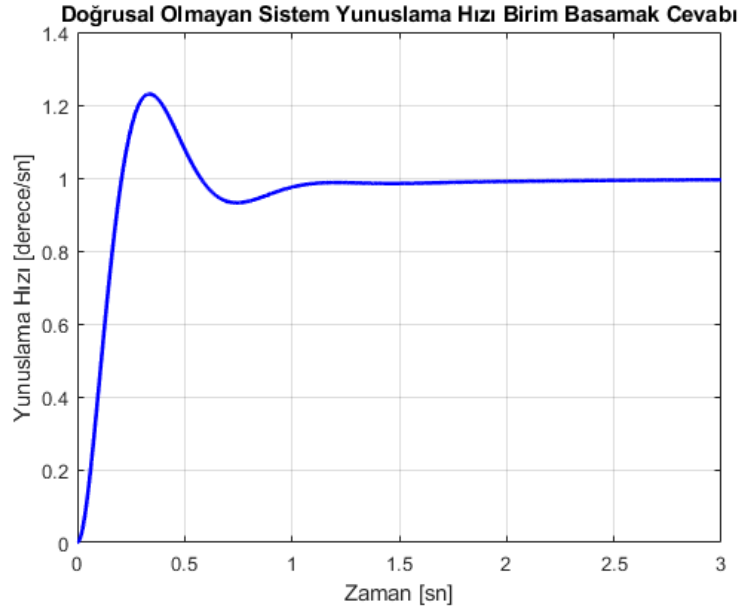
Şekil 5.6'te belirtilen t_1 efektif zaman gecikmesini, $\Delta q_2/\Delta q_1$ geçici tepe oranını ve Δt ifadesi de efektif yükselme zamanını ifade etmektedir. Bu değerler, hava aracı boylamsal eksenine için şekil 5.6 üzerinden sistemde 15ms gecikme olduğu da varsayılarak hesaplanacak olunursa;

$$t_1=0.105$$

$$\Delta q_2/\Delta q_1=0.2730$$

$$\Delta t=0.101$$

değerleri elde edilmektedir. Elde edilen bu değerler "MIL-STD-1797A" teknik dokümanına göre geçici tepe oranı kriterlerinin üçtünün de hava aracı kontrol sistemi için seviye 1 bölgesinde olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5.7 Hava Aracı Yunuslama Hızı Birim Basamak Cevabı

6. Sonuçlar

Hava aracı boylamsal eksenini için doğrusal karesel düzenleyici ve Kalman filtresi tasarımı gerçekleştirilerek doğrusal karesel Gaussion olarak bilinen optimal kontrol teorisi oluşturulmuştur. Bu duruma ek olarak hava aracı kontrol sistemine servo mekanizma yapısı eklenerek sisteme yunuslama hızı referans takibi yeteneği kazandırılmıştır. Yapılan bütün çalışmaların üstüne pilot istekleri içerisinde bulunan %20 ile %30 civarındaki yüzde aşım optimal çözümden uzaklaşmadan ileri besleme kontrolcüsü ile sağlanmıştır.

Tasarlanan Kalman filtresi ile hava aracı boylamsal modları kestirimi gerçekleştirilmiş ve %10 civarında gürültü ve bozucu altında sistemin bu gürültü ve bozucuları bastırabildiği gözlemlenmiştir.

Hava aracı kontrol sistemleri daha sonra askeri ve havacılık standartlarında da bulunan uçuş ve kullanım kalitesi kriterlerinden seçilen bir takım kriter ile değerlendirilmiş ve tasarlanan kontrol sistemin ilgili belirlenen kriterlere göre pilot kaynaklı salınımına yer vermediği ve seviye 1 bölgesinde yer aldığı sonucuna varılmıştır.

Yapılan bütün çalışmalar doğrusal olmayan modele entegre edilerek sistemin doğrusal olmayan hava aracı modeli ile başarılı olarak çalıştığı da gözlemlenmiştir.

7. Gelecek Çalışmalar

Hava aracı 6 serbestlik derecesi modeli için optimal kontrol sisteminin tasarlanarak hem boylamsal hem de yanal eksen için uçuş kontrol sisteminin tamamlanması hedeflenmektedir. Tasarlanacak olan bu kontrolcünün daha geniş kapsamlı uçuş ve kullanım kriterleri ile analiz edilmesi hedeflenmektedir. Bunlara ek olarak, hava aracı kontrol sistemi bütün uçuş zarfını kapsayacak şekilde genişletilerek kazanç tablosu ile hava aracının kontrol edilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- S. Bennett, I. of Electrical Engineers, G. Irwin, A History of Control Engineering, 1930-1955, ser. IEE control engineering series. P. Peregrinus, 1993, ISBN: 9780863412806.
- F. E. C. Culick, "The wright brothers: First aeronautical engineers and test pilots," AIAA Journal, vol. 41, no. 6, pp. 985–1006, 2003.
- B. Stevens, F. Lewis, E. Johnson, Aircraft Control and Simulation: Dynamics, Controls Design, and Autonomous Systems. Wiley, 2015, ISBN: 9781118870976.
- S. BENNETT, "Harold hazen and the theory and design of servomechanisms," International Journal of Control, vol. 42, no. 5, pp. 989–1012, 1985.
- R. Nelson, Flight Stability and Automatic Control, ser. McGraw-Hill aerospace science & technology series. McGraw-Hill Education, 1998, ISBN: 9780070462731.
- K. Ogata, Modern Control Engineering, ser. Instrumentation and controls series. Prentice Hall, 2010, ISBN: 9780136156734.



- Magni, J.F., Bennani, S., J. Terlouw, Robust Flight Control: A Design Challenge, ser. Lecture Notes in Control and Information Sciences. Springer Berlin Heidelberg, 1997, ISBN: 9783540761518.
- M. ed. Athans, "Special issue on the linear-quadratic-gaussian estimation and control problem," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. AC-16, Feb. 1971.
- G. Stein, M. Athans, "The lq/ltr procedure for multivariable feedback control design," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 32, no. 2, pp. 105–114, 1987. DOI: 10.1109/TAC.1987.1104550.
- J. Doyle, G. Stein, "Multivariable feedback design: Concepts for a classical/modern synthesis," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 26, no. 1, pp. 4–16, 1981. DOI: 10.1109/TAC.1981.1102555.
- D. Gangsaas, K. Bruce, J. Blight, Uy-Loi Ly, "Application of modern synthesis to aircraft control: Three case studies," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 31, no. 11, pp. 995–1014, 1986. DOI: 10.1109/TAC.1986.1104161.
- T. Çimen, M. Millidere, U. Karaman, S. Uslu, C. Kasnakoglu, "Newton raphson methods in aircraft trim: A comparative study," Jun. 2020.
- R. S. Russell, "Non-linear f-16 simulation using simulink and matlab," University of Minnesota, Tech. Rep. Version 1.0, Jun. 2003
- E. Lavretsky, K. Wise, Robust and Adaptive Control: With Aerospace Applications, ser. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing. Springer London, 2012, ISBN: 9781447143963.
- D. Moorhouse et al., "Flight control design - best practices," Jan. 2000. Mil std 1797a flying qualities of piloted aircraft, Tech. Rep., Aug. 2004.

MEKANİK ALAŞIMLAMA VE MİKRODALGA SİNERLEME TEKNİKLERİ İLE ÜRETİLEN AL- AĞ.% 3 FE KOMPOZİTLERİNİN KARAKTERİZASYONU

Kahraman Bekir İNDİ

Didem OVALI-DÖNDAŞ*

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye
*ORCID: 0000-0002-7934-6535, didemovali@osmaniye.edu.tr

ÖZET

Günümüzde, alüminyum alaşım ve kompozitleri, düşük yoğunluk, yüksek korozyon direnci, sertleştirilebilirliği, elde edilebilirlik ve üretilebilirlik gibi özellikleri ile havacılık, uzay ve otomobil uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada, B₄C takviye edilmiş Al-ağ.%3 Fe kompozitleri, mekanik alaşımlama, tek eksenli presleme ve mikrodalga sinterleme yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Ağ. % 0, 5 ve 10 B₄C takviyeleri, Al-Fe anayapısının mekanik özelliklerini geliştirmek kullanılmıştır. Tüm toz kompozisyonları karıştırıcı da karıştırılmış ve atritör tipi değirmende 2 saat süre ile öğütülmüşlerdir. Al esaslı kompozitler, tek eksenli press ile 600 MPa basınç altında ve 20 mm çapa sahip kalıp kullanılarak şekillendirilmiştir. Şekillendirilen kompozitler, mikrodalga sinterleme ile 600 °C’de 1 saat süre ile konsolidasyon işlemine tabi tutulmuştur. Hem öğütülmüş tozların hem de sinter sonrası kompozit bünyelerin x-ışınları difraksiyon tekniği kullanılarak mevcut fazlar belirlenmiştir. Sinterleme işlemi sonrası tüm kompozitlerin, Arşimet yoğunları belirlenmiştir. Sinter kompozitlerin mekanik özelliklerini belirlemek için Brinell makrosertlik, Vickers microsertlik ölçümleri ve basma testleri yapılmıştır. Sinterlenmiş kompozit malzemelerin yüzeyleri, optik mikroskop yardımıyla incelenmiştir. XRD sonuçlarına bakıldığında, kullanılan üretim koşulları altında, tüm kompozit bünyelerde Al₁₃Fe₄ intermetalik fazının oluştuğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, B₄C ilavesi ile kompozit bünyelerin yoğunları azalırken, sertliklerinin artmakta oldukları görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Alüminyum matris kompozit, Bor karbür, Mikrodalga sinterleme, X-ışını difraksiyonu, Sertlik.

ABSTRACT

Today, aluminum alloys and matrix composites have gained great attention with their usage in the aviation, space, and automobile application areas because of their promising properties, such as being lightweight, high corrosion resistance and reinforcing ability, and availability in nature. In this work, B₄C added Al-3 wt.% Fe composites were produced by mechanical alloying, uniaxial pressing, and microwave sintering techniques. 0, 5, and 10 wt.% B₄C powders were added to the Al-Fe matrix in order to enhance its mechanical properties. All Al-based powder compositions were blended or attritor milled for 2 h. After that, they were pressed in a 20 mm diameter cylindrical mold under 600 MPa pressure by a hydraulic uniaxial press machine. Al-based composites were consolidated in a microwave furnace at 600 °C for 1 hour. X-ray diffraction analyses were conducted for composite powders and their sintered products. Archimedes’ densities of sintered products were determined using a kit. Brinell macro hardness, Vickers microhardness, and compression tests of Al-based composites were conducted to reveal the mechanical properties. Morphologies of sintered composites were observed using an optical microscope. According to the results, the XRD patterns revealed there is an Al₁₃Fe₄ intermetallic phase in all compositions of composite structures under these production conditions. While the composite’s densities decreased with the increased amount of B₄C addition, those hardness values increased.

Keywords: Aluminum matrix composite, Boron carbide, Microwave sintering, X-ray diffraction, Hardness.

GİRİŞ

Günümüzde kompozit malzemelerin, geleneksel malzemelere göre daha üstün olmaları ve yeni tür malzemelerin geliştirilmesine karşı olan ihtiyaç nedeniyle yaygın olarak üzerine çalışma yapılmaktadır. Metal matrisli kompozitler (MMK), geleneksel alaşım malzemelerinden daha yüksek spesifik modüle, mukavemete ve aşınma direncine sahiptir. (O'Dell vd. 2004). Takviye fazının boyutu, parçacıkların dislokasyonlarla etkileşiminin önemli hale geldiği ve geleneksel MMK 'lerde tipik olarak bulunan diğer güçlendirme etkilerine eklendiğinde, mekanik özelliklerde ciddi oranda bir iyileşme ile sonuçlanacak şekildedir (Casati & Vedani, 2014). MMK içerisinde, alüminyumun (Al) sahip olduğu bulunabilirlik, hafiflik, yüksek korozyon direnci ve takviye malzemeler kullanılarak özelliklerinin geliştirilmesine olanak vermesi nedeniyle Al alaşım ve kompozitleri öne çıkmaktadır (Gökmeşe Hakan & Hakan, 2018). Bu özellikleri nedeniyle, alüminyum alaşımları ve kompozitleri, havacılık, uzay ve otomobil sektörlerindeki çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kerti & Toptan, 2008).

Al alaşımlarının mekaniksel dayanımını artırmak için bor karbür (B_4C), silisyum karbür (SiC), alümina (Al_2O_3), titanyum borür (TiB_2), gibi yüksek sertlik değerlerine sahip seramik takviye elemanları yapılarına eklenir (Çolak & Turhan, 2016). Bu takviye malzemelerin içinde bulunan B_4C sahip olduğu yüksek ergime noktası ve sertliği, düşük yoğunluğu ($2,52 \text{ g/cm}^3$), iyi aşınma direnci, kimyasal tepkiye karşı mükemmel direnci ve yüksek nötron emilimi kapasitesi gibi benzersiz özelliklere sahip olması nedeniyle birçok metal anayapısı içerisine takviye elemanı olarak kullanılan bir malzemedir (Lü vd., 2009). MMK, toz metalurjisi (Canakci & Varol, 2014), kimyasal buhar biriktirme (He vd., 2015), karıştırımlı döküm (Kumar vd., 2013), infiltrasyon (Etemadi vd., 2018), difüzyon bağlama (Nami vd., 2011), püskürtmeyle şekillendirme (Hodder vd., 2012) gibi farklı teknikler kullanılarak üretilebilirler. Son zamanlarda toz metalurjisi (TM) yöntemi, MMK üretimi için üretim hızının yüksek, işgücünün düşük, hammadde zayıflığının düşük olması gibi nedenler ile öne çıkmaktadır (Özgün, 2007). TM ürünlerinin büyük avantajları olmasına rağmen, porozitelerin varlığı, mekanik özellikleri sınırlamaktadır. TM yöntemlerinden olan mekanik alaşımlama (MA), tozların doğru oranda karıştırılması, uygun öğütme ortamı ile istenilen süre boyunca karıştırma işlemi ile gerçekleştirilir. Takiben, yapılan sıkıştırma ve yüksek sıcaklıktaki ısıl işlem ile öğütülmüş toz bir yığın şeklinde birleştirilir. Mekanik alaşımlama yönteminde kullanılan öğütme cihazları, SPEX öğütücüler, gezegen bilyalı, atritör tipi ve ticari değirmenlerdir (Suryanarayana, 2001) Kompozit malzemelerin gözenekliliğini azaltıp, mukavemetini arttırmak için için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Yılmaz ve ark. yaptıkları çalışmada bilyeli öğütme ile B_4C takviyeli Fe/Cu-grafit kompozitler üretilmiştir ve mekanik özelliklerin geliştiği gösterilmiştir (Yılmaz vd., 2010). Çolak ve Turhan'ın yaptığı bir çalışmada, gezegen tipi değirmende 45 dakika öğütülerek %10 B_4C takviyeli Al-7Si matrisli kompozit tozları geleneksel sinterleme ile farklı sıcaklıklar denenerek yığın haline getirilmiştir (Çolak & Turhan, 2019). X-ışınım kırınımı ile içyapı incelemesi sonucunda B_4C , B_8C , $Al_{3.21}Si_{0.47}$, AlB_{10} , AlB_{12} gibi çok sayıda arafazın oluştuğunu göstermişlerdir. Kompozitler arasından %10 B_4C takviye oranının en yüksek dayanımı sağladığı belirtilmiştir. Al ve B_4C fazları, yüksek sıcaklıklarda birbirini iyi ısılatmaktadır. Bu nedenle, Al_3BC , $AlB_{24}C_4$, AlB_{10} , $Al_8B_4C_7$, $Al_3B_{48}C_2$, b- AlB_{12} , AlB_2 , $AlB_{12}C_2$, $AlB_{48}C_2$, Al_4C ve a- $AlB_{12.7}$ gibi çeşitli ikili ve üçünlü bileşikler oluşturabilirler (Halverson vd., 1989 ve Viala vd., 1997).

Bu çalışmada, mekanik alaşımlama, tek eksenli presleme ve mikrodalga sinterleme teknikleri birleştirilerek ağırlık % 0, 5 ve 10 B_4C takviyeli Al-3Fe matris kompozitleri üretilmiştir. Üretilen numuneler $600^\circ C$ sıcaklıkta mikrodalga sinterleme yöntemi uygulanarak sinterlenmiştir. Üretilen Al-Fe kompozitlerin sahip olduğu faz ve dağılımları x-ışını kırınımı (XRD) ve optik mikroskop (OM) yöntemleri ile incelenmiştir. Mekanik özellikleri, Brinell makrosertlik ve Vickers mikrosertlik ölçümleri ile belirlenmiştir ve basma testleri yapılmıştır.

MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan alüminyum (Al, Alfa Aesar, %99,5 saflık, $<45 \mu m$), demir (Fe, % 99,9 saflık, $<10 \mu m$) ve bor karbür (B_4C , %99 saflık, $<7 \mu m$) başlangıç tozlarına ait detaylar Tablo 1'de verilmektedir. Turbula T2F karıştırıcıda Tablo 1'de belirtilen toz kompozisyonları 2 saat süre ile karıştırılmışlardır. Çalışmada kullanılan tüm toz kompozisyonları 2 saat süre ile MSE atritör değirmende tozların kalıp yüzeylerine sıvanmaması engellemek amacıyla toz karışımlarına %2 oranında stearik asit eklenerek mekanik alaşımlama (MA) işlemine tabi tutulmuşlardır. Öğütme işlemi argon atmosferi altında, 300 devir/dk öğütme hızı ve bilyelerin oranları

(BPR) 10:1 olacak şekilde sertleştirilmiş paslanmaz çelik bilya ve öğütme kabı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öğütme sırasında aşırı ısınmayı engellemek için 20 dakika öğütme ve 10 dakika bekleme yapılmıştır.

Tablo 1. Kompozisyonların içerik ve bileşimleri

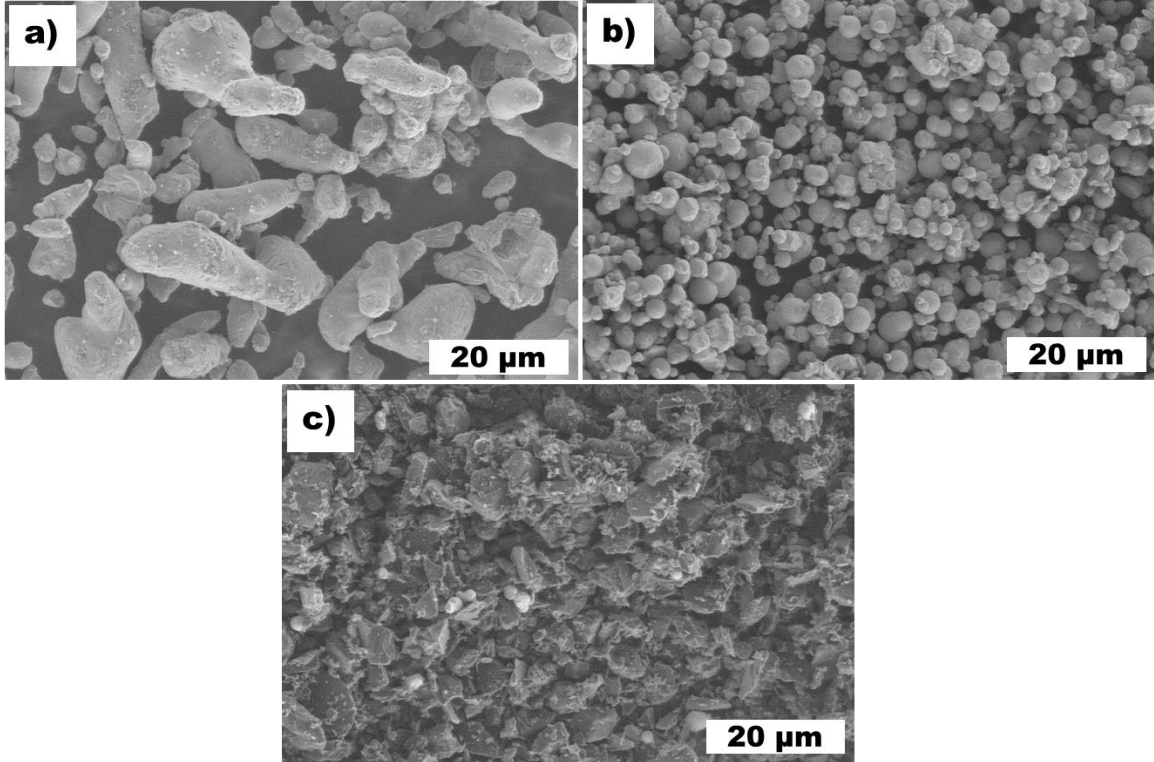
Kompozisyonlar	Al (%ağ.)	Fe (%ağ.)	B ₄ C (%ağ.)	MA Süresi (sa)
Al ₃ Fe-K	97	3	0	0
Al ₃ Fe ₅ B-K	92	3	5	0
Al ₃ Fe ₁₀ B-K	87	3	10	0
Al ₃ Fe-M	97	3	0	2
Al ₃ Fe ₅ B-M	92	3	5	2
Al ₃ Fe ₁₀ B-M	87	3	10	2

Karıştırılmış veya 2 saat MA yapılmış kompozit tozlar tek eksenli HÜRSAN markalı pres cihazında 20 mm iç çapa sahip kalıp kullanılarak, 600 MPa basınç altında şekillendirilmişlerdir. MA tozlar için sinterleme öncesi bağlayıcı giderme işlemleri 3 °C/dak ısıtma hızı ile 420 °C’de 2 saat beklenerek yapılmıştır. Tüm numuneler, Enerzi (MH2917) marka tipi mikrodalgalı fırın içerisinde 15°C/dk ısıtma hızı ile 600°C’ye çıkıp 1 sa süre beklenerek gerçekleştirilmiştir.

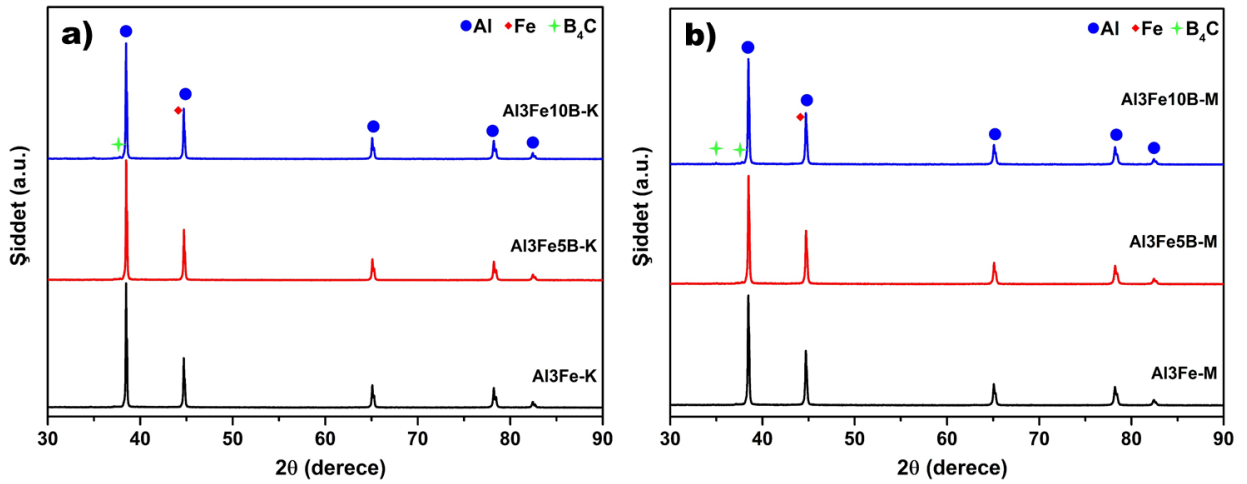
Tozların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (SEM), FEI ESEM Quanta 450 FEG cihazı ile alınmıştır. Sinterleme işlemi sonrası tüm numuneler zımpalama ve parlatma işlemlerine tabi tutulmuştur. Modifiye keller kullanılarak dağlama yapılan numuneler üzerinden Olympus Bx43 optik mikroskop kullanılarak görüntüleri alınmıştır. Kompozit tozların ve sinter ürünlerin XRD analizleri Bruker/D8 Advance cihazı kullanarak yapılmıştır. Digirock-RBOV marka sertlik cihazı ile 62,5 kg yük altında Brinell ve Qness marka mikro sertlik cihazı ile 200 gram yük altında Vickers mikrosertlik ölçümleri yapılmıştır. Shimadzu AG-IC marka cihaz ile 0,12 mm/dk hızında basma testleri gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan herhangi bir işlemde geçmemiş Al, Fe ve B₄C tozlarına ait SEM görüntüleri Şekil 1’de verilmektedir. Al tozlarının görüntüsüne (Şekil 1a) baktığımızda, 20 µm büyüklüğe ulaşan büyüklükteki düzensiz çubuk gibi şekillere sahip olduğunu görmekteyiz. Şekil 1b’de gösterilen Fe partiküllerimin 10 µm küçük boyutlarda küresel şekle sahip olduğu ve B₄C partikülleri (Şekil 1c) 7 µm küçük düzensiz şekillerde oldukları görülmektedir. Şekil 2a ve 2b’de, sırasıyla karışım ve MA yapılmış olan toz kompozisyonlarına ait XRD paternleri verilmektedir. XRD paternlerinde görülen pikler Al (ICDD numarası: 01-089-2837) fazına aittir. Bunun yanında Fe (ICDD numarası: 01-088-2334) fazına ait pik 44.68° de, Al piki ile kesişmiş şekilde yer almaktadır. B₄C fazlarından kaynaklanan pikler XRD paternlerinde tespit edilememiştir. Ayrıca karıştırılan ve mekanik alaşımlanan tozların XRD paternlerindeki pik şiddetleri karşılaştırıldığında, mekanik alaşımlama işlemi ile XRD piklerin şiddetlerinde bir miktar azalma ve genişleme görülmüş olup bu tozların kristalit boyutlarında bir miktarda olduğuna işaret etmektedir (Mukhopadhyay, Suryanarayana, & Froes, 1995).

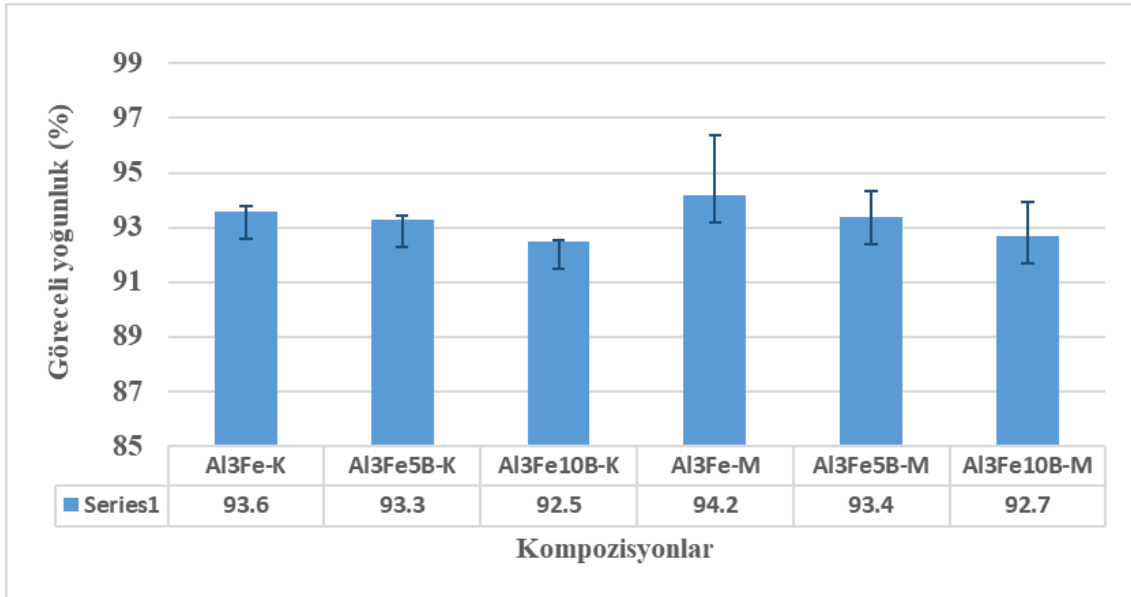


Şekil 1. Başlangıç tozlarına ait SEM fotoğrafları

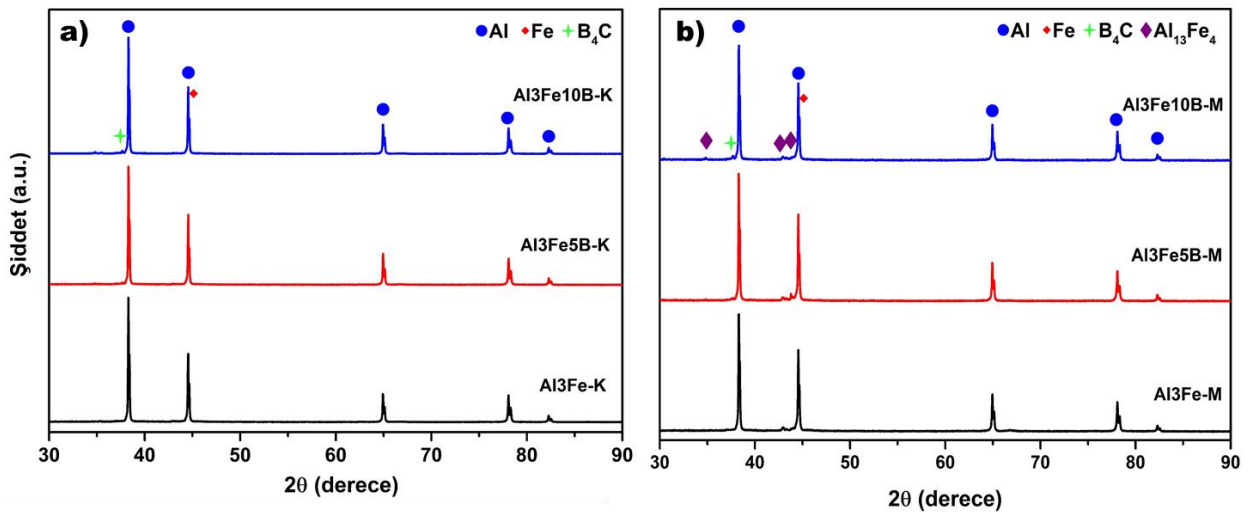


Şekil 2. a) Karıştırma ve b) mekanik alaşımlama sonrası Al esaslı kompozit tozlara ait XRD paternleri

Sinterlenen Al esaslı kompozitlere ait hesaplanan göreceli yoğunluk (%) değerleri Şekil 3’de verilmektedir. Göreceli yoğunluk değerleri, 600 °C de yapılan mikrodalga sinterleme sonrası üretilen tüm kompozitler için % 92,5’un üzerindedir. En yüksek değer ağırlık % 3 demir içeren mekanik alaşımlanmış Al₁₃Fe-M numunesinin sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak B₄C katkı oranının artması ile hem karışım hem de mekanik alaşımlanmış olan kompozitlerin yoğunluklarında bir miktar düşme olduğu görülmüştür. Sinter sonrası kompozit numunelere ait XRD paternleri Şekil 4’de yer almaktadır. Şekil 4a’da karışım numunelerin XRD parterninde ana bileşen olan Al (ICDD numarası: 01-089-2837) fazına ait pikler yüksek şiddetlerde yer almaktadır. Al fazının 44.5°’deki piki ile Fe (ICDD numarası: 01-088-2334) fazının ana piki çakışmaktadır. Ayrıca artan B₄C ilavesi ile özellikle ağırlık %10 B₄C içeren kompozit numunede B₄C (ICDD numarası: 01-075-0424) fazlarına ait ana pik görülmektedir. Mekanik alaşımlanmış kompozit numunelerin XRD paternlerine (Şekil 4b) baktığımızda, karışım numunelerinde yer alan Al, Fe ve B₄C fazlarının yanında Al₁₃Fe₄ (ICDD numarası: 00-029-0042) intermetalik fazına ait pikler tespit edilmiştir. Bunun yanında, artan B₄C fazının ilavesiyle Al₁₃Fe₄ fazına ait piklerin şiddetlerinin arttığı söylenebilir. Yani hem mekanik alaşımlama hem de B₄C ilavesinin varlığı Al₁₃Fe₄ intermetalik fazının oluşmasını teşvik etmiştir.



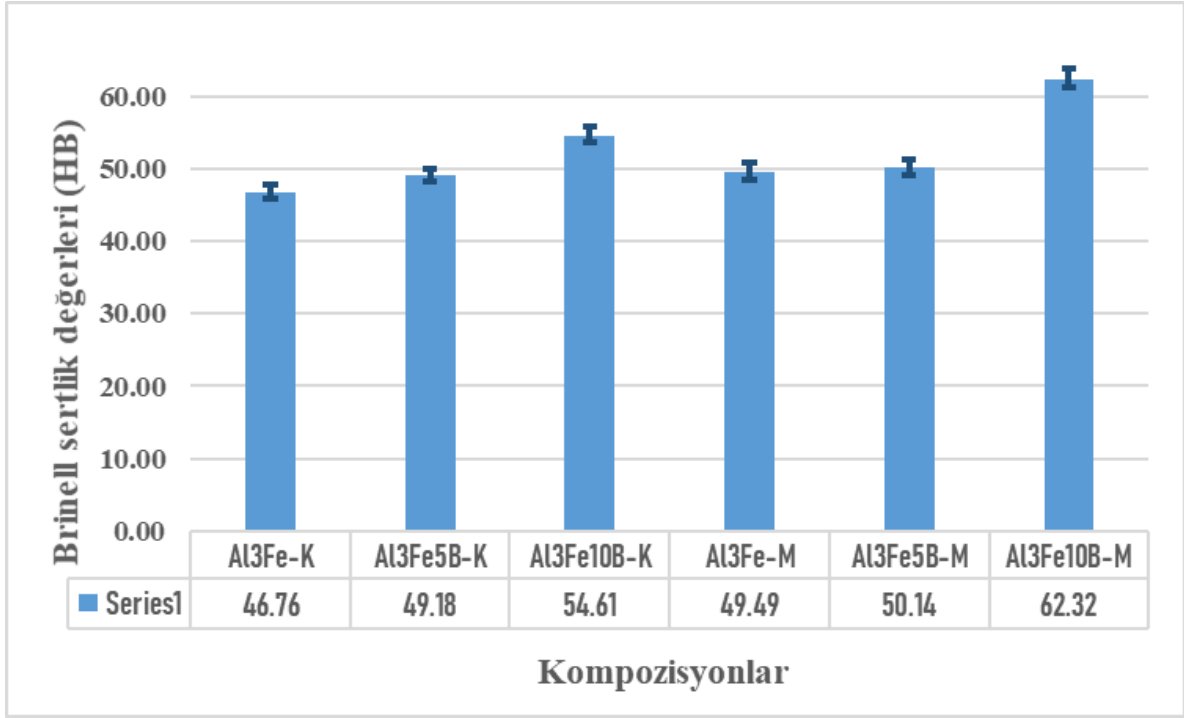
Şekil 3. Al esaslı kompozitlerin göreceli yoğunlukları



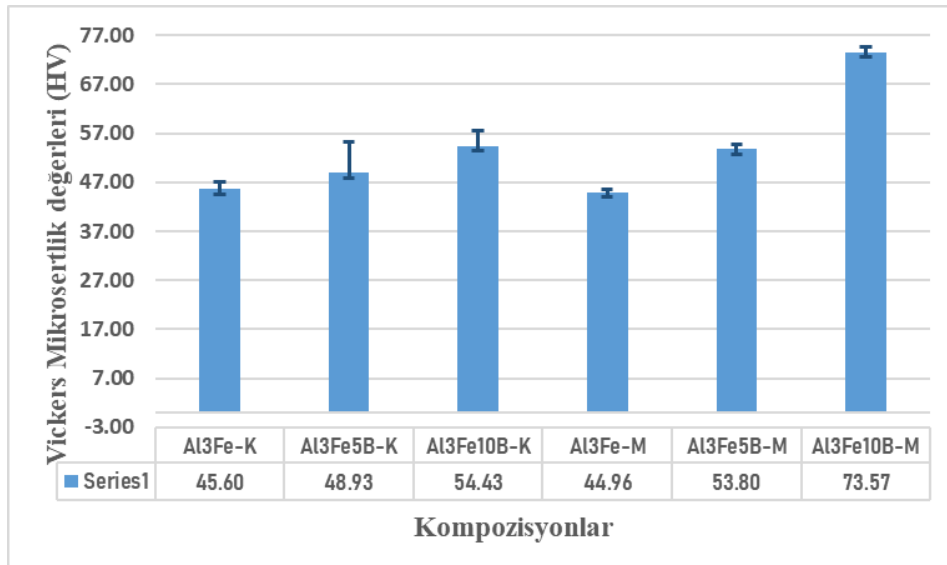
Şekil 4. Al esaslı kompozitlerin XRD paternleri: a) Karışım ve b) mekanik alaşımlama

Şekil 5 ve 6 verilen Al kompozitlere ait sırasıyla Brinell makrosertlik ve Vickers mikrosertlik değerleri verilmektedir. Brinell sertliği için 62,5 kg yük 1 dakika boyunca uygulanırken, Vickers sertlik ölçümünde 200 g yük 10 saniye boyunca uygulanmıştır. Bu iki farklı sertlik ölçüm yöntemi sonucunda numunelerin gösterdiği sertlik değerleri değişimi benzer bir davranış göstermektedir. B₄C katkısı ile kompozitlerin gösterdikleri sertlik değerleri artmaktadır. Bunun yanında mekanik alaşımlama işlemi sonrasında kompozitlerin sertlik değerlerinde ufak bir artış olduğunu söyleyebiliriz. En düşük sertlik değerlerini 46,76 HB ve 45,60 HV ile Al₃Fe-K numunesi verirken, en yüksek sertlik değerini 62,32 HB ve 73,57 HV değerleri ile Al₃Fe10B-M numunesi vermektedir. Bu durum hem yapılan mekanik alaşımlamanın hem de B₄C karkısının Al kompozit numunelerin sahip oldukları mekanik özellikleri artmasına olanak sağladığını göstermektedir. Karıştırılan ve mekanik alaşımlanan kompozit numunelerin sertlik değerinin karşılaştırılması ile mekanik alaşımlama işlemi ile sertlik değerlerinin bir miktar daha arttırıldığı görülmektedir. Bu durumun mekanik alaşımlanan kompozitlerin XRD paternlerinde (Şekil 4b) tespit edilen Al₁₃Fe₄ intermetalik fazının varlığı sebebiyledir. Literatürdeki çalışmalar da Al matris içindeki Fe varlığının yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen sinterleme işlemi sonrasında yapıda Al₁₃Fe₄ gibi intermetalik fazların oluşabileceği ve bu durumun kompozitlerin mekanik özelliklerinin artmasında rol oynadığını göstermiştir (Xue, Shen, Ni, Song, & Xiao, 2015)(Sasaki, Ohkubo, & Hono, 2009). Şekil 7’de 2 sa mekanik alaşımlama yapılmış Al kompozit numunelerine yapılan basma testi sonucunda elde edilen gerilim-gerinim eğrileri ve basma mukavemeti sonuçları verilmektedir. B₄C katkısının ağırlık % 0’dan 10’a doğru artması

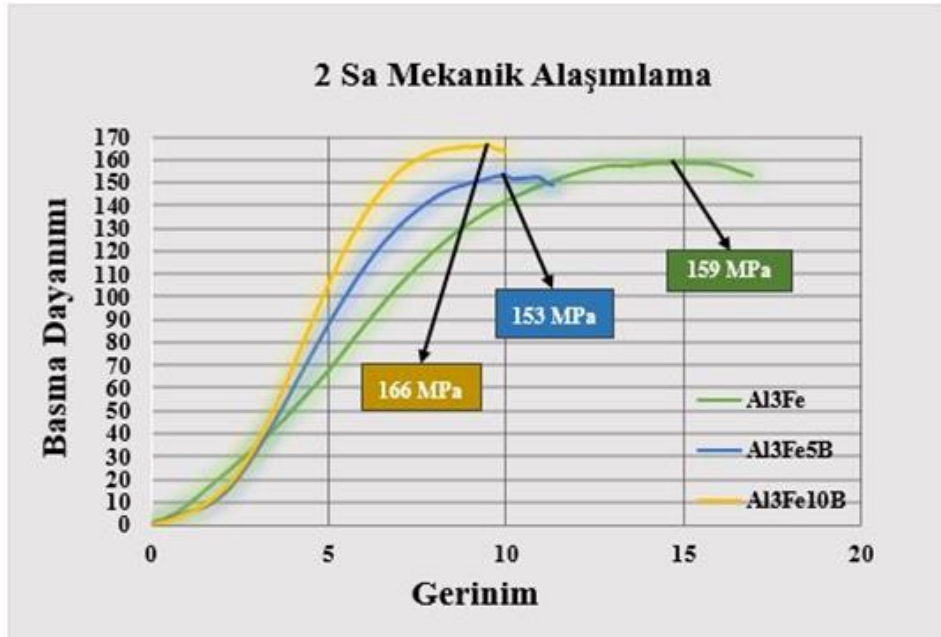
ile kompozit numunelerin gösterdiği süneklik artarken basma dayanım değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu değer ile Brinell makrosertlik ve Vickers mikrosertlik değerleri karşılaştırıldığında elde edilen sonuçların uyumlu oldukları görülmüştür.



Şekil 5. Al esaslı kompozitlerin Brinell sertlik değerleri

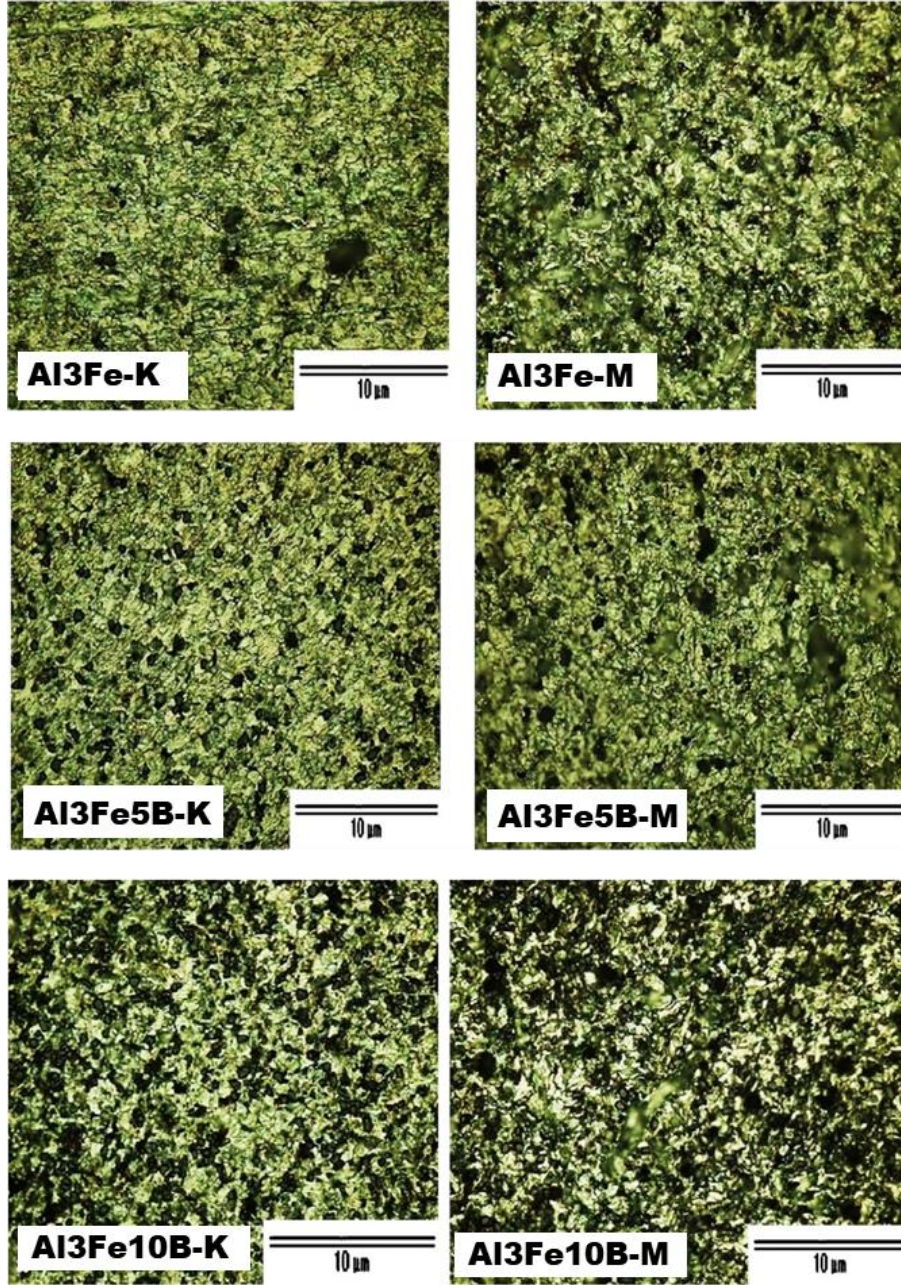


Şekil 6. Al esaslı kompozitlerin Vickers mikrosertlik değerleri



Şekil 7. Al esaslı kompozitlerin basma dayanımı grafikleri

Al esaslı kompozit malzemelere ait optik mikroskop görüntüleri Şekil 8’de verilmektedir. Dağlama işlemi nitrik asit çözeltisi ile 0 sn beklenerek gerçekleştirilmiştir. Genel olarak optik mikroskop fotoğrafları karşılaştırıldığında B_4C katkısı olmayan ve sadece karıştırma prosesinden geçirilmiş Al_3Fe numunesindeki demir fazı dağılımının, mekanik alaşım prosesi ile daha homojen hale geldiği görülmektedir. B_4C katkılı Al_3Fe_5B ve $Al_3Fe_{10}B$ numunelerinde ise, faz dağılımı açısından belirgin bir fark görülememiştir. Bu durum karıştırma sırasında da B_4C sert seramik fazının tozların homojenizasyonuna yardımcı olmasında kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanında, beklenildiği gibi B_4C fazı oranı arttığında optik fotoğraflar üzerindeki koyu alanların (B_4C ve Fe fazlarından kaynaklanmaktadır) varlığı bu durumla ile son derece uyumlu olarak artmaktadır. Tane büyüklüğü açısından, B_4C katkısız kompozitlerde mekanik alaşım ile azalma görülürken, katkılı kompozitlerde belirgin bir fark gözlemlenememiştir.



Şekil 8. Al esaslı kompozit numunelerin dağlama sonrası mikroyapı görüntüleri.

SONUÇ

Bu çalışma ile B_4C katksının Al- ağı.% 3 Fe esaslı kompozitler üzerindeki mekanik ve fiziksel etkileri incelenmiştir. Söz konusu kompozitlerin üretiminde başlangıç tozları ya karıştırılmış ya da mekanik olarak alaşımlanmıştır. $600^\circ C$ de 1 sa süre ile mikrodalga sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan karakterizasyon çalışmaları sonucunda, göreceli yoğunluk değerleri yaklaşık olarak % 93 civarında çıkmıştır. B_4C oranının artması ile yoğunluk değerleri azalmakta olup Brinell ve Vickers sertlik değerleri artmakta olup basma dayanımları da artmıştır. Oluşan fazlar incelendiğinde mekanik alaşımlama işlemi ile sinterleme sonrası kompozit bünyelerde $Al_{13}Fe_4$ intermetalik fazının oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durum mekanik alaşımlama işlemi ile optik mikroskopta görülen tane boyutu ve faz dağılımlarında belirgin bir farklılık olmamasına karşı neden mekanik alaşımlama işleme ile kompozitlerin mekanik özelliklerinde iyileşme olduğunu açıklamaktadır. En iyi mekanik özellikler ağı.%10 B_4C katkılı mekanik alaşımlanmış Al-Fe kompozit numunesinde 62,32 HB, 73,37 HV sertlik ve 166 MPa basma dayanım değerleri ile elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından OKÜBAP-2021-PT3-025 No'lu proje ile desteklenmiştir. Karakterizasyon çalışmalarına olan desteklerinden ötürü Doç. Dr. Nazlı Akçamlı ve Ar.Gör. Berk Şensoy'a, XRD analizleri için Prof.Dr. M. Lütfi Öveçoğlu'na teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Canakci, A., & Varol, T. (2014). Microstructure and properties of AA7075 / Al – SiC composites fabricated using powder metallurgy and hot pressing. *Powder Technology*, 268, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.08.016>
- Casati, R., & Vedani, M. (2014). Metal matrix composites reinforced by Nano-Particles—A review. *Metals*, 4(1), 65–83. <https://doi.org/10.3390/met4010065>
- Çolak, N. Y., & Turhan, H. (2016). Toz Metalurjisi Yöntemi ile Üretilen Al-Si/B4C Kompozit Malzemenin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. *Science and Eng. J of Firat Univ*, 28(2), 259–266. <https://dergipark.org.tr/en/pub/fumbd/issue/29391/314624>
- Çolak, N. Y., & Turhan, H. (2019). Al-7Si%10B4C Kompozit Malzeme Üretiminde Farklı Sinterleme Sıcaklıklarının mikroyapı ve sertlik üzerine etkisi. *JOURNAL OF BORON*, 4(1), 60–65. <https://doi.org/10.30728/boron>
- Etemadi, R., Wang, B., Pillai, K. M., Niroumand, B., Omrani, E., & Rohatgi, P. (2018). Pressure infiltration processes to synthesize metal matrix composites—A review of metal matrix composites, the technology and process simulation. *Materials and Manufacturing Processes*, 33(12), 1261–1290. <https://doi.org/10.1080/10426914.2017.1328122>
- Gökmeşe Hakan, & Hakan, B. K. (2018). *Toz Metal AA 2014-SiC-B4C Kompozit / Hibrit Malzemelerinin*. 6(2), 385–398. <https://doi.org/10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.364857>
- Halverson, D. C., Pyzik, A. J., Aksay, İ. A., & Snowden, W. E. (1989). Processing of Boron Carbide-Aluminum Composites. *Journal of the American Ceramic Society*, 72(5), 775–780. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1989.tb06216.x>
- He, C., Zhao, N., Shi, C., Liu, E., & Li, J. (2015). Fabrication of nanocarbon composites using in situ chemical vapor deposition and their applications. *Advanced Materials*, 27(36), 5422–5431. <https://doi.org/10.1002/adma.201501493>
- Hodder, K. J., Izadi, H., McDonald, A. G., & Gerlich, A. P. (2012). Fabrication of aluminum-alumina metal matrix composites via cold gas dynamic spraying at low pressure followed by friction stir processing. *Materials Science and Engineering A*, 556, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2012.06.066>
- Kerti, I., & Toptan, F. (2008). *Microstructural variations in cast B 4 C-reinforced aluminium matrix composites (AMCs)*. 62, 1215–1218. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.08.015>
- Kumar, A., Lal, S., & Kumar, S. (2013). Fabrication and characterization of A359/Al2O3 metal matrix composite using electromagnetic stir casting method. *Journal of Materials Research and Technology*, 2(3), 250–254. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.03.015>
- Lü, P., Yue, X. Y., Yu, L., & Ru, H. Q. (2009). Effect of in situ synthesized TiB2 on the reaction between B4C and Al in a vacuum infiltrated B4C-TiB2-Al composite. *Journal of Materials Science*, 44(13), 3483–3487. <https://doi.org/10.1007/s10853-009-3466-z>
- Mukhopadhyay, D. K., Suryanarayana, C., & Froes, F. H. (1995). Structural evolution in mechanically alloyed Al-Fe powders. *TMS Annual Meeting*.
- Nami, H., Halvae, A., & Adgi, H. (2011). Transient liquid phase diffusion bonding of Al/Mg2Si metal matrix composite. *Materials and Design*, 32(7), 3957–3965. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.02.003>
- O'Dell, S., Charles, J., Vlot, M., & Randle, V. (2004). Modelling of iron dissolution during hot dip galvanising of strip steel. *Materials Science and Technology*, 20(2), 251–256. <https://doi.org/10.1179/026708304225011289>
- Özgün, Ö. (2007). *ToMetalurjisiİleÜretilen AlaşımıÇeliklerinMikroyapı VeMekanikÖzellikleri*.
- Suryanarayana, C. (2001). Mechanical alloying and milling. *Progress in Materials Science*, 46(1–2), 1–184. [https://doi.org/10.1016/S0079-6425\(99\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6425(99)00010-9)
- Sasaki, T. T., Ohkubo, T., & Hono, K. (2009). Microstructure and mechanical properties of bulk nanocrystalline Al–Fe alloy processed by mechanical alloying and spark plasma sintering. *Acta Materialia*, 57(12), 3529–3538. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2009.04.012>
- Viala, J. C., Bouix, J., Gonzalez, G., & Esnouf, C. (1997). Chemical reactivity of aluminium with boron carbide. *Journal of Materials Science*, 32(17), 4559–4573. <https://doi.org/10.1023/A:1018625402103>
- Yilmaz, S. S., Ünlü, B. S., & Varol, R. (2010). Effect of boronizing and shot peening in ferrous based FeCu-Graphite powder metallurgy material on wear, microstructure and mechanical properties. *Materials and Design*, 31(9), 4496–4501. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.04.028>
- Xue, Y., Shen, R., Ni, S., Song, M., & Xiao, D. (2015). Fabrication, microstructure and mechanical properties of Al-Fe intermetallic particle reinforced Al-based composites. *Journal of Alloys and Compounds*. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.09.009>

TÜRKİYE VE AVRUPA ÜLKELERİ AR-GE GÖSTERGELERİNİN ÇKVV TEKNİKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Emine Elif NEBATİ

Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, Halkalı Campus

ORCID: 0000-0002-3950-4279

ÖZET

Global düzeyde bilimsel ve teknolojik altyapılarını geliştirmek amacıyla ülkeler, Ar-ge çalışmalarına önem vermekte ve kalkınmaya yönelik sürdürülebilir ekonomik yatırımlarda bulunmaktadır. Ar-Ge projeleri üretimde verimliliği artırmak için yeni ürünler tasarlamayı, mevcut ürünler üzerinde iyileştirmeler sağlamayı ve üretim hatlarını yenilemeyi amaçlamaktadır. Bu yüzden Ar-Ge projelerinin önemi gün geçtikçe ülkeler tarafından anlaşılmakta ve bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan ürünlerin ticareti sayesinde ekonomik gelişme gözlenmektedir. Dolayısı ile ülkelerin Ar-Ge verimliliklerinin artması ve yeterli Ar-Ge etkinliğine sahip olması önem kazanmıştır. Bu çalışmada Türkiye'nin Avrupa Birliği ülkeleri ile Ar-Ge etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Araştırmada Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin Ar-Ge faaliyetleri Entropi tabanlı Topsis yöntemi ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge faaliyetleri, AB Ülkeler, Entropi, Topsis

COMPARISON OF R&D INDICATORS IN TURKEY AND EUROPEAN COUNTRIES WITH MCDM TECHNIQUES

ABSTRACT

Countries that want to develop their scientific and technological infrastructures at the global level attach importance to R&D studies. It also makes sustainable economic investments for development. R&D projects aim to design new products, improve existing products and renew production lines in order to increase efficiency in production. Therefore, the importance of R&D projects is being understood by countries day by day. Thanks to the trade of the products that emerged as a result of these studies, economic development is observed. Therefore, it has become important for countries to increase their R&D efficiency and have sufficient R&D efficiency. In this study, it is aimed to compare the R&D activities of Turkey with the European Union countries. The data obtained from the research were interpreted by comparing the R&D activities of Turkey and the European Union countries with the Entropy based Topsis method.

Keywords: : R&D Activities, EU Countries, Entropy, Topsis

1. GİRİŞ

Teknoloji ve bilim alanında ki gelişmelerin hızlanması ile, Dünya'da her geçen gün, Ar-Ge faaliyetlerine verilen önem artmaktadır. Ar-ge, firma veya kuruluşların yeni ürünler, üretim sistemleri veya yeni hizmetler geliştirme çabalarının tümüdür. Ar-Ge, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü tarafından "bilgi dağarcığını artırmak amacıyla sistematik olarak sürdürülen yaratıcı çalışma ve bu bilginin yeni uygulamalar yaratmak için kullanılması" olarak tanımlanmıştır. (Kartal, 1992) Günümüzde birçok ülke veya işletmeler Ar-Ge çalışmaları ile sayısız ürün geliştirmiştir. Bu faaliyetlerin ekonomik büyüme ve gelişmeye etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur.

Örneğin, ülkemizde devlet tarafından kalkınma ajanslarının kurulması, vergi teşvikleri gibi adımlar sayesinde Ar-Ge faaliyetlerinde artış gözlenmiştir. Buna bağlı olarak da Ar-Ge'nin GSYH üzerindeki payı artmıştır. Avrupa'da ise, bu faaliyetleri desteklemek üzere Avrupa Birliği tarafından Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu ve Avrupa Sosyal Fonu kurulmuştur. Bu sayede üye ülkeler Ar-ge ve kalkınmaya yönelik faaliyetleri için ortak bir fondan finansal yardım toplayabilmektedir. Birliğin faaliyetleri haricinde ülkeler kendi öz kaynakları dahilinde kalkınma ajansları, yardım fonları kurmakta ve vergi teşviklerinde bulunmaktadır. Günümüzde birçok ülke ekonomilerinde ve ekonomik politikalarında Ar-ge faktörünü kullanmaktadır. Ar-ge projeleri ve çalışmaları sayesinde bu çalışmaları yapan kuruluşlar büyük ölçüde gelişmekte ve küresel ekonomide kuruluşları öne çıkarmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye ve Avrupa Birliğine bağlı üye ülkeler arasında karşılaştırmalı araştırmalar yapılarak elde edilen veriler yorumlanmıştır. Bununla beraber ülkelerin Ar-Ge etkinliklerini gösteren 4 kriter ve 27 ülkeye ait değerler, Eurostat ve Dünya bankası kaynaklarında en son verilen 2020 yılı verilerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Belirlenen kriterler; Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge için gayri safi yurtiçi harcamalar, Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları, Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge personeli, patent başvuru sayısıdır. Çalışmamızda bu veriler incelenerek öncelikle Türkiye ve Avrupa ülkeleri ayrı ayrı ele alınarak değerleri incelenmiş ardından bu değerler birbirleriyle karşılaştırılarak sonuç kısmında genel bir yargıya varılarak yorumlanmıştır. Yazındaki çalışmalar incelendiğinde,

Özer ve Çiftçi (2009), OECD ülkelerinin GSYH, patent sayılarındaki ve araştırmacı sayılarındaki artışa odaklanan ve bu unsurların Ar-Ge ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye etkisini incelemişlerdir. Panel veri analizi yöntemini kullanmışlar ve ekonomik olarak güçlü olan ülkelerin Ar-Ge çalışmaları açısından daha verimli bir tablo sunduğu çıkarımına varmışlardır. Çelebi ve Kahrıman (2011), Ar-Ge teşviki açısından AB ülkeleri ve Türkiye'yi karşılaştırmıştır. Türkiye'nin AB ülkelerinin çoğundan teşvik açısından iyi olduğu özellikle de yeni katılan AB üyelerinden iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Ünal ve Seçilmiş (2013), Türkiye ve gelişmiş ülkeler, Ar-Ge harcamaları, Ar-Ge araştırmacı sayıları patent başvuru sayıları, bilimsel yayın performansı gibi göstergeleri karşılaştırmıştır. Sonuç olarak Türkiye'nin gelişmiş ülkelere çok geride kaldığı ortaya çıkmıştır. Ülkemizde halen net Ar-Ge anlaşılacağı sonucuna varılmıştır. Çetin ve Işık (2014), Türkiye ve Avrupa birliği ekonomilerinin bazı Ar-Ge göstergeleri ve teşvik açısından karşılaştırması yapılmıştır. Türkiye'nin son yıllarda Ar-Ge'de teşvik açısından faaliyetlerini artırsa da hala Avrupa ülkelerinin gerisinde kaldığı gözlenmiştir. Karanfil (2016), panel veri analizi tekniği kullanarak AB ülkeleri ile Türkiye açısından Ar-Ge harcamalarının Orta Gelir Tuzağında nasıl bir etkisi olduğuna odaklanmıştır. Çalışmanın sonucunda AB-28 ve Türkiye ülke grubunda kişi başına düşen gelir arttıkça Ar-Ge harcamalarına ayrılan payın arttığı ve orta gelir grubunda yer alan ülkelerin yüksek gelir grubuna geçtiğini ifade etmektedir. Orhan ve Aytekin (2020), Türkiye ile AB'ye son katılan ülkelerin Ar-Ge performanslarını karşılaştırmıştır. Yaptıkları literatür taraması ile kriterleri belirlemişler ve bu kriterlerin önem derecelerini ise CRİTİC yöntemiyle yapmışlardır. Bu adımın ardından SAW ve MAUT yöntemi ile ülkeleri Ar-Ge performanslarına göre sıralamışlardır. Doğan (2020), Türkiye ve AB ülkelerinin Ar-Ge verimliliklerini bütünlük entropi yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Analizlerde Ar-Ge yoğunluğu, araştırmacı sayısı, patent başvurusu gibi göstergeler kullanılmıştır. Sonuç olarak ise Türkiye'nin 8.sırada olduğu belirlenmiştir. Kaya ve Abay (2020), Türkiye ve Avrupa Birliği üyesi 10 ülkenin Ar-Ge çalışmalarının ekonomik büyümeye etkilerini incelemiştir. Ekonomik büyüme ve Ar-Ge arasında pozitif bir ilişki olduğu yargısına varılmıştır. Aktop (2021), CCR ve BBC modellerine göre Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'nin Ar-Ge etkinliklerini tespit etmek amaçlanmıştır. Sonuçlardan yararlanılarak Ar-Ge etkinliklerini artırmak için önerilerde bulunulmuştur.

2. AR-GE FAALİYETLERİNİN ÖNEMİ

Gelişmekte olan ülke statüsünde olan Türkiye benzer durumdaki birçok ülke gibi teknolojik ve ekonomik kalkınmayı gerçekleştirmek amacıyla Ar-Ge faaliyetlerini destekleyici bir takım faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin en önemlilerinden biri olan kalkınma ajansları, Ar-Ge faaliyetlerini artıma konusunda büyük bir rol üstlenmektedir. Devlet eliyle kurulan kalkınma ajansları, TUBİTAK, KOSGEB gibi kuruluşlar Ar-Ge faaliyetlerini desteklemek adına girişimcilere belirli oranlarda hibe desteğinde bulunmaktadır. Bu hibelerden yararlanmak için firmalar özgün ve spesifik projeler geliştirerek başvuru şartlarına uyarak bu kuruluşlardan destek alabilmektedir. Örneğin, TUBİTAK tarafından desteklenen projeler, birçok gideri kapsayacak şekilde %60'a kadar hibe desteğinde bulunmaktadır. (Türkiye Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri, 2020)

Bir başka örnek, Türkiye'de devlet, Ar-Ge projelerini yasalar kapsamında koruma altına almak ve teşvik etmek amacıyla kanunlar çıkarmaktadır. 5746 sayılı Ar-Ge Faaliyetlerinin Desteklenmesi Kanunu gereğince minimum 30 tam zamanlı Ar-Ge personeli çalıştıran işletmelere özel teşvikler sunulmaktadır. Buna bağlı olarak Ar-ge harcamalarına ilişkin vergilerde %100 oranına varan vergi indirimine gidilmektedir. Ayrıca ücret gelir vergisi ve damga vergisinde istisna yapılmakta ve 100 bin liraya kadar mali destek verilmektedir. Ar-ge projelerini desteklemek adına çıkan bir diğer kanun 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'dur. Bu kanun gereğince yüksek teknoloji bölgesinde faaliyet gösteren firmaların ar-ge faaliyetlerini desteklemek adına özel teşvikler sunulmaktadır. Bu özel teşvikler dahilinde KDV, gelir vergisi ve kurumlar vergisinde istisna

yapılmaktadır. Bunun yanında sosyal güvenlik primlerinde işverene düşen payın %50'lik payını 5 yıl boyunca devlet üstlenmektedir. (Türkiye'de ve Dünya'da Ar-ge Faaliyetleri, 2020)

Türkiye'de gerçekleştirilen Ar-Ge teşvikleri yıllar geçtikçe etkisini daha da göstermeye başlamıştır. Ar-Ge faaliyetlerinin GSYH üzerindeki payı TÜİK verilerine dayanarak incelendiğinde, 2003 senesinde GSYH Ar-Ge faaliyetlerinin üzerindeki payı %0.47 iken bu oran 2018 senesinde %1.03'e yükselmiştir. 2019 yılında Türkiye'de 45 milyar 954 milyon liralık Ar-Ge harcaması yapılmıştır.(TÜİK, 2019). Bu oran önceki seneye göre yaklaşık 7.5 milyar liralık artış göstermiştir. Tüm bunların yanında devlet tarafından gerçekleştirilen teşvikler ve firmaların uluslararası çapta pazar hacimlerini artırmak amacıyla yaptıkları adımlar her ne kadar olumlu etkiler gösterse de yapılan akademik çalışmalar göz önüne alındığında Türkiye halen Ar-Ge faaliyetlerinin etkinliğini artırması gereken bir ülkedir.

Aktop, 2021 çalışmasında, Türkiye'nin Ar-Ge etkinliği elde etmek amacıyla, Ar-Ge personel sayısını %18 olarak azaltıp, patent sayısını %18 oranında artırması gerektiği vurgulanmıştır. Bu sayede Türkiye'nin çalışmada Avrupa Birliği ülkelerinin de dahil edilerek elde edildiği ortalama değeri yakalayarak Ar-Ge etkinliğine sahip bir ülke olacağı kanısına varılmıştır. (Aktop, 2021)

Ekonomik ve sanayi kalkınmayı sağlamak amacıyla Avrupa Birliği ülkeleri de, diğer ülkeler gibi bazı faaliyetlerde bulunmaktadır. Bu faaliyetlerin en önemlilerinden biri de Ar-Ge destekleme çalışmalarıdır. Avrupa Birliği hem birliğe ait fonlar hem de şahsi kaynakları kapsamında Ar-Ge projelerini teşvik etmek için özel yatırım fonları ayırmakta ve kuruluşlar kurmaktadır. Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu ve Avrupa Sosyal Fonu, Avrupa Birliği üye ülkelere açık olan, içinde Ar-Ge projelerinin de bulunduğu kalkınma faaliyetlerine destek veren fonlardır. Bu fonların dışında ülkelerin kendilerine ait kalkınma ajansları da bulunmaktadır. Örneğin, Dünya'nın en büyük 4. Ekonomisi ve Avrupa Birliği'nin en büyük ekonomisi olan Almanya'da Ar-Ge projelerini destekleyen Brandenburg Kalkınma Ajansı ve Kuzey Ren-Vestfalya Kalkınma Ajansları bulunmaktadır. Bu ajanslar Ar-Ge faaliyetleri, inovasyon, pazar araştırması, personel eğitimi ve istihdamı konusunda bölgelerindeki firmalara destek sağlamaktadır. Bunun dışında Almanya Hükümeti, Bölgesel İktisadi Yapıların Geliştirilmesi için Merkezi Yönetim/Bölgeler Ortak Girişimi (GRW) adı altında milli bir fon oluşturulmuş ve ülkenin sanayi bakımından az gelişmiş bölgelerinde üretim ve yeni ürün geliştirme faaliyetlerini desteklemiştir. Tüm bu destek ve teşviklerin sonucunda Dünya Bankası'ndan alınan verilere göre 2008 senesinde Ar-Ge harcamalarının GSYH üzerindeki payı %2.6 iken 2018'de %3.1'e yükselmiştir. Avrupa Birliği'nin en güçlü ekonomilerinden ve en büyük yüzölçümüne sahip ülkesi olan Fransa, kalkınmayı Ar-Ge ve inovasyon projelerini destekleyici adımlar atmaktadır. 2014-2020 senelerinde AB Yapısal Fonlarından 26.7 milyar Euro destek alınmış ve milli kaynaklardan yapılan takviye ile 45.6 milyar euroluk kalkınma bütçesi toplanmıştır. Bu oluşturulan fon ile Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi, sürdürülebilir istihdam sağlanması ve KOBİ'lere rekabet gücü kazandırmak hedeflenmiştir. Ülkedeki Franche-Comte Bölgesi Kalkınma Ajansı çoğunlukla otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların ürün araştırma ve geliştirme projelerine destek olurken; Franche-Comte Bölgesi Kalkınma Ajansı sağlık teknolojileri üreten firmaların Ar-Ge faaliyetlerine destekte bulunmaktadır.

Dünya Ekonomik Forumu'nun "2016-2017 Küresel Rekabet Edebilirlik Raporu'nda Dünya'da dördüncü, Avrupa'da birinci sırada gelen Hollanda da Ar-Ge projelerini desteklemek amacıyla kalkınma ajansları kurmuştur. Doğu Hollanda Kalkınma Ajansı ve Noord- Brabant Kalkınma Ajansı ülkedeki yenilikçi firmalara ar-ge faaliyetlerinde teknik destek ve danışmanlık hizmeti sunmaktadır. Bu teşviklerin sonucunda Hollanda'nın yaptığı Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye oranı Dünya Bankası verilerine göre 2008 yılında %1.6 iken 2018 senesinde %2.16'ya çıkmıştır. İtalya Hükümeti ise, 2019 sonunda aldığı karara göre Ar-Ge faaliyetleri yürüten şirketlere 3 milyon euroya kadar vergi muafiyeti ve finansal destek sağlayan bir yasa tasarısını onaylamıştır. Bu finansal destek, araştırmacı personel maliyetleri, Ar-Ge süreçlerinde kullanılan hammadde ve malzemeler ve ar-ge danışmanlık hizmetlerini içermektedir (KPMG, 2020).Tüm bunların yanında Avrupa Birliği'nin Ar-Ge faaliyetleri konusunda en fazla rekabet içinde olduğu ülkelere olan Çin ve Hindistan ile yarışabilmek adına yeni adımlar atılmıştır. Avrupa Birliği ülkelerinin Ar-Ge harcamalarının GSYH'ye olan ortalama oranı %1.5 iken bu oranın Mart 2010'da ekonomik krizden kurtulmak ve rakip ülkelere karşı güç kazanmak amacıyla %3'e çıkarılması hedeflenmiştir. Bu nedenle Avrupa Komisyonu tarafından "Avrupa 2020 Stratejisi: Akıllı, Sürdürülebilir ve Kapsayıcı Büyüme için Avrupa Stratejisi" kabul edilmiştir. (Kaya, 2020)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde, Türkiye ve Avrupa ülkelerinin Ar-Ge faaliyetlerinin değerlendirilmesinde öne çıkan 4 kriter Dünya bankası ve Eurostat verilerine göre belirlenmiş ve açıklamalara yer verilmiştir.

Arge Harcamaları

Ar-Ge harcamaları, çalışmalara bütçe sağlamak için yapılmaktadır. Çalışma kapsamında, Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları ve Ar-Ge (GERD) için gayri safi yurtiçi harcama kriterleri değerlendirmeye alınmıştır. Ülkedeki Ar-Ge çalışmalarının olması için belirli bir bütçenin olması gereklidir. Bu bütçe sayesinde gerekli insan kaynağı, malzeme, bilgi gibi arge çalışmasının meydana gelmesini sağlayan temel unsurlar ortaya çıkar. Ar-Ge harcamalarına gerekli bütçenin ayrılmaması durumunda Ar-Ge faaliyetlerinin sektöre uğrayacağını düşünülmektedir. Ar-Ge harcamalarındaki rekabet, ülkelerin her alanda bulunduğu rekabet ortamını doğrudan etkilemektedir. Ülkelerin en önemli gelir kalemleri olan ihracat, turizm ve üretim gibi alanlarda Ar-Ge faaliyetlerinin etkisiyle ürün ve hizmet kalitesinde artış, üretilen katma değer oranını arttırarak ülkelerin ekonomik kalkınma oranlarını ciddi oranda etkilemektedir. Günümüzde Ar-Ge harcamaları diğer ülkelere kıyasla önde olan ülkelerin ekonomik, siyasi ve teknolojik alanda da önde gelen ülkelerinden olmaları tesadüf değildir. Ülkelerin bu alanda istihdam ettikleri kişiler, gelirlerinden Ar-Ge için ayırdıkları finansal bütçe ve özellikle reel sektöre ayrılan bütçeler uzun vadede ülkenin refah seviyesini ve küresel rekabetteki rolünü doğrudan etkilemekle kalmayıp aynı zamanda ülkenin politik ve siyasi alanda küresel bir aktör olarak söz sahibi olmasını sağlamaktadır.

Toplam Araştırmacı Sayısı

Bir ülkede genel istihdam içerisinde Ar-Ge sektöründe çalışan personelin aldığı pay, o ülkede bilime verilen önemin ve desteğin bir göstergesidir (Adaçay, 2007). Bu açıdan Ar-Ge sektöründe çalışan kişi sayısı Ar-Ge faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi açısından önemlidir. Yeterli sayıda Ar-Ge çalışan personelin bulunması çalışmalarının yapılması ve geliştirilmesi açısından önemlidir.

Patent Başvuru Sayısı

Patent bir buluşun tasdik edilmesini sağlar. Buluş ifadesinden de anlaşılacağı üzere aslında patent yeni bir ürünün ya da hizmetin ortaya konmasından sonra buluş sahibinin onu korumasını sağlar. Patentin işlevinden de anlaşılacağı üzere patent aslında yenilikleri ifade eder. O halde patent başvuru sayısının artması, ülkedeki yenilik ve inovasyon faaliyetlerinin de arttığının bir göstergesidir. Aslında patent başvuru sayısının artması ülkedeki Ar-Ge faaliyetlerinin arttığına ve güçlendiğine de işaret eder denilebilir.

3.2. Yöntem

Bu bölümde kriterlerin önceliklendirilmesi ve ülkelerin sıralanmasında kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerine yer verilmiştir.

3.2.1. Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi, karar vericilerin subjektif değerlendirmelerine gerek duymadan, mevcut verileri dikkate alarak hesaplamalar yapan, objektif bir ağırlıklandırma yöntemidir. Entropi yöntemi adımları aşağıda paylaşılmıştır. (Wu ve diğer., 2011; Liu ve diğer., 2019)

1. Başlangıç Karar Matrisinin Oluşturulması: m tane karar alternatifi ve n tane değerlendirme kriterine sahip olan çok kriterli karar problemi için aşağıdaki şekilde bir başlangıç karar matrisi oluşturulur.

$$X_{m \times n} = \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & & X_{ij} \end{matrix}$$

2. Başlangıç Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: Normalizasyon işleminde kriterlerin fayda (1) ya da maliyet (2) yönlü olmasına göre aşağıdaki formüller uygulanır:

$$P_i = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

$$P_i = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

Başlangıç matrisi normalize edildikten sonra $R=[r_{ij}]_{m \times n}$ matrisinde gösterilerek eşitlik (3)'ten faydalanılmaktadır.

$$P_i = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}$$

3. ENTROPİ Değerinin Hesaplanması: ENTROPİ değeri (E_j), aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij})$$

Burada k değeri, $k = (\ln(m))^{-1}$ formülü ile hesaplanmaktadır.

4. Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması: ENTROPİ değerinin farklılaşma derecesi (d_j), eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$d_j = 1 - E_j; V_j$$

5. Entropi Ağırlığının Hesaplanması: Her bir kriterin nesnel ağırlığı (W_j), eşitlik için tanımlanmaktadır:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; V_j$$

3.2.2 Topsis Yöntemi

ÇKKV problemlerinin çözümünde genellikle 6 aşamada uygulanan TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları aşağıda açıklanmıştır (Hwang ve Yoon, 1981; Opricovic ve Tzeng, 2004);

1. Karar matrisinin oluşturulması : Karar matrisinin satırlarında alternatifler, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme kriterleri yer alır. Karar matrisi yapısal olarak aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$A_{ij} = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix}$$

2. Normalize edilmiş karar matrisinin oluşturulması: Karar matrisinde her bir eleman a_{ij} ile gösterilir. Matris sütununda bulunan a_{ij} 'lerin kareleri toplamının karekökü alınır ve tüm a_{ij} 'ler elde edilen bu değere bölünerek normalize karar matrisinin elemanları (n_{ij}) elde edilmiş olur

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}$$

$$(i=1, \dots, m \text{ ve } j=1, \dots, n)$$

Normalize karar matrisi (N_{ij}) aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$N_{ij} = \begin{matrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_{m1} & n_{m2} & \dots & n_{mn} \end{matrix}$$

3. Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması: Normalize karar matrisinin her bir sütununda bulunan değerler (n_{ij}), o sütunun ait olduğu kriter için belirlenen kriter ağırlığı (w_i) ile çarpılması ile ağırlıklandırılmış

normalize karar matrisi (V) elde edilir. Burada, w_i değerler toplamının 1'e eşit olmasına dikkat edilmesi gerekir. Ağırlıklı normalize karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$V = \begin{matrix} n1w1 & n12w2 & n1nw_n & n21w1 & n22w2 & n2nw_n & \dots & nm1w1 & nm2w2 & nmnw_n \\ v11 & v12 & v1n \\ v21 & v22 & v2n \\ \dots & \dots & \dots \\ vm1 & vm2 & vmn \end{matrix}$$

4. Pozitif ideal (A +) ve negatif ideal çözüm (A -) değerlerinin belirlenmesi: Pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri belirlenirken, bir kritere ait değer maksimum olması gerekiyorsa o kriterin bulunduğu sütundaki maksimum değer pozitif ideal çözüm değeri olarak belirlenir. Aynı sütundaki en küçük değer de negatif ideal çözüm değeridir. Öte yandan, amaca hizmet eden değer minimum olması gerekiyorsa, sütundaki en küçük değer pozitif ideal çözüm ve en büyük değer de negatif ideal çözüm değeridir.

Pozitif ideal çözüm değerleri;

$$A^+ = \{ \max_{ij} \mid j=1, \dots, n; i=1, \dots, m \} = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

Negatif ideal çözüm değerleri;

$$A^- = \{ \min_{ij} \mid j=1, \dots, n; i=1, \dots, m \} = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

5. Ayırım ölçülerinin hesaplanması: Pozitif ve negatif ideal noktalara uzaklığın hesaplanması amacıyla öklid uzaklık formülünden faydalanılır. Her bir alternatifin pozitif ideal çözümden uzaklığı (S_i^+) ve negatif ideal çözümden uzaklığı (S_i^-) yardımıyla hesaplanır.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^n n_{vij} - v_j + 2 \quad i=1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \sum_{j=1}^n n_{vij} - v_j - 2 \quad i=1, 2, \dots, m \quad ($$

6. İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması: Her bir alternatifin sıralanması amacıyla kullanılacak ideal çözüme göreli yakınlık (C_i^+) değerleri hesaplanmaktadır.

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad 1 \geq C_i^+ \geq 0$$

İdeal çözüme yakınlık değeri (C_i^+) 0 ile 1 arasında değer alırken, 1'e yakın olması ideal çözüme yakınlık seviyesini göstermektedir. Yakınlık değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatif olup alternatiflerin sıralanması amacıyla da bu değerler kullanılır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulamanın amacı, Türkiye ile AB üyesi ülkelerin Ar-Ge performansının karşılaştırılmasında kullanılan kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi ve Türkiye ile 27 AB üye ülkenin AR-GE performansının kıyaslanmasıdır. Ar-Ge konusu ile ilgili literatür araştırmasının sonucunda analizde kullanılacak değişkenler araştırılmış, Dünya bankası ve Eurostat veritabaları üzerinden ulaşılabilecek değişkenler göz önünde bulundurularak, 2020 yılı için 4 kriter olarak, Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge için gayri safi yurtiçi harcamalar, Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları, Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge personeli, patent başvuru sayısı değerlendirilmeye alınmıştır. Kriter sayısının az tutulmasının sebebi veritabanları üzerinde en son 2020 yılı için güncel verilerin kısıtlı olmasıdır. Kriterlerin önem dereceleri Entropi yöntemiyle belirlenmiştir. Kriterlerin önem derecelerinin (ağırlıkları) belirlenmesinden sonra uygulamanın ikinci aşamasında ülkelerin Ar-Ge performanslarına göre sıralanabilmesi için TOPSİS yöntemiyle analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda ülkelerin Ar-Ge performanslarına göre sıralamaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar bulgular bölümünde sunulmuştur

Tablo 1. Kriterlere İlişkin Veriler

ÜLKELER	Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge (GERD) için gayri safi yurtiçi harcamalar	Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları	Ulusal ve bölgesel düzeyde personel	Patent başvuru sayısı
Fransa	54230,720	35888,379	470,586	12771,000
İtalya	25364,336	15445,885	349,836	10061,000
Hollanda	18,356	12,355	161,564	2198,000
İsveç	16769,514	12132,516	95,463	1764,000
Belçika	15887,075	11567,361	102,966	862,000
İspanya	15768,000	8,767	231,769	1431,000
Avusturya	12143,11	8418,44	81,808	2124
Danimarka	9460,573	5736,095	62,049	1261
Polonya	7292,843	4582,287	173,392	4010
Güney Kıbrıs	177,2	80	2,205	2
Finlandiya	6932,6	4644,2	53,519	1588
İrlanda	4594,97	3391,165	32,56	75
Çek Cumhuriyeti	4285,863	2612,457	80,958	673
Portekiz	3236,212	1843,559	66,044	695
Yunanistan	2473,45	1147,52	57,059	400
Macaristan	2196,412	1679,178	59,628	428
Slovenya	1007,493	738,583	15,802	255
Slovakya	838,927	453,666	22,405	206
Romanya	1026,09	605,414	33,189	817
Hırvatistan	626,587	300,006	15,517	117
Lüksemburg	724,8	389,6	5,685	129
Litvanya	571,948	272,477	14,396	95
Bulgaristan	523,464	353,348	26,085	239
Estonya	481	264,3	6491	21
Malta	87,188	56,008	1,807	6
Almanya	105,885	71,032	735,239	42260
Letonya	208,2	64,4	6,559	93
Türkiye	6882,952	4422,676	199,371	7920

5.1 Entropi Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması Çalışmanın bu aşamasında kullanılan değişkenlere ilişkin matris tablo 1'de verilmiştir. ilk olarak tablo 1'deki karar matrisinin normalizasyonu hesaplanıp Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo. 2 Normalize Karar Matrisi

Ülkeler	Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge için gayri safi yurtiçi harcamalar	Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları	Ulusal ve bölgesel düzeyde personel	Patent başvuru sayısı
Fransa	0,280	0,306	0,049	0,138
İtalya	0,131	0,132	0,036	0,109
Hollanda	0,000	0,000	0,017	0,024
İsveç	0,086	0,104	0,010	0,019
Belçika	0,082	0,099	0,011	0,009
İspanya	0,081	0,000	0,024	0,015
Avusturya	0,063	0,072	0,008	0,023
Danimarka	0,049	0,049	0,006	0,014
Polonya	0,038	0,039	0,018	0,043
Güney Kıbrıs	0,001	0,001	0,000	0,000

Finlandiya	0,036	0,040	0,006	0,017
İrlanda	0,024	0,029	0,003	0,001
Çek Cumhuriyeti	0,022	0,022	0,008	0,007
Portekiz	0,017	0,016	0,007	0,008
Yunanistan	0,013	0,010	0,006	0,004
Macaristan	0,011	0,014	0,006	0,005
Slovenya	0,005	0,006	0,002	0,003
Slovakya	0,004	0,004	0,002	0,002
Romanya	0,005	0,005	0,003	0,009
Hırvatistan	0,003	0,003	0,002	0,001
Lüksemburg	0,004	0,003	0,001	0,001
Litvanya	0,003	0,002	0,001	0,001
Bulgaristan	0,003	0,003	0,003	0,003
Estonya	0,002	0,002	0,673	0,000
Malta	0,000	0,000	0,000	0,000
Almanya	0,001	0,001	0,076	0,457
Letonya	0,001	0,001	0,001	0,001
Türkiye	0,035	0,038	0,021	0,086

Normalize karar matrisi oluşturulduktan sonra, Entropi yönteminin aşamaları sırayla uygulanarak önce kriterlere ilişkin entropi (E_i), sonra bilginin farklılaşma derecesi (d_i) ve son adımda entropi ağırlık değerleri w_i elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3'de paylaşılmıştır.

Tablo. 3. Kriterlere ilişkin değerler ve kriter ağırlıkları

	Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge için gayri safi yurtiçi harcamalar	Ar-Ge'ye yönelik ticari işletme harcamaları	Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge personeli	Patent başvuru sayısı
E	0,738	0,704	0,446	0,587
d	0,262	0,296	0,554	0,413
w	0,171 (w_1)	0,194 (w_2)	0,363 (w_3)	0,271 (w_4)

Tabloda verilen değerler incelendiğinde, kriter ağırlık sıralaması $w_3 > w_4 > w_2 > w_1 > w_1$ şeklindedir. En önemli değişkenin Ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge personeli olduğu, en az öneme sahip değişkenin ise için ise, ulusal ve bölgesel düzeyde Ar-Ge için gayri safi yurtiçi harcamalar olduğu söylenebilir

5.2. TOPSİS Yöntemi ile Türkiye-AB Üyesi Ülkelerin AR-GE Değişkenlerinin Karşılaştırılması

Tablo 1'deki karar matrisi kullanılarak, öncelikle normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Sonrasında sıra ile topsis yöntemi adımları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara ilişkin bilgiler Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7'de paylaşılmıştır.

Tablo.4 Normalize Karar Matrisi

	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge (GERD) İçin Gayri Safi Yurtiçi Harcamalar	Ar-Ge'ye Yönelik Ticari İşletme Harcamaları	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge Personeli	Patent Başvuru Sayısı
Fransa	0,781317134	0,802296132	0,071579072	0,275390701
İtalya	0,365431075	0,345297674	0,053212242	0,216952928
Hollanda	0,00026446	0,0002762	0,024574894	0,047397131
İsveç	0,241603073	0,271226256	0,014520519	0,038038462
Belçika	0,228889528	0,258592036	0,015661772	0,018587956

İspanya	0,227173981	0,000195989	0,035253513	0,030857732
Avusturya	0,174949178	0,188196905	0,012443508	0,045801413
Danimarka	0,136301118	0,128232229	0,009438041	0,027191894
Polonya	0,105070027	0,102438484	0,026374007	0,086470653
Güney Kıbrıs	0,00255297	0,001788425	0,000335394	4,31275E-05
Finlandiya	0,099879905	0,103822569	0,008140574	0,034243241
İrlanda	0,066201016	0,075810573	0,004952579	0,001617282
Çek Cumhuriyeti	0,061747626	0,058402307	0,012314218	0,014512406
Portekiz	0,04662501	0,041213348	0,010045705	0,014986809
Yunanistan	0,035635685	0,025653175	0,008679031	0,008625502
Macaristan	0,031644321	0,037538558	0,009069791	0,009229287
Slovenya	0,014515233	0,016511258	0,002403583	0,005498757
Slovakya	0,012086656	0,010141848	0,003407941	0,004442133
Romanya	0,014783165	0,013534223	0,005048254	0,017617587
Hırvatistan	0,009027414	0,00670673	0,002360233	0,002522959
Lüksemburg	0,010442396	0,008709632	0,000864724	0,002781724
Litvanya	0,008240215	0,00609131	0,002189722	0,002048557
Bulgaristan	0,007541692	0,007899207	0,003967692	0,005153737
Estonya	0,006929901	0,005908511	0,987321668	0,000452839
Malta	0,001256142	0,001252077	0,000274856	0,000129383
Almanya	0,001525515	0,001587943	0,111834447	0,91128424
Letonya	0,002999596	0,001439682	0,000997665	0,002005429
Türkiye	0,099164612	0,098870329	0,030325575	0,170784931

Tablo.5. Ağırlıklı Normalize Karar Matrisi

	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge (GERD) İçin Gayri Safi Yurtiçi Harcamalar	Ar-Ge'ye Yönelik Ticari İşletme Harcamaları	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge Personeli	Patent Başvuru Sayısı
Fransa	0,13360523	0,15564545	0,025983203	0,07463088
İtalya	0,062488714	0,066987749	0,019316044	0,058794244
Hollanda	4,52227E-05	5,35828E-05	0,008920687	0,012844623

İsveç	0,041314126	0,052617894	0,005270948	0,010308423
Belçika	0,039140109	0,050166855	0,005685223	0,005037336
İspanya	0,038846751	3,80219E-05	0,012797025	0,008362445
Avusturya	0,029916309	0,0365102	0,004516993	0,012412183
Danimarka	0,023307491	0,024877052	0,003426009	0,007369003
Polonya	0,017966975	0,019873066	0,009573764	0,023433547
Güney Kıbrıs	0,000436558	0,000346955	0,000121748	1,16876E-05
Finlandiya	0,017079464	0,020141578	0,002955029	0,009279918
İrlanda	0,011320374	0,014707251	0,001797786	0,000438283
Çek Cumhuriyeti	0,010558844	0,011330048	0,004470061	0,003932862
Portekiz	0,007972877	0,00799539	0,003646591	0,004061425
Yunanistan	0,006093702	0,004976716	0,003150488	0,002337511
Macaristan	0,005411179	0,00728248	0,003292334	0,002501137
Slovenya	0,002482105	0,003203184	0,000872501	0,001490163
Slovakya	0,002066818	0,001967518	0,001237082	0,001203818
Romanya	0,002527921	0,002625639	0,001832516	0,004774366
Hırvatistan	0,001543688	0,001301106	0,000856764	0,000683722
Lüksemburg	0,00178565	0,001689669	0,000313895	0,000753847
Litvanya	0,001409077	0,001181714	0,000794869	0,000555159
Bulgaristan	0,001289629	0,001532446	0,001440272	0,001396663
Estonya	0,001185013	0,001146251	0,358397766	0,000122719
Malta	0,0002148	0,000242903	9,97727E-05	3,50627E-05
Almanya	0,000260863	0,000308061	0,040595904	0,246958029
Letonya	0,000512931	0,000279298	0,000362152	0,000543471
Türkiye	0,016957149	0,019180844	0,011008184	0,046282716

Tablo.6. İdeal Ve Negatif İdeal Çözüm

	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge İçin Gayri Safi Yurtiçi Harcamalar	Ar-Ge'ye Yönelik Ticari İşletme Harcamaları	Ulusal Ve Bölgesel Düzeyde Ar-Ge Personeli	Patent Başvuru Sayısı
S*	0,13360523	0,15564545	0,358397766	0,246958029
S-	4,52227E-05	3,80219E-05	9,97727E-05	1,16876E-05

Tablo.7. Topsis Yöntemi Sonuç

	Si*	Si-	Ci*
Estonya	0,319894961	0,358301537	0,528315227
Almanya	0,378032337	0,250244983	0,398303385
Fransa	0,37442768	0,219749682	0,36983853
İtalya	0,404103664	0,110481263	0,214699765
İsveç	0,447027863	0,0678272	0,131740377
Belçika	0,450534296	0,064013783	0,124407778
Türkiye	0,439521861	0,053967235	0,109358515
Avusturya	0,452976771	0,048946764	0,097518368
İspanya	0,457777856	0,041671501	0,083434887
Polonya	0,451051798	0,03678258	0,075399729
Danimarka	0,461165712	0,03497577	0,070495557
Finlandiya	0,463432818	0,028077944	0,057125797
İrlanda	0,471966834	0,018584417	0,037884761
Çek Cumhuriyeti	0,469354237	0,016508213	0,033977134
Hollanda	0,467964123	0,015572186	0,032204792
Portekiz	0,471626107	0,01245583	0,025730829
Macaristan	0,473607775	0,009882584	0,020440085
Yunanistan	0,474341737	0,008700064	0,018010997
Romanya	0,475802508	0,006208467	0,012880344
Slovenya	0,478027935	0,004328931	0,00897454
Slovakya	0,478412109	0,003244141	0,006735387
Bulgaristan	0,478515698	0,002738055	0,005689421
Lüksemburg	0,479499053	0,002520649	0,005229349
Hırvatistan	0,479321426	0,002205775	0,004580791
Litvanya	0,479509202	0,001986618	0,004125929
Letonya	0,480376764	0,000792844	0,001647744
Güney Kıbrıs	0,480828159	0,000499065	0,001036851
Malta	0,480927605	0,000266982	0,000554831

Tablo 8’de 2020 yılına ilişkin ülkelerin Ar-Ge göstergelerine bakıldığında sırasıyla, Estonya, Almanya, Fransa ve İtalya’nın en iyi Ar-Ge verimliliği gösteren ülkeler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Önceki yıllardaki sıralamalar ile karşılaştırıldığında az da olsa bazı değişiklikler gözlenmiştir.

Tablo 8. Ülkelerin Ar-ge Göstergelerine göre Sıralanması

Estonya	0,528315	Hollanda	0,032205
Almanya	0,398303	Portekiz	0,025731
Fransa	0,369839	Macaristan	0,02044
İtalya	0,2147	Yunanistan	0,018011
İsveç	0,13174	Romanya	0,01288
Belçika	0,124408	Slovenya	0,008975
Türkiye	0,109359	Slovakya	0,006735
Avusturya	0,097518	Bulgaristan	0,005689
İspanya	0,083435	Lüksemburg	0,005229
Polonya	0,0754	Hırvatistan	0,004581
Danimarka	0,070496	Litvanya	0,004126
Finlandiya	0,057126	Letonya	0,001648
İrlanda	0,037885	Güney Kıbrıs	0,001037
Çek Cumhuriyeti	0,033977	Malta	0,000555

5. SONUÇ

Ar-Ge faaliyetleri bir ülkenin gelişmesinde ve ilerlemesinde oldukça önemlidir. Ar-Ge faaliyetlerinin uluslararası ve ulusal alanda gerek rekabet açısından gerekse ekonomik açıdan firmalara ve ülkelere bir sürü fayda sağladığı ortadadır. Bu açıdan devletlerin, şirketlerin Ar-Ge faaliyetlerine önem vermeleri gerekmektedir. Ar-Ge faaliyetleri gerek finansal açıdan gerek insan kaynakları gerekse çalışmalar açısından desteklenmeli ve geliştirilmelidir. Araştırma sonucunda, Türkiye'nin AB ülkeleri ile karşılaştırılmasında sıralmasını- yükselttiği gözlenmiştir. İnsan kaynakları açısından bakıldığında ise her ne kadar Türkiye kendini oldukça geliştirse de bu yeterli değildir. Bu gelişimde AB'ye üye olma çabaları ve bu bağlamda yapılan düzeltmelerin etkisi oldukça açıktır. Karşılaştırma kısmında tablolarla desteklenen veriler ile bağlantılı olarak Ar-Ge faaliyetlerine büyük miktarda yatırım yapan ülkelerde patent sayısı, GSYH ve araştırmacı sayısında yükseliş görülmüştür. Elde edilen veriler Avrupa ülkeleri arasında Almanya, İtalya gibi büyük ekonomilerin hem yatırım hem de büyüme açısından rakip ülkelere oransal olarak fark attığı görülmektedir. Türkiye ise belirli yıllarda beklenen yatırım ve gelişim kriterini sağladığı söylenebilir. Sonuç olarak bir ülkenin kalkınmasındaki en önemli unsurlardan olan Ar-Ge sektörüne gerek devlet gerekse firmalar bazında daha fazla yatırım yapmak gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Cenikli, V., (2021). Türkiye ve Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerin Görelî Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Etkinliğinin Analizi . İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi , 10 (1) , 231-246 .
- Çelebi, A. K., & Kahrıman, H. (2011). Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye'de AR-GE faaliyetlerine yönelik vergi teşvikleri ve bunların karşılaştırmalı analizi. Maliye Dergisi, 161(2011), 33-63.
- Dünya Bankası, <https://data.worldbank.org>, Son erişim: 05.05.2022
- Erdemli, M , Çelik, H . (2017). G7 İle Birlikte Türkiye'de Ar&Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi . Kilis 7 Aralık Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi , 7 (13) , 122-137 .
- Ertan, F. (2010). Küçük Ve Orta Büyüklükteki İşletme (KOBİ)'lere sağlanan kamusal ar-ge teşvikleri: Kamusal ar-ge teşviklerinin Kobi'ler üzerindeki etkilerine yönelik bir anket Çalışması. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, İ , Abay, M . (2020). Türkiye İle Avrupa Birliği Üyesi 10 Ekonominin Arge-Büyüme İlişkisi: Panel Veri Analizi . Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 21 (2) , 81-95.
- Karanfil, M . (2016). The Effect Of R & D Spending On The Middle Income Trap: Panel Data Analysis For The Eu And Turkey . Journal of Life Economics , 3 (4) , 219-234 .
- Kartal C. (1992), "İşletme Yönetiminde Teknolojik Gelişme ve Yenilik
- KPMG, Italy: Updated, revised R&D tax credit system 2020. <https://home.kpmg/us/en/home/insights/2020/07/tmf-italy-updated-revised-r-and-d-tax-credit-system.html>
- Liu, P.,Liu, X. ve Yang, H. (2019). Evaluation of the Marine Economic Development Quality in Qingdao Based on Entropy and Grey Relational Analysis. Marine Economics and Management, 2(1), 29-38.



- Özer, M, Çiftçi, N., (2009). Ar-Ge Tabanlı İçsel Büyüme Modelleri Ve Ar-Ge Harcamalarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Oecd Ülkeleri Panel Veri Analizi . Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi , 8 (16) , 219-240.
- Orhan, M., & Aytekin, M. (2020). Türkiye İle Ab'ye Son Katılan Ülkelerin Ar-Ge Performanslarının Critic Ağırlıklı Maut Ve Saw Yöntemiyle Kıyaslanması. Business & Management Studies: An International Journal, 8(1), 754-778.
- TÜİK, 2020. <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33676>
- Türkiye Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri, 2020. <https://www2.deloitte.com/tr/tr/pages/tax/solutions/research-development-government-incentives-overview.html>
- Wu, J., Sun, J., Liang, L. AndZha, Y., (2011), Determination of Weights for Ultimate Cross Efficiency Using Shannon Entropy. Expert Systems with Applications, 38(5), 5162- 5165.

UZMAN SİSTEM ESASLI KARAR VERME: CNC SEÇİM UYGULAMASI

Mustafa BOZDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi, KMYO Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kırıkkale, Türkiye.

ORCID:0000-0002-9332-2054

ÖZET

Bu çalışmada, sistematik tasarım faaliyetlerinin birinci safhası olan şartname aşamasının hazırlanmasında uygulanacak bir tasarım yönteminin tanıtımı yapılmıştır. Bu modeli uygulaması olan CNC torna tezgahı sistematik tasarımı için oluşturulan örnek bir tasarım şartnamesi hazırlama işleminin aşamaları gösterilmiştir. Tasarım işlem modelinin şartname aşamasındaki problemin tarifinin yapılmasında, fonksiyon temsilleri kullanılmıştır. Şartnamede belirtilen tasarım sınırlandırmaları, ihtiyaç-fonksiyon grafiği kullanılarak çıkarım bileşenlerine dönüştürülür. Şartnameye bağlı gerçekleşen kavramsal tasarım işlemi sonrasında, aynı ihtiyaçları karşılayabilen değişik tasarım çözüm önerileri bulunur. Bu alternatif çözümlerin değerlendirilmesinde, bir uzman sistem karar mekanizması kullanılmıştır. Geliştirilen tasarım programı uygulamasında, müşteri ihtiyaçlarının belirlendiği şartname aşaması sonrasında, CNC torna tezgahı tipi seçimi bir katalogdan seçilebilmektedir. Yapay zeka destekli karar verme işlemi sonrasında, CNC torna tezgahı tasarımı gerekliliğine karar verilmiş ise, uygun tezgah modelinin seçiminde hazır CNC torna tezgahı katalog bilgileri kullanılmaktadır. Karar verme işleminde, tezgahın en büyük işleme çapı, en büyük işleme boyu ve tezgah ana motor gücü gibi özellikler seçim işleminde değerlendirilecek ana kriterler olarak tanımlanmıştır.

Anahtar kelimeler: CNC torna tezgahı, Yapay zeka, Tasarım metodu.

EXPERT SYSTEM-BASED DECISION MAKING:

CNC SELECTION APPLICATION

ABSTRACT

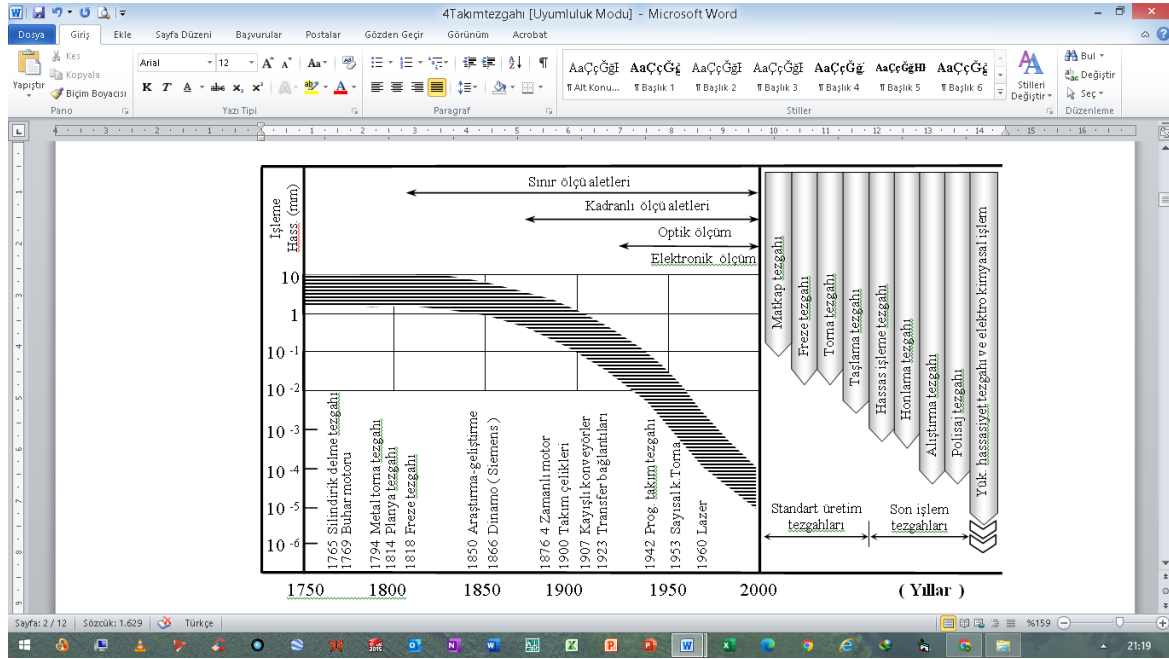
In this study, a design method to be applied in the preparation of the specification stage, which is the first stage of systematic design activities, has been introduced. The steps of preparing a sample design specification for the systematic design of the CNC lathe using this model are shown. Function representations were used to describe the problem at the specification stage of the design process model. The design constraints specified in the specification are converted into inference components using the need-function graph. After the conceptual design process, which is based on the specification, different design solution proposals are found that can meet the same needs. An expert system decision mechanism was used to evaluate these alternative solutions. In the developed design program application, after the specification stage in which the customer needs are determined, the CNC lathe type selection can be selected from a catalog. After the decision-making process supported by artificial intelligence, if the necessity of CNC lathes design is decided, ready-made CNC lathe catalogue information is used in the selection of the appropriate machine model. In the decision-making process, features such as the largest machining diameter of the machine, the largest processing length and the main engine power of the machine were defined as the main criteria to be evaluated in the selection process.

Keywords: CNC lathe, Artificial intelligence, Design method.

1.GİRİŞ

Takım tezgahlarının metal işleme endüstrisinde çok önemli yeri olduğu bilinen bir gerçektir. Takım tezgahlarının tiplerindeki gelişmelerle, günlük yaşam standartlarımızın artması arasında yakın ilişkiler bulunmaktadır (1). Tarihte ilk olarak kullanılan makinelerin sistem yapıları oldukça basit olmasına rağmen, ilerleyen yıllarda gelişmiş takım tezgahlarının tasarım ve imalatına temel oluşturmuşlardır. Basit bir delme makinesiyle başlayan icatlar, buhar makinesiyle birlikte hızlanmıştır. Torna, freze, planya gibi tezgahlarının 1800' lü yıllarda kullanılmaya başlanmalarından sonra, sürekli olarak gelişen teknolojiye adapte edilerek günümüzde kullanılan modern takım tezgahlarına kadar ulaşılmıştır (1,20). Modern takım tezgahlarının doğuşu, 18. yüzyılın sonlarına doğru Henry Moudsla' ın yaptığı civata tornası ile başlar. Bu tezgah şu andaki kullanılanlara göre çok hantal ve yavaş bir makinedir. Fakat günümüzde kullanılan modern iş tezgahların hepsi

Maudsley tornasının temel prensipleri doğrultusunda çalışır. Aradan 200 yıl geçmesine rağmen civata tornaları hala endüstri sahalarında kullanımı devam etmektedir (3). 1970'lerin ortalarından sonra mühendislik sanayilerinin imalat süreçlerinde önemli değişiklikler olmuştur. Bu değişikliklerin en önemli kaynağı elektronik teknolojisine dayanan üretim araçlarının yaygınlaşmasıdır. Endüstriyel ürünlerdeki talep miktarlarının artmasıyla birlikte, tezgahlara nümerik işlemciler eklenmesine başlanmıştır (4,5). Şekil 1' de 1750' li yıllardan beri çok ilkel düzeyde ve sert olmayan metalleri işlemek amacıyla kullanılmaya başlayan makinelerden, günümüz takım tezgahlarına kadar olan tarihi gelişim süreci ve elde edilebilen işleme hassasiyetleri gösterilmektedir.

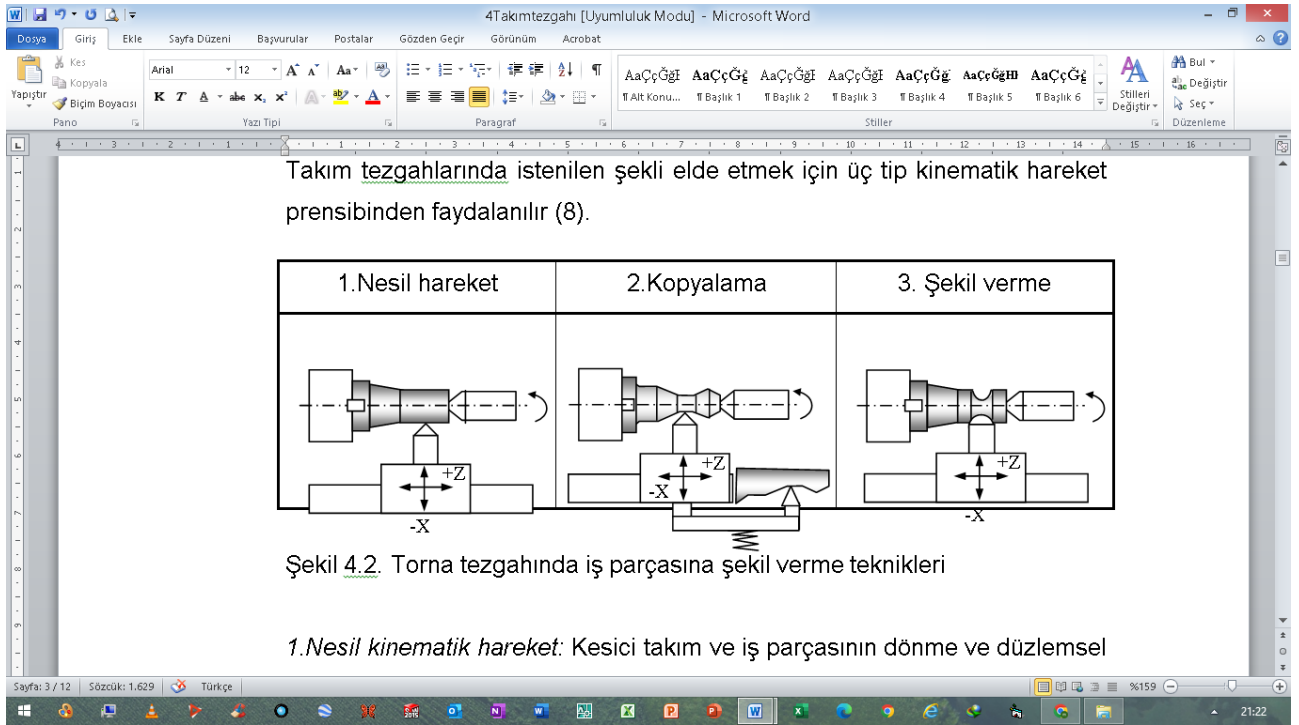


Şekil 1. Takım tezgahların tarihi gelişimi (6)

Takım tezgahlarının teknolojilerinde bu ilerlemeler yaşanırken, metallerin işlenmesinde tezgahın kalitesi kadar önemi olan kesici takımlar üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır. İlk kesici takımlar bronzdan yapılıyorken, 1900'lü yıllarda takım çelikleri kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, üstün kesme gücüne sahip kesici takımların temeli atılmıştır. Elmas ve seramik kesici uçlar kullanılarak işleme kalitesinin hassasiyeti yükselmiştir (6).

2. TAKIM TEZGAHLARI

Takım tezgahları, çoğunlukla elektrik gücü sayesinde tahrik olunan, kesme, darbe, basınç ve elektrik teknikleri yada bunların birleşimleri sayesinde metallerin işlenmesi ve form verilmesi için kullanılan makinelerdir (7). Torna tezgahına ait kesici hareket biçimleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Takım tezgahlarında istenilen şekli elde etmek için üç tip kinematik hareket prensibinden faydalanılır

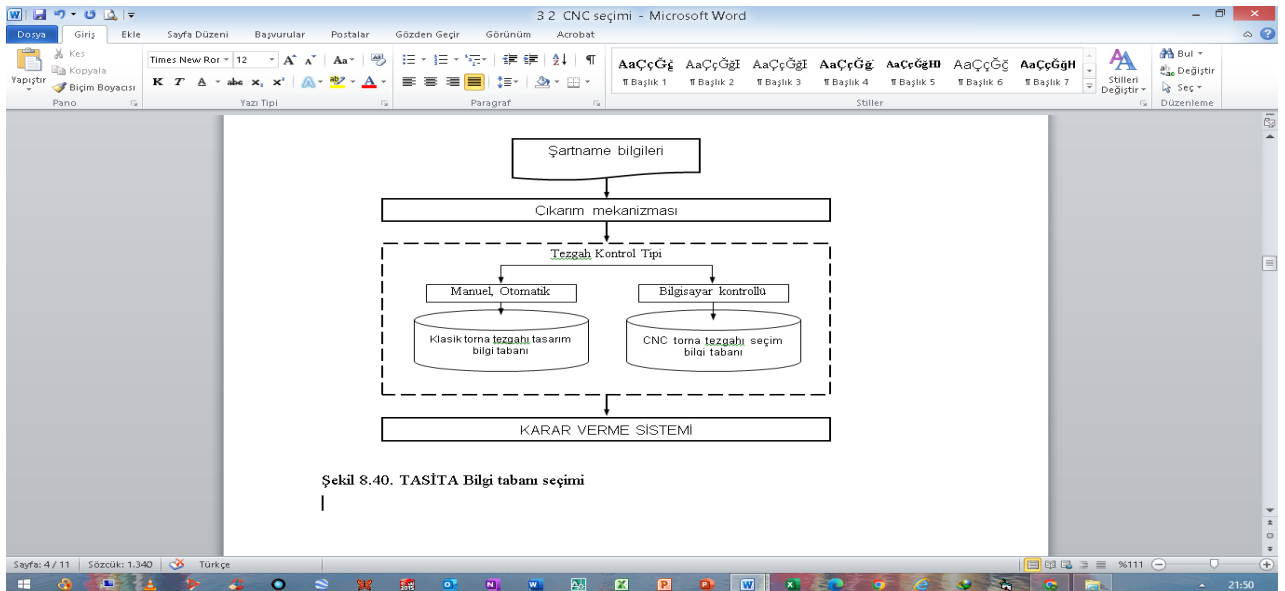


Şekil 2. Şekil verme teknikleri

Takım tezgahlarının tanım ve sınıflandırılması DIN 69651' e göre yapılır. DIN 69651'e göre mekanik, kısmi veya tam otomatik tezgahlarda iş parçasına istenilen biçimin kazandırılabilmesi için, kesici takımın ve iş parçasının istenilen parça şekli türüne uygun hareketleri gerekmektedir (8).

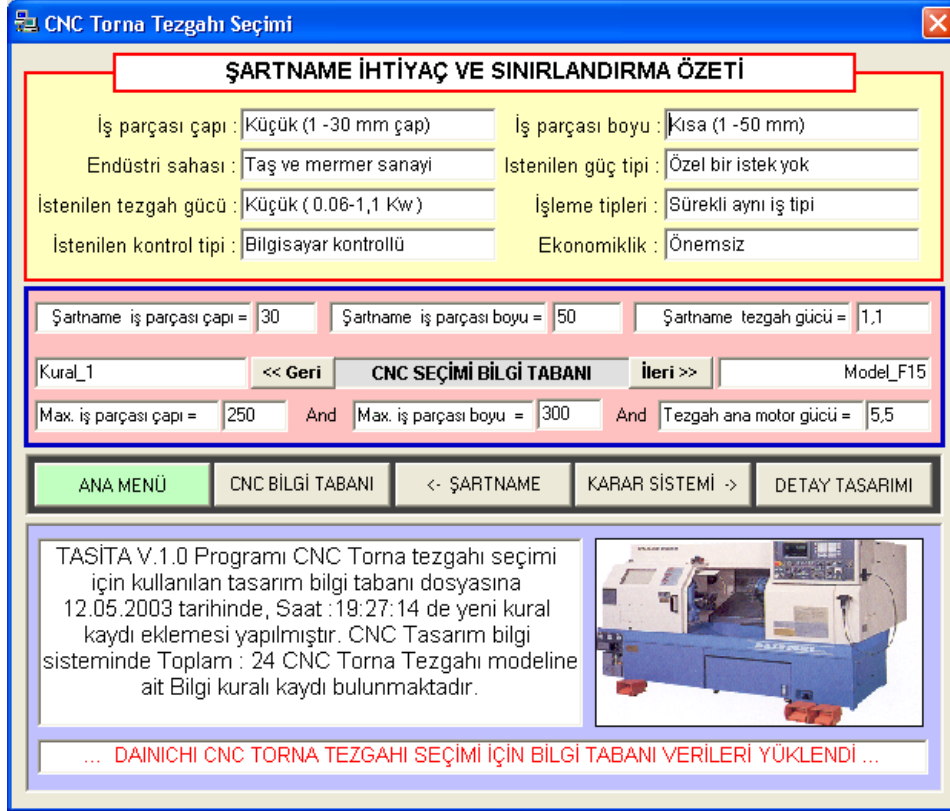
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Geliştirilen tasarım programında müşteri istek ve ihtiyaçlarının belirlendiği şartname aşaması sonrasında, gerekiyorsa CNC tezgahı seçimine karar verilmektedir. CNC torna tezgahlarının bazı alt sistem yapıları klasik tezgah tasarımıyla uyuşmadığı için, karar verme aşamasında fonksiyon yapıları kullanılamaz. Karar verme işlemi sonrasında CNC torna tezgahı tasarımı gerekliliğine karar verilmiş ise, uygun tezgah modelinin seçiminde hazır CNC torna tezgahı katalog bilgileri kullanılmaktadır. Karar verme işleminde, tezgahın en büyük işleme çapı, en büyük işleme boyu ve tezgah ana motor gücü gibi özellikler seçim işleminde değerlendirilmektedir. Şekil 3' de hazırlanan karar verme sistemi içerisinde kullanılan iki farklı bilgi tabanının kontrol tipine bağlı olarak seçimi görülmektedir.



Şekil 3. Program bilgi tabanı seçimi

Birinci bilgi tabanı, klasik torna tezgahlarının fonksiyon yapılarını kullanarak tasarım yapmakta, ikinci bilgi tabanı ise CNC torna tezgahı seçiminin yapılmasını sağlamaktadır. Şekil 4’ de DAINICHI CNC torna tezgahlarının bazı modellerine ait katalog bilgilerinden elde edilmiş CNC seçim bilgi tabanı desteğindeki, karar verme sistemi görülmektedir.



Şekil 4. CNC Torna tezgahı seçimi karar sistemi

Kullanıcı “Karar sistemi” butonunu kullanarak bilgi tabanından uygun sonucun aranmasını sağlamaktadır. CNC seçim bilgi tabanı üzerindeki “İleri” ve “Geri” butonları kullanılarak, insan uzman destekli bir seçim yapılması da sağlanabilir.

Şekil 5’ de yapılan bir karar değerlendirme işlemi sonrasında, programın kullanıcı için bilgilendirme raporu hazırlanması görülmektedir. Raporda, bilgi tabanındaki hangi kuralın çözüm için seçildiği ve bu kuralın içeriğini oluşturan özellikler bulunmaktadır. Karar menüsü üzerindeki “CNC Bilgi Tabanı” butonuna basılarak, CNC seçimi için kullanılacak tezgah modellerine ait yeni kural tanımlamalarının eklenebildiği, düzeltilebildiği ve silinebildiği Şekil 6’ de görülen CNC Bilgi tabanı kural oluşturma menüsüne ulaşılmaktadır.

CNC Torna Tezgahı Seçimi

ŞARTNAME İHTİYAÇ VE SINIRLANDIRMA ÖZETİ

İş parçası çapı : Büyük (150 -300 mm çap) İş parçası boyu : Kısa (1 -50 mm)
 Endüstri sahası : Taş ve mermer sanayi İstenilen güç tipi : Özel bir istek yok
 İstenilen tezgah gücü : Küçük (0.06-1,1 Kw) İşleme tipleri : Sürekli aynı iş tipi
 İstenilen kontrol tipi : Bilgisayar kontrollü Ekonomiklik : Önemsiz

Şartname iş parçası çapı = 300 Şartname iş parçası boyu = 50 Şartname tezgah gücü = 1,1

Kural_4 << Geri **CNC SEÇİMİ BİLGİ TABANI** İleri >> Model_F30

Max. iş parçası çapı = 350 And Max. iş parçası boyu = 600 And Tezgah ana motor gücü = 15


ANA MENÜ CNC BİLGİ TABANI <- ŞARTNAME **KARAR SİSTEMİ** -> DETAY TASARIMI

Şartnameye uygun CNC Torna Tezgahı tipinin belirlenmesi için yapılan Karar verme işlemi sonrasında, Kural_4 kullanılarak, Model_F30' seçilmesi önerilmektedir...

KARAR DEĞERLENDİRME RAPORU

if CNC Max. İşleme çapı=350 and CNC Max. İşleme boyu=600 and CNC Ana Motor Gücü =15 then DAINICHI Model_F30

... DAINICHI CNC TORNA TEZGAHI SEÇİMİ İÇİN BİLGİ TABANI VERİLERİ YÜKLENDİ ...



Şekil 5. CNC Karar değerlendirme raporu

CNC Torna Tezgahı Model Seçim Kuralı

CNC TORNA TEZGAHI BİLGİ TABANI

Yeni Kural no = Kural_1

Eğer Max işleme çapı = 250 ise
 ve Max işleme boyu = 300 ise
 ve Ana motor = 5,5 ise
 O Halde tezgah tipi = Model_F15 dir

<< İlk kayıt < Geri İleri > Son kayıt >>

Yeni Kural Ekleme ve Silme Kuralları Listele
 Kural Dosyasını Yedekle Yedek Kural Dosyasını Yükle

Ana Menü Kapat

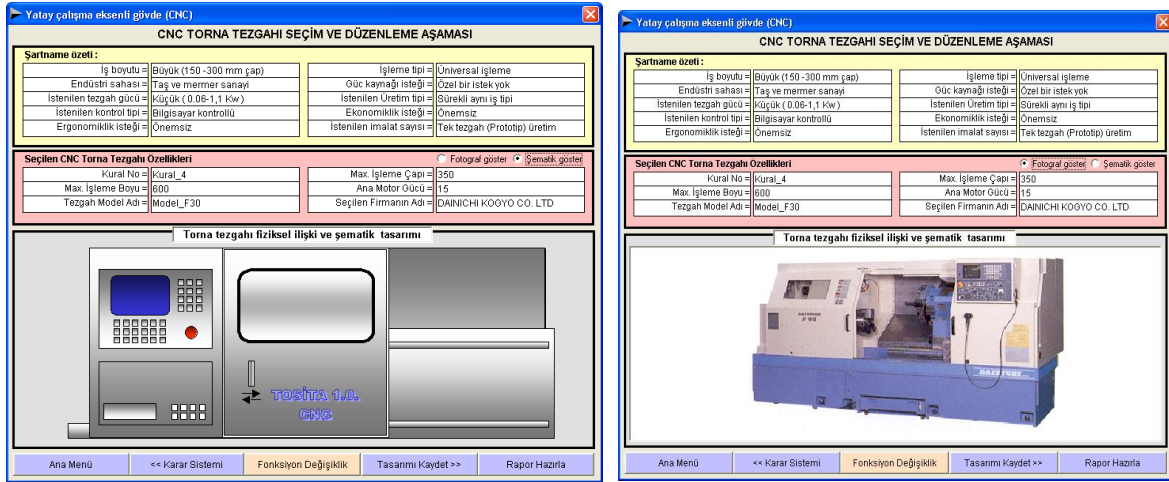
Sıra	Kural No	Model adı
1	Kural_1	Model_F15
2	Kural_2	Model_F20
3	Kural_3	Model_F25
4	Kural_4	Model_F30
5	Kural_5	Model_F35
6	Kural_6	Model_MG65
7	Kural_7	Model_MG75
8	Kural_8	Model_F45
9	Kural_9	Model_F50
10	Kural_10	Model_B90
11	Kural_11	Model_B95
12	Kural_12	Model_M95
13	Kural_13	Model_M105

Kural no = **Kural_11**

Max işleme çapı = 650 mm
 Max işleme boyu = 890 mm
 Ana motor = 30 Kw
 Tezgah modeli = Model_B95

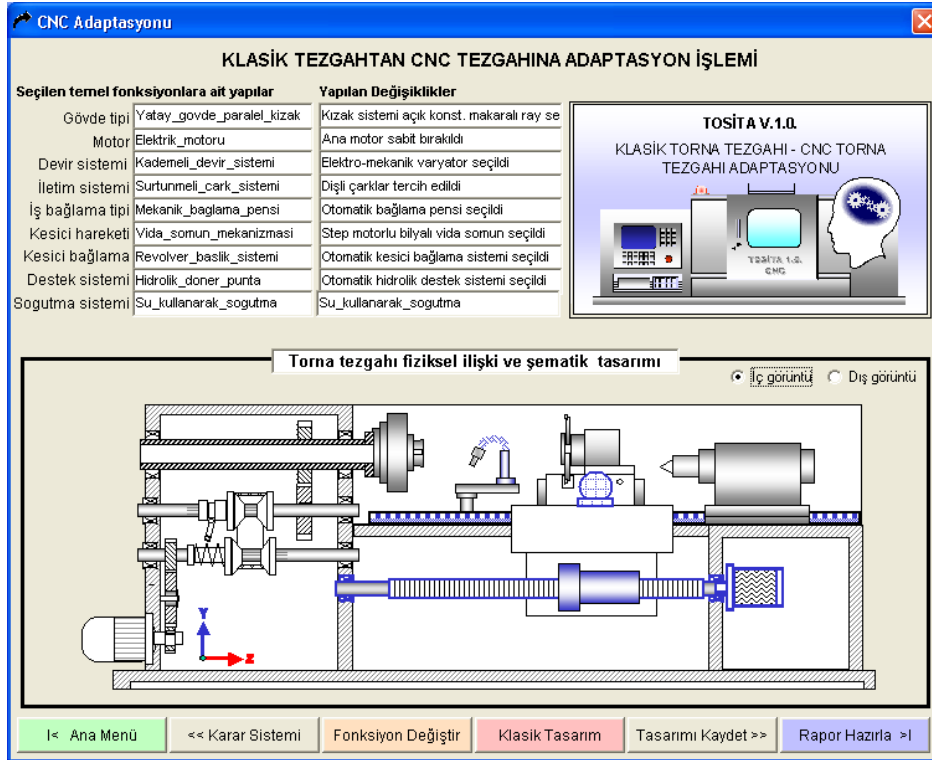
Şekil 6. CNC Bilgi tabanı kural oluşturma menüsü

Şekil 7' de karar sistemi tarafından uygun bulunan bilgi tabanı kuralına ait özelliklerin listelendiği ve şematik resim görüntüsünün verildiği, düzenleme-onay aşamasına ait program menüsü görülmektedir. Menü üzerindeki "Fotoğraf göster" butonuna basılarak, seçimi yapılan tezgah modelinin fotoğraf görüntüsünü elde etmek mümkündür.



Şekil 7. CNC Tezgaah seçim ve düzenleme menüsü
a - CNC Torna tezgaahı şematik görüntüsü b - CNC Torna tezgaahı fotoğraf görüntüsü

Yapay zeka uzman sistem karar verme sistemi veya insan uzman tarafından tasarımı yapılan bir klasik torna tezgaahının, kontrol biçiminin değiştirilmesi gibi bir isteğin gelmesi durumunda, “CNC” ye çevir” butonu kullanılmaktadır. TASİTA içerisinde bu işlem sadece yatay çalışma eksenli ve paralel kızaklı tezgaahların tasarımının yapılması bölümünde kullanılmaktadır. Klasik ve CNC tezgaahlar arasındaki alt fonksiyon yapısı farklılıkları yüzünden Şekil 8’ de görülen sistem elemanlarında bazı değişikliklere neden olmaktadır.



Şekil 8. Klasik tezgaah-CNC adaptasyon menüsü

Klasik tezgaah tasarımı sonrasında CNC torna tezgaahına adaptasyon yapılması sırasında, özellikle tezgaah yataklarında yenilikler yapılmaktadır. Sürtünme kuvvetlerinin etkisini azaltarak, kesici takımının konum kontrolünün hassas olarak gerçekleştirilmesinde yuvarlanma sürtünmeli doğrusal hareket elemanları kullanılmaktadır.

4.SONUÇ

Sistemik tasarım faaliyetinin uygulaması olan bir tasarım programının uygulaması gösterilmiştir. Bu uygulamada CNC torna tezgaahı sistemik tasarımı için oluşturulan örnek bir tasarım şartnamesi hazırlama

işlemi gösterilmiştir. Şartnamede belirtilen tasarım sınırlandırmaları, ihtiyaç-fonksiyon grafiği kullanılarak çıkarım bileşenlerine dönüştürülerek yapay zeka programına aktarılmıştır. Alternatif çözümlerin değerlendirilmesinde, bir uzman sistem karar mekanizması kullanılmıştır. Tasarım programı uygulamasında, yapay zeka destekli karar verme işlemi sonrasında, CNC torna tezgahı tasarımı gerekliliğine karar verilmiş ise, uygun tezgah modelinin seçiminde hazır CNC torna tezgahı katalog bilgileri kullanılmıştır. Bu program sayesinde şartname ihtiyaçlarını en iyi karşılayan çözüm çok kısa sürede bulunabilmektedir.

5.KAYNAKLAR

1. Weck M., (1984). “Handbook of Machine Tools, Volume 1: Types of machine, forms of construction and applications”, VDI Verlag, Düsseldorf, 1-150
2. Weck M., (1984). “Handbook of Machine Tools, Volume 2: Construction and mathematical analysis”, VDI Verlag, Düsseldorf, 10-100
3. Burghardt H.D., (1980). Axelrod A. and Anderson J., “Machine tool operation Part I”, McGraw-Hill Book Company, New York, 1-90
4. Uludoğan A., (1995). “İşleme merkezleri ve kontrol yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-10
5. Chang C.H. and Melkanof M.A., (1994) .“NC makine programcılığı ve program tasarımı”, Çeviri: Gülesin M ve Aslan E., Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 50-150
6. Beitz W. and Küttner K.H., (1980). “Handbook of mechanical engineering”, Springer-Verlag, New York, 20-80
7. İnan Y., (1975). “Takım tezgahları ve sınıflandırılması”, Mühendis ve Makine, 216: 20-32
8. Al-Shareef A.J.H., and Brandon J., (1990) .“On the quasistatic design of machine tool spindles”, Jour. of Eng. Manufac., 91: 204-210

ÖZET

Geleneksel tasarım metodlarında, genç bir tasarımcının başarılı tasarımlar yapabilmesi uzun yıllar çalışarak, tecrübe edinmesine bağlı olmaktadır. Geleneksel tasarım yöntemlerinde yenilikçi tasarımlar yapılabilmesi büyük zorluklar içerir. Bu nedenle daha sistematik ve bilimsel tasarım metodlarını kullanılması yaygınlaşmaktadır. Bir sistematik tasarım metodu anlaşılabilir olmalı, optimum çözümler için araştırmayı kolaylaştırmalı ve diğer tasarım metodlarıyla uyumlu olmalıdır. Aynı zamanda elektronik veri işlemiyle uyumlu ve kolay öğrenilebilmesi gereklidir. Tasarım metodlarının işleyişinde olması gereken bu özellikler kullanılarak yapılan tasarım işlemi sonucunda, klasik tasarım metodlarına göre hızlı ve esnek ürün alternatif tasarım çözümlerinin bulunabilmesi sağlanır. Herhangi bir yöntemin yeni bir probleme doğrudan uygulanması başarısızlıkla sonuçlanabilir. Bu nedenle, tasarım problemine konu olan soruna ait bilgilerin doğru temsili ve aktarılması önemlidir. Şekillendirme temsillerinin sınıflandırılmasında, insana merkezli temsillerden, bilgisayar merkezli temsillere doğru sınıflandırma yapılır. Bu çalışmada, sistematik tasarım teknikleri içerisinde bilginin anlaşılır hale getirilmesi, işlenmesi, değerlendirilmesi gibi aşamalarda bilgi temsil modellerinden nasıl faydalanılacağı anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: Tasarım metodu, bilgi temsili, sistematik tasarım.

USED IN THE DESIGN OF MECHANICAL SYSTEMS

EXAMINATION OF KNOWLEDGE REPRESENTATION STRUCTURES

ABSTRACT

In traditional design methods, a young designer's ability to make successful designs depends on working for many years and gaining experience. Making innovative designs in traditional design methods involves great difficulties. For this reason, the use of more systematic and scientific design methods is becoming widespread. A systematic design method should be understandable, facilitate the search for optimum solutions, and be compatible with other design methods. At the same time, it should be compatible with electronic data processing and be easy to learn. As a result of the design process using these features that should be in the operation of design methods, it is ensured that alternative design solutions can be found fast and flexible compared to classical design methods. Direct application of any method to a new problem may fail. For this reason, it is important to accurately represent and transfer the information about the problem that is the subject of the design problem. In the classification of shaping representations, classification is made from human-centered representations to computer-centered representations. In this study, it will be explained how to benefit from information representation models in stages such as making information understandable, processing and evaluating within systematic design techniques.

Keywords: Design method, information representation, systematic design.

1. GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca kullanılan bir ürünün değiştirilmesi gerektiğinde, bunun yapılabilmesi için, bu ürünün biçiminin tamamen değiştirilmesi gerekebilir. Geleneksel tasarım metodlarında, genç bir tasarımcının başarılı tasarımlar yapabilmesi uzun yıllar çalışarak, büyük tecrübeler kazanmasına bağlı olmaktadır. Geleneksel tasarım yöntemlerinde yeni bir ihtiyacı karşılayabilecek tasarım yapılabilmesine imkan sağlanmamaktadır. Geleneksel bir tasarımın temeli, tasarımın yapılması, kullanılması ve sonrada yeni ürünün geliştirilmesi ilkesine dayanmaktadır. Fakat yeni ihtiyaç ve isteklere olan talepler, yeni bir ürün için uzun zaman bekleme durumunu kesinlikle kabul edemez [1]. Modern tasarım araştırmaları içerisinde sistematik tasarım, kavramsal tasarım, yeni tasarım metodları, tasarım sistemleri, vb. kavramlar yer almaktadır. Tasarım kavramı günümüzde çok geniş bir kullanım anlamları ifade etmektedir. Tasarım işleminin uygulanması sırasında elde edilen bilgilerin değişik

şekillerde temsil edilmeleri gerekir. Özellikle günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak değişik bilgi temsil biçimleri ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmada günümüzde kullanılan modern tasarım yöntemlerine bağlı olarak geliştirilen, tasarım temsilleri ve modern tasarım tipleri üzerinde durulmaktadır.

2. TASARIM TANIMI

Genel anlam olarak tasarım sözcüğü İngilizce'deki "design" ve Fransızca'daki "projeter" sözcükleri karşılığı olarak kullanılmaktadır. Sözcük anlamı olarak, bir plan yada eskizi yapmak üzere zihinde canlandırmak; biçim vermek yada üretilmek üzere zihinde canlandırılan plandır [1].

Çok eski zamanlardan beri "Tasarım" kavramı hakkında değişik tanımlamalar yapılmaktadır. Bu tanımlardan bazıları şu şekilde özetleyebiliriz.

- Bilimsel prensiplerin, teknik bilgilerin ve hayal gücünün mühendislik tasarımında bir mekanik yapıyı, makinayı yada maksimum ekonomiyi ve etkinlik ile belirli bir fonksiyonu, gerçekleştiren bir sistemin tanımıdır [2]
- Fiziksel bir yapıya en uygun bileşenleri bulmaktır [3].
- Belirli şartlarda gerçek ihtiyaçların tümünün optimum çözümüdür [4].
- Çok karmaşık bir inancın yapılma şeklidir [5].
- Tasarım, fonksiyon şartnameleri ve ihtiyaçların bir grubu, bu şartnameler ve ihtiyaçlarla karşılaşılan fiziksel bir ürün veya sistemin komple bir tarifine dönüştürme işlemi olarak tarif edilebilir [6].

Tasarım kavramı bazı araştırmacılar tarafından içerik bakımından 4 ayrı şekilde ele alınmaktadır [7]. Bunlar ;

- a. Orijinal tasarım : İhtiyaçları karşılamak için gerekli yeni fikir, esneklik nitelikleri yüksek, çözüm prensiplerini geliştirme yeteneğine sahip olan tasarımcıların, teknik bir sisteme orijinal bir çözüm prensibini başarıyla uygulamasıyla yapılabilir.
- b. Adapte edilen tasarım : Mevcut bir sistemin, çözüm prensipleri aynı kalmak şartıyla farklı bir göreve adapte edilmesidir.
- c. Geçiş tasarımı: Mevcut ürünü iyileştirme ve geliştirmedir.
- d. Değişken tasarım: Seçilen sistemin fonksiyon ve çözüm prensipleri sabit kalmak şartıyla; malzemeler, sınırlandırıcılar ve teknolojik faktörlerini veya bazı boyutlarının değiştirilmesidir.

Endüstri ürünleri tasarımcılarının her şeyi değerlendirme ve en uygun biçimde yerleştirmek zorundadırlar. Bir tasarım işlemi içerisinde çevreyle olan ilişki, altyapı bağlantıları, malzeme, teknoloji, fonksiyon, üretim gibi çok geniş etmenlerin tasarımcı tarafından düşünülmesi gerekir. Çoğunlukla, tasarım işlemi çalışmasında aşağıda bahsedilmekte olan birkaç model önerilmiştir.

- Kuralcı Model,
- Tanımsal Model,
- Bilgisayara Dayalı Modeller.

Kuralcı modeller, 'doğru' bir tasarıma varmak için tasarım esnasında alınan kurallı faaliyetlerdir. Kuralcı modeller, sistematik veya metodik tasarım yaklaşımları için temel teşkil eden modeller olarak gösterilir ve aşağıdaki aşamalarla ele alınır.

- a. Problemin tarifi aşaması, b. Kavramsal tasarım aşaması, c. Şekillendirme aşaması, d. Detaylı (Ayrıntılı) tasarım aşaması.

Problemin tarifi aşamasında, tasarım problemi belirtilir, ihtiyaçlar ve şartnameler meydana getirilir. Kavramsal tasarım aşamasında; fonksiyonlar, yerine getirilmek için ayırt edilir. Fonksiyonlar sık sık alt fonksiyonlarına ayrıştırılır. Sonra, çalışma prensipleri belirlenir veya her bir alt fonksiyon seçilir. Çalışma prensipleri belirlendiğinde, şekillendirme tasarımı başlar. Şekillendirme tasarımı esnasında, çalışma prensipleri parçalara ve sıralı ilişkilerine dönüştürülür. Şekillendirme tasarımı bittikten sonra, her bir bağımsız parçanın ayrıntılı tasarımı başlayabilir. Bu tasarım aşaması esnasında, bütünü oluşturan her bir parça tam olarak detaylandırılır; boyut ölçüleri, toleransları ve malzemeleri belirlenir.

Koller, üç önemli aşamadan oluşan tasarım problemini formulize eder [8]; Bunlar: Fonksiyonel sentez, Niteliğin sentezi, Niceliğin sentezidir.

Suh tarafından tasarım genel prensiplerinin bir seti formulize edilmiştir [9]. Tasarımın bir kurallı modeli, tasarım şeklinin genel prensipleri, bir tasarım açıklaması ve çözümüyle gelişmelidir. Suh'un merkezci yaklaşımına göre, iyi bir tasarımın temel özelliğini temsil eden 2 aksiyomu vardır. Bunlar:

1. Aksiyom (Bağımsız aksiyom): Fonksiyonel ihtiyaçları bağımsız olarak sürdüren bir tasarım, böyle yapılmayan bir tasarımdan daha iyidir.

2. Aksiyom (Bilgi aksiyomu): Düşük bir bilgi hacmine sahip olan bir tasarım, böyle olmayan tasarımdan daha iyidir. Bununla beraber pratikte, bu aksiyomlar hemen hiç uygulanmaz ve daha önemlisi zor uygulanır.

Pugh, bölümler ve müşteriler arasında iletişimin önemi ve çoklu-disiplinli takım çalışması, ürün tasarımı şartnamesini vurgulayan bir tasarım metodu sunmuştur [10].

Kavramsal tasarım, bir veya daha fazla kavram modellerin ihtiyaçlar ve fonksiyonların bir tarifinden ve sonuçta tasarlanan bir nesnenin (sistemin) performans ve gerçek davranışının tahminine kadar bir geliştirme işlemidir. Kavramsal tasarımla ilgili bu işlem; çoğunlukla şüpheli, belirsiz, kesin değil ve iyi anlaşılmaz. Geleneksel metotlar tasarımın bu aşamasında yeterli gelemeye bilmektedir. Örneğin, optimizasyon yaklaşımı nitel faktörler ihmal edilme eğiliminde iken bir nicel tabiatın problemleri için uygundur. Nicel ve nitel faktörler yerleştirmek için bir yaklaşıma tasarlanan nesnenin (sistemin) kalitesini ve tasarım işleminin verimliliğini geliştirmeye ihtiyaç duyulur.

2. TEMSİL BİÇİMLERİ

Tasarım işleminin yapısındaki karmaşıklıkla, mekanik ürün yada sistemlerin çok çeşitli olmasından dolayı, kullanılan araç ve yöntemler değişik biçimlerde seçilmektedir. Herhangi bir yöntemin yeni bir probleme doğrudan uygulanması sonucunda elde edilecek başarının çok zayıf olabilme ihtimali yüksektir. Bu nedenle, nadiren yapılan sınıflandırma şemalarında metodoloji ve araçların aynı hat boyunca sıralanması yapılar yada işlemler (kullanıcı ihtiyaçları, bileşen seçimi, bileşenlerin sentezi, dönüşüm vb.) kavramsal tasarım içerisine alınır. Şekillendirme temsillerinin sınıflandırılmasında, insana yönelik olan temsillerden, bilgisayara yönelik temsillere doğru sınıflandırma yapılır [11].



Şekil 1. Tasarımda kullanılan genel temsil modelleri [11]

Kavramsal tasarım aşamasında karşılaşılan önemli güçlüklerinden biri, mekanik ürünlerin modellenmesine etki eden çok fazla neden olmasıdır. Bunun sonucunda karşımıza şekillendirme problem çıkmaktadır. Problemlerin çözümünde kullanılan çeşitli temsiller üzerinde çalışılarak, kullanılan temsiller biçimsel bir sıralama yapılmaya çalışılmıştır. Şekil 1'de görülen temsil sıralamalarının en üstünde programlama dilleri yer alırken, en altta ise tasarım aşamasında kullanılan görüntü temsilleri yer almaktadır. Bilgisayara yönelik şekillendirme temsillerinin en önemli özelliği olarak, bilgisayar tarafından verilerin çok hızlı bir şekilde işlenerek muhakeme etmesi ve en uygun çözümün bulunması söylenebilir. İnsana yönelik olan şekillendirme temsillerinde ise, ilgili temsil yöntemlerini kullanarak problemin çözümünde etkin rol oynayan tasarımcı insandır. Kavramsal tasarım içerisinde kullanılan ve Şekil 1'de gösterilen temsil biçimleri iki merkezli olarak incelenmektedir. Bu merkezler insana yönelik ve bilgisayara yönelik temsil yöntemleri olarak ayrılır. Bu yöntemlerin tanım bilgileri ve kullanım teknikleriyle kimlerin bu metotlarla neler yaptığı aşağıda sıra ile açıklanmıştır.

2.1. Diller

Dil temsilleri, bir biçimlendirme tasarımı girişimidir. Diller tanımlanırken gramerler kullanılmaktadır. Dörtlü bir gramer yapısında (T,N,S,P) , T değeri terminal belirleyicisi, N değeri non-terminal belirleyicisi, S değeri başlangıç sembolü, P ise ürün kuralları belirleyicisidir. Şekil 2.'de örnek bir gramer yapısı gösterilmektedir. Verilen bu yapıda sabit aks mekanizmasının sabit olan elemanlarının pozisyon ve hareketlerinin tanımlanmasının yanında elemanların birbiriyle olan ilişkileri anlatılmaktadır. Terminaller bold fontlar olarak belirtilirken, non-terminaller normal fontlar olarak gösterilmektedir. Başlangıç sembolü "Hareket" dir ve ürün kuralları şekil 2' yazıldığı gibidir.

Hareket :: =	Basit hareket / Karmaşık hareket
Basit hareket :: =	<Part, SMType, Eksen, İlk pozisyon, Extend, İlişki>
SMType :: =	İlet/ Döndür/ Çevir/ İletirken döndür/ Sabit/ Yerinde dur
Extend :: =	Parametrik eksen miktarı
Amount :: =	Gerçek/ Kısıtlı / Değişken / Sonsuz

Şekil 2. Örnek bir gramer için yazılmış ürün kuralları

Özet olarak bahsedilen bu temsillerden de anlaşılacağı gibi, gramer/dil kullanılarak temsil biçimi tasarım bilgilerinin anlatılmasında etkili olarak kullanılan yöntemlerdendir. Gerçekte, üzerinde çalışılan araştırmaların pek çoğunda, tasarım bilgilerin temsilinde temel olarak dil/gramer kullanılmaktadır. Rinderle ve Mullins tasarım şartnamesindeki istenilen davranışları sağlayan bileşenler arasındaki etkileşimin tanımlanmasında graf tabanlı dil kullanmışlardır [12]. Neville ve Joskowics sabit aks mekanizmalarının hareketlerinin tanımlanmasıyla ilgili olarak bir dil tanıtmışlardır. Bu dil yardımıyla ön bilgiler ve cebirsel ilişkiler kullanılarak her bir bileşene ait hareket ve pozisyonlar tanımlanabilmektedir [13].

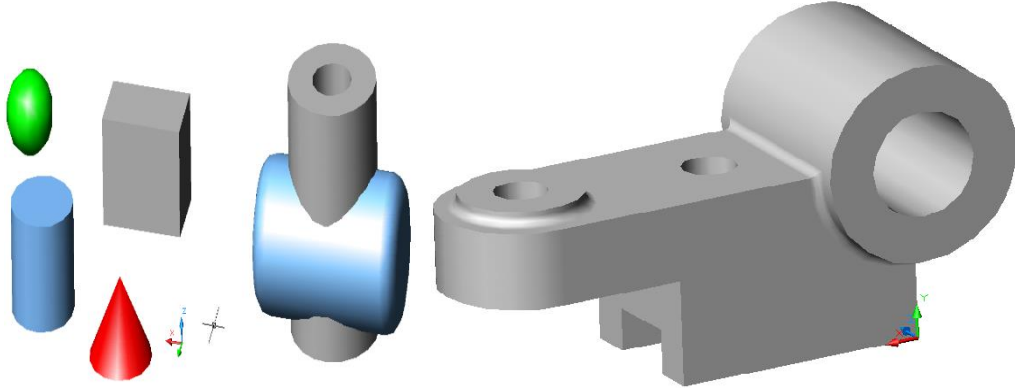
2.2. Geometrik Modeller

Geometrik modeller, bir ürünün yapısal yönden temsili üzerine odaklanmıştır. Bilgisayar kullanılarak yapılan temsillerde, nesnelere 2 boyutlu ve 3 boyutlu olarak ifade edilmektedir. Günümüzde yapılan en popüler geometrik şekil temsilleri olarak; B-rep (Boundary representation), CSG (Constructive solid geometry), Değişken (Variational) geometri ve Unsur (Feature) temsili gösterilebilir.

B-rep, bir şeklin sınır bilgileri olan yüzey, kenar ve köşe noktaları kullanılarak temsil edilmesi olarak özetlenebilir. B-rep temsilde geometrik elemanın topolojisi ve sınır elemanları arasında ilişki kurulur. Euler operatörlerinin çok iyi sonuçlar verecek şekilde kullanılabilmelerinden dolayı, elde edilen yeni topolojik yapının doğruluğu istenilen güvenliği sağlayabilmektedir. B-rep temsillerin en önemli dezavantajı geometrik muhakeme performansının yetersiz olmasıdır [14].

CSG temsili, küp, silindir, prizma vb. şekilde belirlenmiş ilkel katıların geometrik şekilleri oluşturmada kullanılması temsildir. Karmaşık şekillerin oluşturulması için, seçilen ilkel katılara birleştirme, çıkarma ve kesiştirme operatörleri uygulanır. CSG temsilleri endüstri ve araştırma toplulukları tarafından geniş ölçüde kabul gören geometrik modelleme tekniğidir. Şekil 3'de bazı ilkel katılar ve bu ilkel katılar kullanılarak oluşturulmuş karmaşık model görülmektedir. Son zamanlarda umut verici olan gelişmelere rağmen, CSG modellemenin doğasından kaynaklanan bazı sınırlama yönleri vardır. Bunlardan birincisi CSG temsillerinde modellerin tanımlanmasının son derece zor bir işlem olmasıdır. Yapılan çalışmalarda, araştırmacılar CSG temsillerine tek başına itimat edememektedirler. Ayrıca CSG temsillerle elde edilen objenin tam olarak güvenilirliği yoktur.

Değişken (Variational) modellemeyle temsil işleminde, tasarımcı üzerinde çalıştığı mekanik ürünün şekillendirme bilgisini denklemler olarak yazabilir. Değişken modelleme tekrar popüler olan araştırma konuları arasına girmeye başlamaktadır. Çünkü değişken modelleme işleminde bulunan alternatiflerin kıyaslanmasına izin verilebilmektedir. Değişken geometri kavramı, bilgisayar destekli tasarımda ilk olarak 1981 yılında kullanılmaya başlamıştır. Değişken modellemeyle 3 boyutlu uzayda geometrik bir modelin karakteristik tanım noktalarını direkt olarak oluşturmak yerine, bu noktaların konumlarının kısıtlamalı sınır denklemleriyle bulunmasına izin verilmektedir.



Şekil 3. CSG temsillerde kullanılan bazı ilkel katılar ve oluşturulmuş karmaşık model örneği

Oluşturulan CAD veri tabanından seçilen unsur elemanlarıyla istenilen model oluşturur. Bir modeli oluşturan gerekli tüm unsurların elde edilebilmesinin zor bir işlem olmasından dolayı, bu yaklaşım değerini kaybetmektedir. Unsur tabanlı tasarımda karşılaşılan bu olumsuz durumun düzeltilmesi için değişken tasarım temsillerinin kullanılması denenmiştir. Değişken tasarım temsillerinin kullanımı sonucunda, oluşturulan unsurlardan birinin diğeriyle etkileşimi sonucunda ortaya çıkacak yeni unsurların tanımlanması, karmaşık bir analiz işlemine neden olmaktadır. EDISON isimli bir unsur tabanlı modelleme sistem örneği üzerinde çalışmaktadır. Çalışılan bu sistem içerisinde, bütün bilinen mekanizmaların veri tabanı bilgileri, sistem yapıları ve konum bilgileri kullanılabilir biçimde düzenlenmiştir. Bu sistemlerden istenilenler veri tabanından alınıp kullanılmaktadır [15].

2.3. Graflar

Graflar ve ağaç yapıları, kavramsal tasarım aşamasında sık olarak kullanılan temsillerdir. Graf ve ağaç yapıları, bir ürünün fonksiyon, davranış ve yapısındaki tüm yönlerinin modellenmesinde kullanılabilir. Malmqvist, delik matkabı ve çamaşır makinası gibi örnekler üzerinde, mekanik sistemlerin yapılarının modellenmesini, elektronik sistemlerinin, hidrolik sistemlerinin graflarla nasıl gösterileceğini anlatmaktadır. Graflardaki düğümler unsur kümeleridir ve farklı fiziksel özelliklerle ilişkilendirilmiş olabilirler [16]. Bu düğüm noktaları çizgilerle (bağlarla) birbirine bağlanırken, bu bağlar güç ve hız gibi özellikleri temsil edebilirler.

Murty ve Adnanki, kriş sistemlerinin tasarımı konusunda ilgili, bazı mühendislik yapılarının graf modellerini düzenlemişlerdir [17]. Graf olarak hazırlanan bir sistem modelinin davranışlarını açık şekilde belirlenir. Graflar ve ağaç yapıları, modellerin fiziksel bileşenlerinin temsilde ve onların planlanmasında da kullanılırlar

Kusiak ve Szczerbicki kullandıkları ağaç modeller sayesinde, kavramsal tasarımın şartname aşaması içerisinde mekanik sistemlerinin ihtiyaç ve fonksiyonlarını temsil etmişlerdir. İhtiyaç ve fonksiyonların etkileşimini sağlamak amacıyla matris denklemler kullanılmaktadır [18].

Şekil 4'de mil kaplin bağlantısı amacıyla hazırlanmış ihtiyaç-fonksiyon ağacı yapısı görülmektedir. Ağaç üzerindeki düğüm noktaları arasında bulunan yay birleşme temsilde kullanılmaktadır. Eğer birleşme yayı kullanılmamış ise bu düğümler istenilen ihtiyaçlarının karşılamıyor demektir. Örnek incelendiği zaman anlaşılacağı gibi, ihtiyaçları karşılayan sadece iki tane çözüm mevcuttur. Bunlar; $R1 : \{R2, R3\}$ ve $\{R3, R4\}$ tür.

Şekil 4 Alternatif kaplin tasarımı çözümleri için kullanılan bir graf temsili [18]

Örnekte açıklanan R ve F temsil değişkenleri şu anlamlara gelmektedir.

R1: Bir kaplin mili tasarımı	F1: Hareketi iletir
R2: Kaplin rijit yapılıdır	F2: Milin kuvvetini karşılar
R3: Kaplin tork nakledebilir	F3: Rijit milin iki parçasını bağlar
R4: Kaplin esnek yapılıdır	F4: Bir kaygan elementi kullanarak kuvvet karşılanır
	F5: Bir kaygan elementsiz denkleştirilip karşılar

2.4. Objeler

Objeler de popüleritesi artan şekil temsili modellerindedir. Şekil 5. a.'da gösterilen üzerine iki kanal açılmış olan elemanın Şekil 5.b'de obje temsili ilişkisi gösterilmektedir. Nesneye dayalı teknikler kavramsal tasarım için gerekli model esnekliğini sağlamaktadır. Bir fiziksel tasarımın elemanları için hazırlanmış olan parametre ve nitelikler, objeyi ve onun doğal yapısını temsil etmelidir. Bazı objeler bir montaj biçiminde birleştirilebilir. Farklı objeleri birbirine karıştırmak ve birleştirmek yeteneğiyle hızlı olarak çok sayıda tasarım alternatifleri oluşturabilir.

Şekil 5. a) Üzerine iki kanal açılmış parça b) Bir kanalın obje temsili

Bir tasarımdaki fiziksel elemanların objeler kullanılarak modellenmesi yanında, çok sayıda değişik varlık türleri de objelerle modellenenebilir. Martin, metallerdeki yorulma ve kırılma olaylarını objeye yönelik ağaç temsili kurarak açıklamaya çalışmaktadır. Hazırlanan objeye yönelik ağaç temsiliindeki her bir düğüm noktası bir sınıfı temsil etmektedir. Metallerdeki yorulma ve kırılma üzerine etkilerin incelenmesi amacıyla hazırlanan böyle bir çalışmayla, tasarımcıya kolayca değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Bu işlemde kavramsal tasarım aşamasında büyük yarar sağlar [19]. Benzer bir çalışmada Ohki tarafından yapılmıştır. Ohki, fiziksel kanunları ve bazı fiziksel objeleri (diod vb.) objeye yönelik sınırlamalarla temsil etmiştir [20].

2.5. Bilgi modelleri

Kavramsal tasarımında mühendislik faaliyeti olarak ilk olarak bir ürünün kullanım ömrü tahmininde bilgi modellerinden yararlanılmıştır. Üstün beceri gerektiren karmaşık bir görev olmasının yanı sıra, bilgi kaynakları farklı olan maliyet, performans, çevresel konular vb. gibi ihtiyaçların karışımından başka, fiziksel, matematiksel, deneysel vb. farklı bilgi tipleri de içermektedir [21]. Modellerin temsiliinde kullanılan çok kaynaklı ve değişik bilgi tipleri kullanılarak yapılan bu temsillere, bilgi modellerinin tanımı denilmektedir. Bilgi modellerinin içerdiği ortak biçimler olarak; ifadeler, kurallar, durumlar gösterilmektedir. Bilgi modellerine üst seviyeli muhakemeyi kolaylaştırdığı için ihtiyaç duyulur. Örnek olarak Şekil 5.'deki üzerine KanalA ve KanalB açılmış dikdörtgen prizma incelenecek olunursa, buradaki genel bilgi kuralı uygulaması bir kanalın kenar varlığının kesişme olması durumunda nasıl etkileneceğini öğretmektedir. Bu durum Şekil 6.'daki kural temsiliinde gösterilmektedir.

Şekil 6. Kesişen kanal unsurları için yazılmış kural temsilleri

Rao tarafından kullanılan kural tabanlı paradigma temsili, bilyeli yatakların tasarımında alternatif çözümlerin seçim işlemine yardımcı olacak biçimde uyarlanmıştır [22].

2.6. Görüntüler

Görsel düşünme modellerinin kullanılması, belki de insanın muhakeme ve düşünce yollarından en uç noktasıdır. Görsel düşünce ilk olarak 1969 yılında başlamıştır [23]. Bu çalışmalardan McKim'im araştırmalarına kadar yüksek bir başarı elde edilememiştir. McKim yaptığı çalışmasında bütün tasarım branşları için son derece önemli olan görsel düşünce modellerinin deneysel çalışma sonuçlarını göstermiştir [24]. Serbest el çizimleriyle, üzerinde tartışılan konu üzerindeki çözümlerin hızlandırılması ve farklı çözümlerin karşılaştırılması yapılabiliyordu [25]. 1990 yılında Radcliffe ve Lee görsel düşünmeyi engelleyen fiziksel alanlar ile tanımaya yönelik işlemler arasındaki engellerini ortadan kaldıracak, görsel düşünce işlemi için bir model hazırladılar [26].

Sittas ise yaptığı çalışmasında, anlaşılması zor parçaların oluşturulması ve üç boyutlu geometrilerin kavramsal tasarım aşamasında kullanılması için tasarıma yardımcı olan bir yöntem üzerinde durmaktadır [27].

3.SONUÇ

Tasarım işleminin aşamalarını kolaylaştırmak, problemi sistematik hale getirmek için kullanılan yöntemlerden biriside kavramsal tasarım işlemidir. Klasik tasarım metotlarında, tasarımcının başarılı tasarımlar yapabilmesi uzun süreli tecrübeye bağlıdır. Klasik tasarım yöntemlerinde yenilikçi tasarımlar yapmanın zorluklarından dolayı sistematik ve bilimsel tasarım metotlarını kullanılması yaygınlaşmıştır.

Sistematik ve kavramsal tasarım gibi yeni nesil tasarım işlem modellerinde kullanılması gereken temsil modellerine ihtiyaç bulunmaktadır. Tasarım problemine konu olan soruna ait bilgilerin çözüm ortamına doğru aktarılması ve temsili büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada temsillerinin sınıflandırılmasında, insana merkezli temsillerden, bilgisayar merkezli temsillere doğru bir sıralama tablosu oluşturulmuştur. Tasarımda bilginin anlaşılır hale getirilmesi, işlenmesi, değerlendirilmesi gibi aşamalarda bilgi temsil modellerinden nasıl faydalanılacağı özetlenmiştir.

4.KAYNAKLAR

1. Bayazıt N., (1994). "Endüstri ürünlerinde ve mimarlıkta tasarlama metotlarına giriş", Literatür yayıncılık, İstanbul, 1-288
2. Fielden G.B.R., (1963). "The Fielden report, Engineering design", H.M.S.O, 1-15.
3. Alexander C., (1964). "Notes on the synthesis of form", Massachusetts Institute Of Technology Pres, Cambridge (MIT), 1-30.
4. Matchett E. and Briggs A.H., (1966). "Practical design based on method", Fundamental Design Method, 173:183-200
5. Jones J.C., (1970). "Design Methods: Seeds of human future", John Wiley & Sons pres, London, 1-30.
6. Anderson D.C., Crawford R.H., (1989). "Knowledge management for preliminary computer aided mechanical design, In: Organization of engineering knowledge for product modelling", Computer Integrated Manufacturing, 15-34.
7. Pahl G. and Beitz W., (1996). "Engineering design, A systematic approach", Springer-Verlag, New York, 1-200.
8. Koller R., (1979). "Konstruktionslehre fer den maschinen gerate und apparatebau", Springer Verlag, Berlin, 20-60.
9. Suh N.P., (1990) "The principles of design", Oxford University Press, New York, 1-150
10. Pugh S., (1991). "Total design; Integrated methods for successful product engineering", Addison-Wesley, Wokingham,1-100
11. Hsu W. and Woon M., (1998). "Current research in the conceptual design of mechanical products", Computer Aided Design, 30(5):377-389
12. Mullins S. and Rinderle J.R., (1991) . "Grammatical approaches to engineering design, Part I: An introduction and commentary", Research In Engineering Design, 2: 121-135
13. Neville D. and Joskowics L., (1993). "A representation language for mechanical behaviour", Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference, New Mexico, 53:1-6
14. Weiler J. J., (1986). "Topological structure for geometric modelling", Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, New York,1-15
15. Dyer M., Flowers M. and Hodges J., (1986). "An engineering design invention system operating naively", Conference of Applications of Artificial Intelligence in Engineering Problems, 327-341
16. Malmqvist J., (1994). "Computer aided conceptual design of energy transforming technical systems based on technical systems theory and bond graphs", International Conference on Engineering Design, Lancaster, 59-78
17. Murty S. and Adnanki S., (1987). "PROMPT: An innovative design tool", In proceedings AAAI-87 Massachusetts Institute Of Technology, Cambridge, 637- 642
18. Kusiak A., and Szczerbicki E., (1990). "A Formal approach to design specifications", Advances In Design Automation, 311-316
19. Martin J.L. and Roddis W.M.K., (1993). "Integrating qualitative and quantitative reasoning in structural engineering", Com.In Civil and Building Engineering, 2: 1235-1242
20. Ohki M., Shinjo H., Ooria E. and Abe M., (1994). "Design support to determine the range of design parameters by qualitative reasoning", Man and Cybernetics, 24: 813-819
21. Krause F.L. and Schlingheider J., (1995) . "Development and design with knowledge-based software tools-an overview", Expert Systems With Applications, 8: 233-248



22. Rao A.V. and Prakasa N.S., (1992). "BEAS: Experts systems for the preliminary design of bearings", *Advances In Engineering Software*, 14: 163-166
23. Amheim R., (1969). "Visual Thinking", University of California Press, California, 1-50
24. McKim R.H., (1980). "Experiences in visual thinking", Brooks/Cole Pub Company, Monterey, 5-35
25. Ullman D.G., Wood S. and Craid D., (1990). "The importance of drawing in the mechanical design process", *Computers and Graphics*, 14(2): 263-274
26. Radcliffe D.F. and Lee T.Y., (1990). "Models of visual thinking by novice designer", *Design and methodology*, New York, 10-30
27. Sittas E., (1991). "3D design reference framework", *CAD*, 23: 380-384

MALATYA/İNÖNÜ CADDESİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN MEKÂNSAL ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ

Filiz ATEŞ

Inonu University, Institute of Science

ORCID: 0000-0002-6757-3810

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Salih Günaydın

Inonu University, Faculty of Fine Arts and Design , Landscape Architecture

ORCID: 0000-0001-5799-0445

ÖZET

Son yıllarda kentlerde yaşanan hızlı nüfus artışı, ekonomik gelişmeler, uluslararası yaşanan göç hareketleri vb. birçok sebep kentleşme oranını hızla yükselterek kentlerin mekânsal formlarında büyük değişimlere sebep olmuştur. Kentsel form veya biçim bir kez tanımlandıktan sonra onu önemli ölçüde değiştirmek yüksek maliyetler nedeniyle neredeyse imkansızdır. Dolayısıyla şehirlerin fiziksel biçimi çözümlene bilmek için, çok sayıda ekonomik, çevresel ve sosyal gelişmenin yanı sıra özellikle şehirler için önemli olan kentsel alanların mekânsal özelliklerinin de iyi irdelenmesi gerekmektedir. Özellikle kentsel omurga olarak ele alınabilecek ana caddeler birbirinden kopuk olan kentsel alanların birbirine bağlaması bütüncül bir sisteme hizmet etmesi açısından oldukça önemli kentsel mekanlardır. Bu nedenle bu çalışma kentlerin gelişimine katkı sağlaması amacıyla Malatya kent merkezinin en yoğun ve işlek olarak kullanılan caddelerinden biri olan İnönü Caddesi ve yakın çevresinin mekânsal özelliklerinin (bütünleşme, seçim, okunabilirlik, erişilebilirlik ve sinerji) tartışmayı hedeflemektedir. Mekânsal özelliklerin belirlenmesinde mekân dizim yöntemi kullanılmıştır. Bu bağlamda çalışma alanı içerisinde global ölçekte (R_n) ve lokal ölçekte (R2000, R500) mekan dizim yönteminin temel çıktıları olan entegrasyon, seçim ve bağlantı analizleri yapılmıştır. Daha sonra ise bu analizler kullanılarak çalışma alanı ve yakın çevresinin okunabilirlik, erişilebilirlik ve sinerji özellikleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda İnönü Caddesinin bütünleşme değerlerinin global ölçekte yüksek lokal ölçekte ise düşük olduğu görülmüştür. Lokal ve global ölçekte entegrasyon değerindeki bu yüksek fark kentsel alanları oluşturan mekanlar arası sinerji değerinin de düşürmektedir. Okunabilirlik açısından çalışma alanı incelendiğinde ise global ölçekte okunabilirlik seviyesi yüksek iken lokal ölçekte okunabilirlik seviyesi düşüktür. Sonuç olarak İnönü Caddesinin mekânsal özellikleri yüksek iken çalışma alanının oluşturan diğer bölgelerin mekânsal özelliklerinin düşük çıkması, aslına çalışma alanı içerisinde yol hiyerarşisinin doğru kurgulanmadığını göstermektedir. Bu durum ise İnönü Caddesinin kullanımını artırdığı, çalışma alanı içerisinde bulunan diğer aksların tercih edilme oranını düşürdüğü ve dengesiz bir kullanım oluşturduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Mekan, Mekansal dizim (space syntax), Kentsel Tasarım

EXAMINATION OF SPATIAL CHARACTERISTICS OF MALATYA/İNÖNÜ AVENUE AND ITS CLOSE ENVIRONMENT

ABSTRACT

In recent years, rapid population growth in cities, economic developments, international migration movements, etc. Many reasons have caused great changes in the spatial forms of cities by rapidly increasing the rate of urbanization. Once the urban form or form has been defined, it is almost impossible to change it significantly due to the high costs. Therefore, in order to analyze the physical form of cities, it is necessary to examine the spatial characteristics of urban areas, which are especially important for cities, as well as many economic, environmental and social developments. Main streets, which can be considered as the urban backbone, are very important urban spaces in terms of connecting urban areas that are disconnected from each other and serving a holistic system. For this reason, this study aims to discuss the spatial characteristics (integration, choice, intelligibility, accessibility and synergy) of İnönü Street, one of the most intense and busy streets in Malatya city center, and its immediate surroundings in order to contribute to the development of cities. The space syntax method was used to determine the spatial characteristics. In this context, integration, choice and connectivity analyzes, which are the main outputs of the space syntax method, were carried out at the global scale (R_n) and the local scale (R2000, R500) within the study area. Then, using these analyzes, the readability, accessibility and synergy characteristics of the study area and its immediate surroundings were determined. As a result of the analyzes made, it has been seen that the integration values of İnönü Street are high on a global scale and



low on a local scale. This high difference in the integration value at local and global scale also reduces the synergy value between spaces that make up urban areas. When the study area is examined in terms of intelligibility, while the intelligibility level is high at the global scale, the intelligibility level at the local scale is low. As a result, the fact that the spatial characteristics of İnönü Street are high while the spatial characteristics of the other regions that make up the study area are low, in fact, shows that the road hierarchy within the study area is not constructed correctly. It has been determined that this situation increases the use of İnönü Street, reduces the preference rate of other axes in the study area and creates an unbalanced use.

Keywords: Urban Space, Space syntax, Urban Design

YILLIK ORTALAMA GÜNEŞ RADYASYONU VERİLERİNİN TAHMİNİ

Cavit Berkay Yılmaz

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID: 0000-0002-2734-2073

Vahdettin Demir

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID: 0000-0002-6590-5658

Mehmet Faik Sevimli

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

ORCID: 0000-0002-4676-8782

ÖZET

Günümüzde fosil yakıtların çevreye olan etkileri ve sürdürülemez oluşları sebebiyle gelişmiş ülkeler alternatif enerji kaynağı arayışındadır. Bu enerji kaynaklarının araştırılması ve potansiyellerinin belirlenmesi, ileriye yönelik oluşturulacak enerji politikalarını ve yatırımlarında belirleyici bir rol oynayacaktır. Türkiye coğrafi yapısı ve konumu sebebiyle güneşlenme süresi bakımından zengin bir ülkedir. Türkiye'nin bu potansiyelini belirleyebilmek için geleceğe dönük tahminlerde bulunmak gereklidir. Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait güneş radyasyon verileri Inverse Distance Weighting (IDW), Kriging ve Radial Basis Function (RBF) yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Çalışmada 81 ile ait solar radyasyon verilerinden 60 tanesi eğitim geriye kalan 21 tanesi ise test olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlar, test verileri ile karşılaştırılmış ve IDW, Kriging ve RBF yöntemlerinin kıyaslaması yapılmıştır. Bu kıyas sonucunda yöntemlerden en yakın tahminin RBF(R^2 : 0.88,MAE: 0.10, RMSE: 0.02) yöntemiyle, sonrasında IDW(R^2 : 0.82,MAE: 0.13, RMSE: 0.03) ve ardından Kriging(R^2 : 0.71,MAE: 0.19, RMSE: 0.06) yöntemiyle yapıldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Solar Radyasyon, IDW, Kriging, RBF

FORECAST OF ANNUAL AVERAGE SOLAR RADIATION DATA

ABSTRACT

Today, developed countries are in search of alternative energy sources due to the environmental effects and unsustainability of fossil fuels. Researching these energy sources and determining their potential will play a decisive role in future energy policies and investments. Turkey is a rich country in terms of sunshine duration due to its geographical structure and location. In order to determine this potential of Turkey, it is necessary to make predictions for the future. In this study, solar radiation data of the General Directorate of Meteorology were estimated using Inverse Distance Weighting (IDW), Kriging and Radial Basis Function (RBF) methods. In the study, solar radiation data of 81 provinces are divided into two parts, 60 of which are training and the remaining 21 are tests. The obtained results were compared with the test data and the IDW, Kriging and RBF methods were compared. As a result of this comparison, it was determined that the closest estimation of the methods was made with the RBF(R^2 : 0.88,MAE: 0.10, RMSE: 0.02) method, then with the IDW(R^2 : 0.82,MAE: 0.13, RMSE: 0.03) method and then with the Kriging(R^2 : 0.71,MAE: 0.19, RMSE: 0.06) method.

Keywords: Solar Radiation, IDW, Kriging, RBF



WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM

Hüseyin KARAALP

Trendyol, Fulfillment/Outbound,
Istanbul, Turkey

ORCID: 0000-0002-9196-8070

Celal Can KAYA

Trendyol, Fulfillment/Task Management,
Istanbul, Turkey

ORCID: 0000-0002-9332-2070

Zülal AKKAN

Trendyol, Fulfillment/Task Management,
Istanbul, Turkey

ORCID: 0000-0003-3998-9517

Sevtap ERDEM

Çukurova University, Department of Computer Engineering,
Adana, Turkey

ORCID: 0000-0002-9332-2070

M. Fatih AKAY

Çukurova University, Department of Computer Engineering,
Adana, Turkey

ORCID: 0000-0003-0780-0679

ABSTRACT

The operational needs of the e-commerce world are constantly changing. In order for the customer needs to be satisfied in a fast and high quality manner, it is necessary to carry out correct stock control in the warehouse, as well as to optimize the preparation processes of all orders. With the processes in the warehouse becoming independent from each other, systems should be designed in such a way that they are not affected by each others' errors. The aim of this study is to develop a user-friendly and high-performance warehouse management system, which will be used in all warehouses within Trendyol, where all past transactions can be tracked, user-based authorizations can be made and all operations-specific processes can be managed. Angular for user interfaces, .Net Core for backend development, Robot Framework for automation testing of interfaces, Postman for service testing, Redis for database, Elasticsearch for big data processing and Docker Kubernete for distribution have been utilized. As a result, a dynamic system has emerged in which all transactions can be carried out in the warehouses operated within Trendyol.

Keywords: Warehouse Management System, Planning, E-commerce, Process Control

1. INTRODUCTION

With the development of technology, a very competitive environment has emerged in every sector. Competition is particularly evident in the e-commerce sector. In this field, it is necessary to provide better quality service to customers and evaluate the operating costs more efficiently. Customer satisfaction is mostly provided by fast and quality service. Correct warehouse management and optimization of the preparation processes of all orders are required in order to meet customer needs in the relevant sector in a fast and high quality manner. In recent years, serious studies have been started to categorize or singularize products automatically.

With the processes in the warehouse becoming independent from each other, it is necessary to design systems in such a way that they are not affected by each others' errors. Trendyol warehouses currently use a warehouse management system solution obtained from a third-party. In this solution, there is Windows Presentation Foundation application used on fixed stations that provides data exchange with different units. However, this application has an old technical infrastructure. Since the technical infrastructure is old, it has become an inadequate product in terms of performance and could not adapt to changing needs.

In line with these restrictions and obstacles, there is a need for a user-friendly solution using up-to-date technologies that will eliminate performance problems, increase operational efficiency and enable to quickly implement all developments that may occur in the e-commerce system. The aim of this study is to develop a warehouse management system application that is user-friendly, performance-oriented, allows all past transactions to be monitored, user-based authorizations to be made and all processes specific to operations to be met. With this development, all in-warehouse processes have been transformed into a separate application and it has been ensured that different processes can be easily adapted in all warehouses operated within Trendyol. Also, it has been ensured that each developed module can be used flexibly according to its own dynamics.

This paper is structured as follows: Section 2 reviews literature studies. Section 3 provides information on the methodology. Section 4 presents results and discussion. Section 5 concludes the paper.

2. LITERATURE REVIEW

In the last few years, several studies were carried out for warehouse management. The goal of (Bhor, Jadhav, Patil, Bansode and Hariharan, 2022) was to automate the existing manual system using computerized equipment and full-fledged computer software to meet their needs, so that their valuable data/information could be saved for extended periods of time with easy access and manipulation. (Wongjak and Chansamorn, 2021) proposed a system to manage the warehouse and planning transportation for wheat flour in order to make the current system more functional and well-structured by using optimization algorithms to improve the working process. The system had been tested by the employee such as IT staff, logistic staff, warehousing staff and quality control staff. After a trial phase and review, the new system was successful and met the needs of the customers, eliminated duplicate entry, and made warehouse management efficient. (Atieh, Kaylani, Al-Abdallat, Qaderi, Ghoul, Jaradat, and Hdairis, 2016) explored the impact of a warehouse management system on supply chain performance that provided less resource effort, a more efficient and reliable inventory management system. The supply chain procedures carried out in the warehouse were reviewed before the software that could take the necessary actions was customized. (Burganova, Grznar, Gregor and Mozol 2021) dealt with the possibilities of improving logistics and warehousing using available methods with the smallest possible input capital and decreasing transport time. In the first part, the warehouse was reorganised and lean methods such as Kanban and Milk run were setted. The presented design was applied to the newly created hall. The result was improved processes and shorter transport times for material at the workplace and, ultimately, faster delivery of the finished product to the market and customer satisfaction. (Al-Sharif and Hamas, 2021) investigated the challenges that companies faced in the warehouse management and highlighted the importance and impact of warehouse management to e-commerce for customer services and ability to deliver goods efficiently and in timely manner. The main core activity that had an exclusive impact on the success of e-commerce warehouse management was warehouse management. A combination of research methodology approaches has been employed in (Khoffi, 2021). It elaborated the problem identification of the existing supply chain process to introduce a new automated warehouse management system, followed by a detailed literature review regarding the complemented supply chain software and hardware to ensure the success of the new architecture within the warehouse. The project explained the critical success factors as well as the key challenges towards a smart warehouse management system. In (Shashidharan, 2021), the efficiency of the overall performance of warehouse operation was studied using questionnaire as the tool. (Mbunda, Machuve and Mirau, 2021) aimed to enhance the management of warehouses through the use of information communication and technology. The study developed mobile applications for customer registration, order management and stock management. The study also extended the web applications for account management, order management, invoice generation, client registration and stock management. (Karpova, 2021) analyzed the software market of warehouse automation systems and its main trends. The advantages and disadvantages of automation in warehouse business processes under current conditions were revealed. The main issues of warehouse management system implementation in order to automate the warehouse activities of national companies were considered. (Minashkina and Happonen, 2021) examined the current state of the art of academic literature considering warehouse management system and its intersections with topics related to sustainability. In (Khan, Huda, and Zaman, 2022), an Internet of Things (IoT) based architecture was proposed for real-time warehouse management by dividing the warehouse into multiple areas to achieve the goal of process automation. Architectural perspectives have been used to present

models based on the context diagram, functional view and operational view that specifically addressed stakeholder needs. Finally, the developed IoT-based solution was deployed in a textile factory warehouse for testing and the results were discussed. Comparison of key performance parameters such as system flexibility, throughput and latency has shown the effectiveness of the proposed IoT-based warehouse management system architecture. (Andiyappillai, 2020) explored and identified the key factors that could influence the successful implementation of warehouse management system. In this research, a case study has been conducted in a leading Logistics and Supply Chain service provider to understand and evaluate those critical factors that were contributing to a successful warehouse management system implementation based on the actual project implementation observations and project documentations. In (Torabizadeh, Yusof, Ma'aram and Shaharoun, 2020), a list of 33 key performance indicators for a sustainable warehouse management system has been proposed and this can be used by policymakers to appraise the sustainability performance of a sustainable warehouse management system. The proposed robust model can weight indicators and evaluate the total effect of each indicator in incorporating sustainability in a sustainable warehouse management system. The developed method could also be applied to weighting indicators for other industries. (Deng, Mao, and Gan, 2018) proposed a fully automated three-dimensional warehouse plan targeting the current situation where offline products needed to be manually transported sorted and unloaded.

3. METHODOLOGY

Mobile goods acceptance, goods acceptance, returned goods acceptance, transfer transactions, packaging, task management, census, shorts, split, collection, order allocation, returned goods acceptance/rejection, supplier returns, employee transfer, transfer between warehouses, role and user management and consumables management modules were developed in the warehouse management application. Each module has been evaluated as a separate web application. In addition to these, integration processes including purchase order, sales order, boutique, item and return have been made.

All modules have been developed considering their synchronous/asynchronous differences in line with their own internal dynamics. In asynchronous processes, proven RabbitMq and KafkaMq queue technologies were used. To preserve data integrity, .Net Core was chosen for synchronous operations and MS SQL Server was chosen as database technology to manage dependencies created by legacy application. Separate databases have been created for all independent processes. Database servers were located in the embedded data center. Since the load on the application and the data size is very large, Redis database technology, which uses random access memory as main storage unit, was used to get fast query results. Again, due to the availability of big data, ElasticSearch, which was developed by using Java programming language on Apache Lucene infrastructure, was used in the search engine and analysis developments of the Web-based application. Angular was preferred for user interface improvements. The tests of the screens were carried out using Robot Framework and the tests of the services were carried out using Postman technology. Docker and Kubernetes tools were used to use the developed microservices independently and dynamically.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The visuals of the developed system are given in Figure1 through Figure 4.

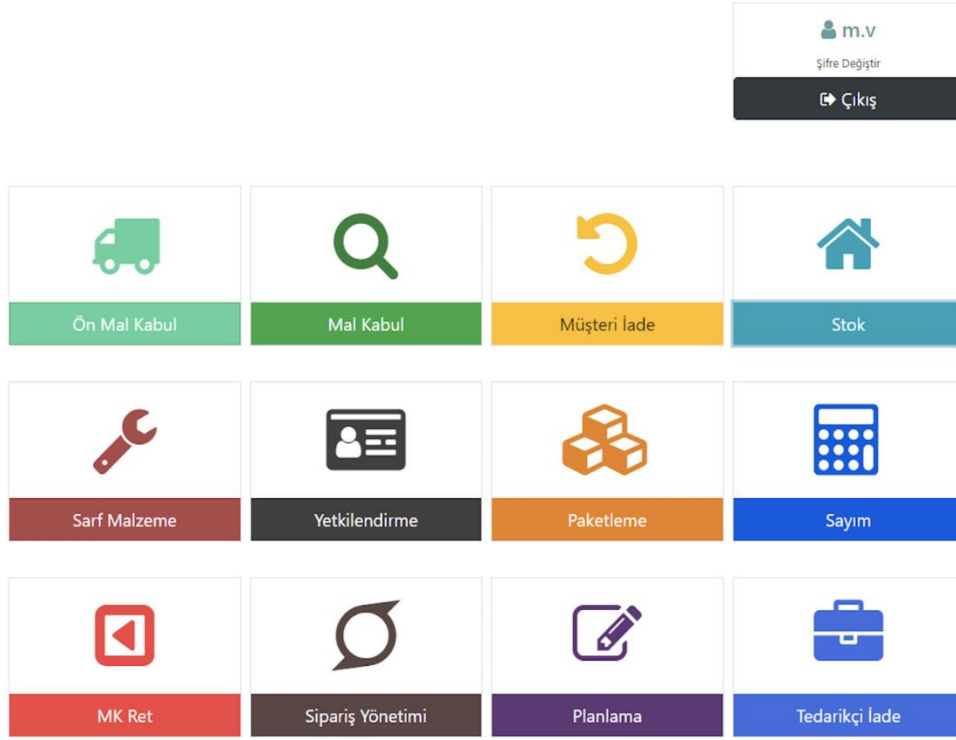


Figure 1. Main Menu

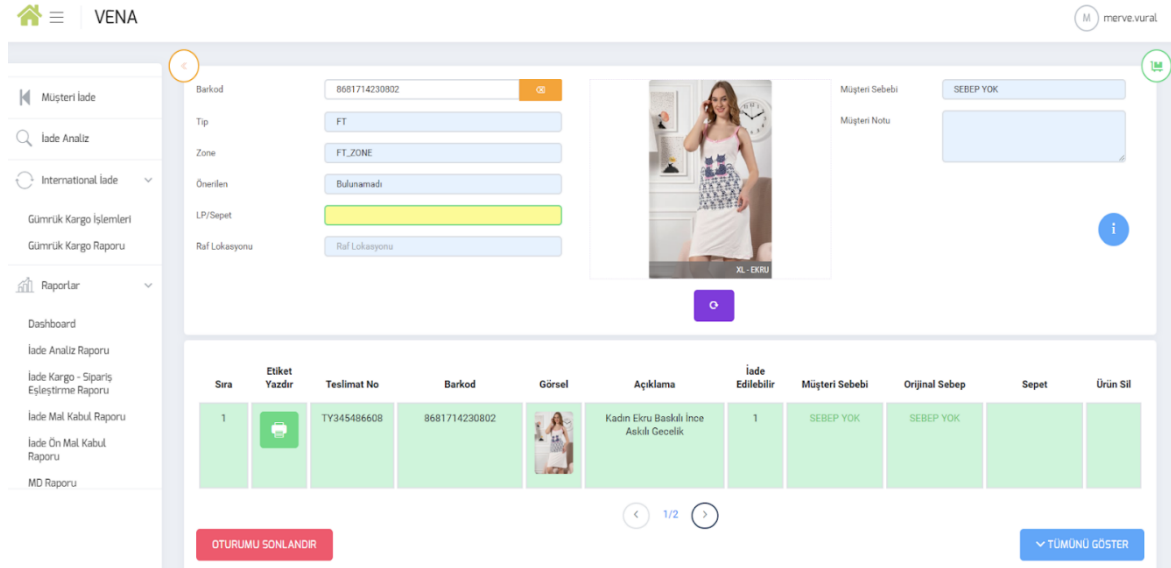


Figure 2. Returned Goods Acceptance Module

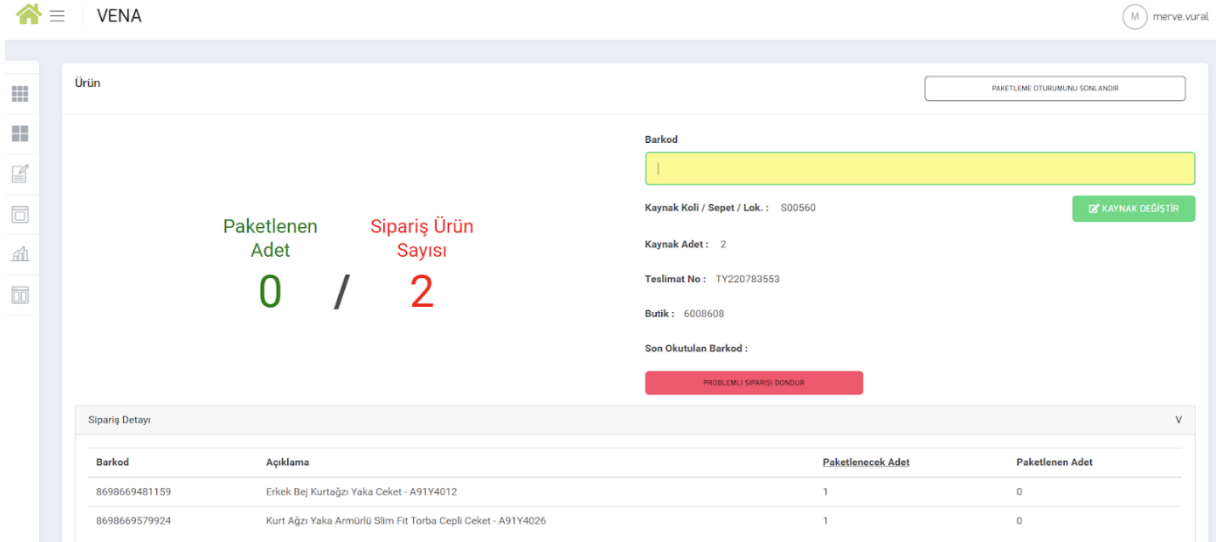


Figure 3. Packaging Module

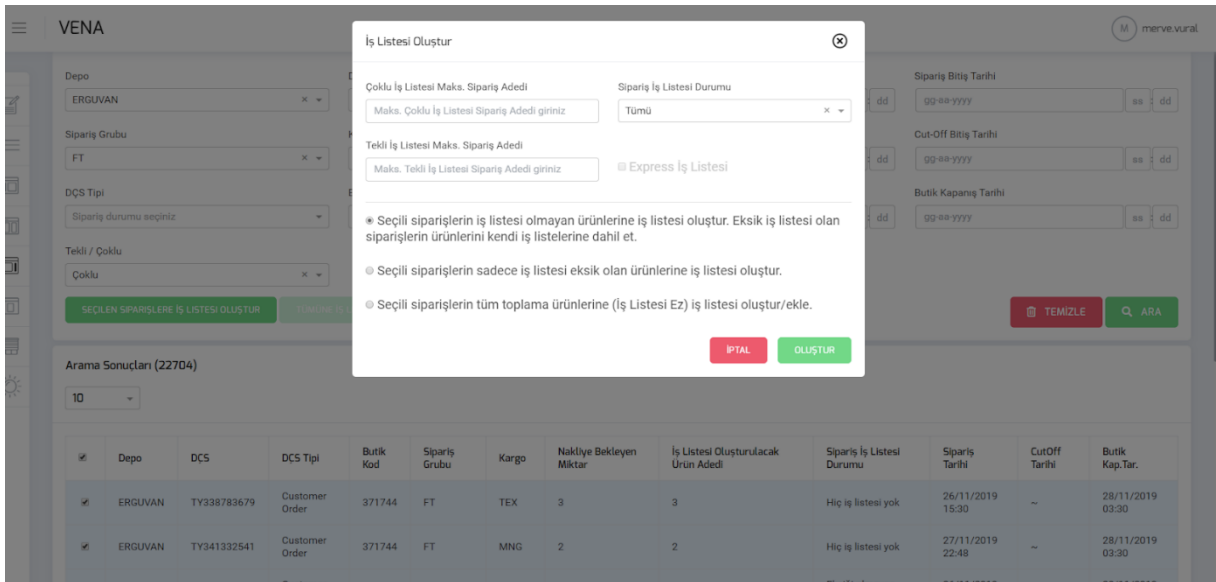


Figure 4. B2C Allocation / Backlog Module

The following achievements have been made with the development of the warehouse management system.

- While a process ran about 28 minutes in the old application, with the developed application, the same was completed in about 2 minutes and no load occurred on the system.
- With the CI/CD integration created, a 70% improvement was achieved in the commissioning of the developments.
- Thanks to the fact that the commissioning can be done independently of each other, job losses was prevented during the commissioning process.
- The unit tests of all the methods developed in the application were made at a rate of 90%. In this way, the developments progressed more smoothly.
- Together with the modules commissioned, a 47% reduction was observed in errors such as system freezes and crashes.
- The development time of new requests have been improved by approximately 30%.

4. CONCLUSION

A system has been developed in which different processes can be easily adapted in all warehouses operated within Trendyol. With this application, all in-warehouse processes were transformed into a separate application independent of each other. The most important benefit obtained with the product that emerged within the scope

of the study is that it eliminates the dependencies between the processes. With the asynchronous designs applied, order-product matching has been automated and made independent of user initiative. In addition, optimum decisions can be taken by calculating the load per user in the warehouse. Thanks to this development, errors that may arise from user decisions have also been prevented.

REFERENCES

- Bhor, V., Jadhav, N., Patil, T., Bansode, S., & Hariharan, S. AUTOMATED WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM.
- Wongjak, A., & Chansamorn, S. (2021, September). Mobile Warehouse Management and Transportation Planning System for Wheat Flour. In 2021 Research, Invention, and Innovation Congress: Innovation Electricals and Electronics (RI2C) (pp. 293-297). IEEE.
- Atieh, A. M., Kaylani, H., Al-Abdallat, Y., Qaderi, A., Ghoul, L., Jaradat, L., & Hdairis, I. (2016). Performance improvement of inventory management system processes by an automated warehouse management system. *Procedia Cirp*, 41, 568-572.
- Burganova, N., Grznar, P., Gregor, M., & Mozol, Š. (2021). Optimisation of Internal Logistics Transport Time Through Warehouse Management: Case Study. *Transportation Research Procedia*, 55, 553-560.
- Al-Sharif, D., & Hamas, Y. (2021). ONLINE SMES WAREHOUSE MANAGEMENT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 18(15), 17-26.
- Khoffi, M. (2021). The implementation of warehouse management system at small and medium sized enterprises (Doctoral dissertation).
- Shashidharan, M. (2021). Importance of an Efficient Warehouse Management System. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(5), 1185-1188.
- Mbunda, B., Machuve, D., & Mirau, S. (2021, September). Warehouse Management System Enhancement: A Case Study of ATOZ Textiles Limited. In 2021 IEEE AFRICON (pp. 1-5). IEEE.
- Karpova, N. P. (2021, April). Modern Warehouse Management Systems. In International Scientific Conference "Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends, New Opportunities" (pp. 261-267). Springer, Cham.
- Minashkina, D., & Happonen, A. (2021). A systematic literature mapping of current academic research connecting sustainability into the warehouse management systems context. *Current Approaches in Science and Technology Research*, 5, 52-80.
- Khan, M. G., Huda, N. U., & Zaman, U. K. U. (2022). Smart Warehouse Management System: Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design. *Machines*, 10(2), 150.
- Andiyappillai, N. (2020). Factors Influencing the Successful Implementation of the Warehouse Management System (WMS). *International Journal of Computer Applications*, 177(32), 21-25.
- Torabizadeh, M., Yusof, N. M., Ma'aram, A., & Shaharoun, A. M. (2020). Identifying sustainable warehouse management system indicators and proposing new weighting method. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119190.
- Deng, M., Mao, J., & Gan, X. (2018). Development of Automated Warehouse Management System. In MATEC Web of Conferences (Vol. 232, p. 03051). EDP Sciences.

METAL DOPLAMA YÖNTEMİYLE GÖZENEK BOYUTU ARTTIRILMIŞ JEOPOLİMERLERİN METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ

Hilal ÖZKAN

Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Chemical Engineering, Davutpaşa Campus

ORCID: 0000-0001-9140-9503

Emek Möröyör DERUN

Yıldız Technical University, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Department of Chemical Engineering, Davutpaşa Campus

ORCID: 0000-0002-8587-2013

ÖZET

Son yıllarda gelişen teknoloji ve hızla artan endüstriyel faaliyetler beraberinde su kirliliği gibi olumsuz pek çok çevre sorununu da birlikte getirmiştir. Adsorpsiyon prosesi su arıtımında halihazırda kullanılan önemli bir proses olmasına karşın, sıklıkla kullanılan adsorbent malzeme maliyetleri yüksek olmasından dolayı alternatif ve çevre dostu malzemelere ihtiyaç giderek artmaktadır. Jeopolimer malzemeler bu bağlamda kullanılabilir olacak oldukça yararlı, yenilikçi, gelişmiş özelliklere sahip çevre dostu bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada hem termik santral atığı olan uçucu külün yararlı bir ürüne dönüştürülmesi hem de jeopolimer teknolojisinin geliştirilerek endüstriyel uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Uçucu külden elde edilmiş jeopolimerlerin çinko (Zn) ve alüminyum (Al) metallerinin doplanması ile gözenek boyutu arttırılmasının incelenmesi ve elde edilen jeopolimerlerin metilen mavisi adsorpsiyonunda kullanımının araştırılması amaçlanmıştır. Jeopolimerlerin karakterizasyonu için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Brunauer, Emmet ve Teller Yüzey Alanı Ölçümü (BET) ve X-Işını Difraksiyon Spektroskopisi (XRD) analizleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda Zn metalinin, jeopolimerlerin gözenek boyutunun arttırılması üzerinde, Al metaline göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Jeopolimerleşme parametrelerinin optimize edilmesi için sodyum silikat (Na_2SiO_3) ve sodyum hidroksit (NaOH) çözeltilerinin birlikte kullanıldığı yüksek alkali çözelti ve 14 M'lık NaOH çözeltisi ile ilave çalışmalar yapılmıştır. Bunların sonucunda optimum jeopolimer gözenek boyutuna ($27,355 \text{ m}^2/\text{g}$) 14 M'lık NaOH alkali ortamında ulaşılmıştır. Elde edilen optimum jeopolimer ile metilen mavisi adsorpsiyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyon çalışmaları için Ultraviyole-Görünür Spektroskopi'si (UV-vis) analizi kullanılmıştır. Adsorpsiyon çalışmaları sırasında farklı adsorbent oranları ve adsorpsiyon çözelti konsantrasyonları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeopolimer, Metal Doplama, Adsorpsiyon, Metilen mavisi

INVESTIGATION OF METHYLENE BLUE ADSORPTION OF PORE ENLARGED GEOPOLYMERS BY METAL DOPING METHOD

ABSTRACT

In recent years, developing technology and rapidly increasing industrial activities have brought along many negative environmental problems such as water pollution. Although the adsorption process is an important process currently used in water treatment, the requirement for alternative and environmentally friendly materials is increasing due to the high cost of the frequently used adsorbent material. Geopolymer materials appear as a very useful, innovative and environmentally friendly product with advanced features that can be used in this scope. In this study, it was targeted that both to transform the fly ash, which is the waste of thermal power plants, into a useful product and to develop the geopolymers and expand the use of geopolymer technology in industrial applications. It was aimed to investigate the pore size increase of geopolymers obtained from fly ash by Zinc (Zn) and Aluminium (Al) metal doping and to investigate the use of the obtained geopolymers in methylene blue adsorption. For the characterization of geopolymers, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Brunauer, Emmet ve Teller Surface Area Analysis (BET) and X-Ray Diffraction (XRD) analyzes were performed. It has been determined that Zn metal is more effective than Al metal on increasing the pore size of geopolymers. In order to optimize the geopolymerization parameters, additional studies were carried out with high alkaline solution in which sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) solutions were used together and 14 M NaOH solution. In conclusion, the optimum geopolymer pore size ($27.355 \text{ m}^2/\text{g}$) was reached in 14 M NaOH alkaline medium. Methylene blue adsorption studies was carried out with the optimum

geopolymer obtained. Ultraviolet–visible spectroscopy (UV-vis) was used for adsorption studies. During the adsorption studies, the relationship between different adsorbent ratios and adsorption solution concentrations were investigated.

Keywords: Geopolymer, Metal Doping, Adsorption, Methylene Blue

1. INTRODUCTION

Water is one of the most important resources of vital importance for all living things on Earth. Due to increasing industrialization, wastewater treatment has become a serious problem in recent years. Dyes are one of the main sources of pollution in water. Since dyes have high toxic properties, are difficult to decompose and tend to accumulate continuously, they are seen as a dangerous source of pollution (Gupta et al., 2020). Even a very small amount of dyestuff (<1 ppm) in wastewater is an undesirable situation that can be dangerous (Novais et al., 2018). Concern about the effects of mixing increasing amounts of dyestuff into water every year is increasing. Since dyes are colored pollutants, when mixed with water, they reduce light transmission, affect photosynthetic activities in the aquatic system and cause to the depletion of dissolved oxygen (Mittal, 2021).

Methylene blue is a type of cationic dye that is widely used in many industries and creates pollution in wastewater. Methylene blue has the potential to remain in the environment for a long time, shows toxic and carcinogenic properties, and is also known to cause damage to the mouth, eyes, stomach and skin (Yan et al., 2022). There are different methods for the separation of dyestuffs from water: Ion exchange, coagulation-flocculation, electrodialysis, supercritical fluid extraction, filtration, microbial system, electrochemical process, precipitation, advanced oxidation process and membrane bioreactors, reverse osmosis, chemical precipitation, flotation and adsorption (Siyal et al., 2018).

For economic and technical reasons, adsorption is widely used because of its simple operation and high conversion efficiency. The most commonly used materials for the adsorption process are materials such as activated carbon, resins, zeolites, fly ash and chitosan (Siyal et al., 2018). Among them, activated carbon is one of the most commonly used adsorbents in adsorption applications. However, the use of high temperatures in the pyrolysis stage during the production of activated carbon and the long waiting period in this stage cause high energy consumption (Oss et al., 2022). For this reason, the production of more economical new alternative materials is very important at this point. Geopolymers consist of a network of interconnected pores with limited permeability and so they are suitable materials for the adsorption process to take place (Padmapriya, Ramesh and Biju, 2022). This is an important type of material that can be used in adsorption processes with the development of 3D network structure.

The structure of geopolymers includes a three-dimensional AlO_4 and SiO_4 tetrahedral network connections. The negative charge in the structure is supported by extra cations (Na^+ , K^+) around the structure (Degefu et al., 2022). The geopolymerization process consists of 4 main stages, respectively: Dissolution, Diffusion, Polycondensation, and Hardening (Zhang et al., 2020). First of all, by activating aluminosilicate materials rich in Si and Al materials with alkali or acid, AlO_4 and SiO_4 tetrahedrals are separated from their structure and the dissolution stage takes place. After that, separated AlO_4 and SiO_4 tetrahedrals molecules diffuse to the reaction media. Due to the principle of diffusion, the concentration of Si and Al on the particle surface decreases and thus oligomeric silicon-aluminum tetrahedrals begin to form. In the polycondensation stage, Si and Al tetrahedral structures form the Si-O-Al structure by sharing O atoms in the aqueous medium (Lan et al., 2022; Zhang et al., 2020). Finally, the geopolymer material, whose synthesis is completed, is left to cure for the hardening stage. During this phase, the geopolymer structure becomes final and geopolymerization is completed. Based on the mole ratio of Si/Al in the structure of the geopolymer, polysialate (-Si-O-Al-O-), polysialate siloxo (-Si-O-Al-O-Si-O-) and polysialate-disiloxo (-Si-O-Al)-O-Si-O-Si-O-) structures can occur at different rates (Zhang et al., 2020; Aziz et al., 2021).

Geopolymers have a lower Si content than zeolites and have an amorphous structure, unlike crystalline zeolite structures (Asim et al., 2019). This porous 3-dimensional structure of geopolymers plays an important role in the formation of high adsorption and catalytic properties. Due to these properties,

geopolymer materials can be used in different processes such as removing the pollutions (organic materials, heavy metals etc.) from the wastewater, gas capture and storage process, some different energy and chemical industries (Lazorenko, and Kasprzhitskii, 2022).

Another important advantage of geopolymer materials is that they can be easily synthesized from a wide variety of raw material sources. Geopolymer materials can be synthesized from natural sources such as kaolin (Aziz et al., 2021), metakaolin (Luo et al., 2021) and diatomite (Bagci, Kutyla and Kriven, 2017) with high Si and Al content, as well as from waste materials such as fly ash (Lu et al., 2022), red mud (Luo et al., 2021), silica fume (Tian, Nakama and Sasaki, 2019), blast furnace slag (Aziz et al., 2020).

In recent years, different methods have been investigated to improve the porous structure of geopolymer materials. One of these methods is foamed geopolymerization processes. The foamed geopolymerization process can be carried out by different methods: Direct foaming, Chemical foaming, Replica and Addition of Pseudo-Materials (Phavongkham et al., 2020). Among these methods, Chemical Foaming is the method that attracts the most attention due to its simple process. In this study, the development of the structure of geopolymer materials by chemical foaming method and the use of the obtained geopolymers in methylene blue adsorption were examined. Chemical foaming was carried out with Zn and Al doping.

2. RESEARCH AND FINDINGS

2.1. Experimental Studies

The fly ash used in the study was obtained from Zonguldak Çatalağzı Thermal Power Plants. Before being used in geopolymer synthesis, the particle size was reduced by passing through a 120 µm sieve. XRF analysis was performed to determine the fly ash composition and the results are given in Table 2.1. Metal doping (foaming) was achieved by adding metal powders of Aluminum (>99.9%) and Zinc (>99%). Similarly, metal powders were passed through a 120 µm sieve.

Table 2.1. Fly Ash XRF Results

Element Compositions (Oxide Forms)	Yüzde (%)
SiO ₂	54.6
Al ₂ O ₃	25
Fe ₂ O ₃	10.9
K ₂ O	6.3
CaO	3.2

Sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na₂SiO₃) alkalis were sourced from Merck chemicals (MerckKgaA, Darmstadt, Germany) and Ref-San chemicals, respectively. Alkali pellets were used after they were combined with water in the appropriate ratio and made into a solution. Methylene blue solution (Cas no: 61-73-4) was used for adsorption studies.

2.1.1. Geopolymer Synthesis

Geopolymers were obtained by doping metal powders using chemical foaming method. Alkaline activation solutions were prepared by dissolving the appropriate amount of NaOH solid pellet in water and adjusting its molarity. For the homogeneity of the solutions, it was allowed to wait for at least 24 hours at room conditions.

Table 2.2. Synthesis parameters of 1st group geopolymers

Experiment No	Metal Powder Type	Metal Powder Ratio	Alkali Type	Curing
1	Al	% 0,05	NaOH	25 °C, 7 days
2	Al	% 0,1	NaOH	25 °C, 7 days
3	Al	% 0,2	NaOH	25 °C, 7 days
4	Zn	% 0,5	NaOH	25 °C, 7 days
5	Zn	% 1	NaOH	25 °C, 7 days
6	Zn	% 2	NaOH	25 °C, 7 days

For the synthesis of 1st group geopolymers, firstly, fly ash and metal powders were mixed in appropriate proportions. The geopolymerization reaction was initiated by adding 10M NaOH alkaline solution to the solid powder mixture. A solid/liquid ratio of 0.35 was used for activation. It was mixed for 10 minutes to ensure homogeneity and carry out the synthesis. The obtained geopolymers were left to cure for 7 days at 25 °C. Before the adsorption process, the pH was brought to 7 by washing with distilled water. Synthesis parameters of group 1 geopolymers are given in Table 2.2.

According to the results obtained from the 1st group geopolymers, it was decided to foam with Zn metal and the 2nd group geopolymer synthesis experiments were performed accordingly. For the synthesis of the 2nd group geopolymers, the same synthesis method was followed with the 1st group geopolymers. Two types of alkaline solutions were used in the synthesis of group 2 geopolymers: 14 M NaOH solution and high alkaline solution medium prepared with NaOH and Na₂SiO₃. Group 2 geopolymers were pre-cured at 80 °C for 2 hours after their synthesis to increase the geopolymerization. Afterwards, the curing process was completed by leaving it at room temperature for 7 days. After the curing phase, the pH was brought to 7 by washing with distilled water. Synthesis parameters of group 2 geopolymers are given in Table 2.3.

Table 2.3. Synthesis parameters of 2nd group geopolymers

Experiment No	Metal Powder Type	Metal Oranı	Tozu	Molarity	Curing
7	Zn	% 1		NaOH	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days
8	Zn	% 1		NaOH and Na ₂ SiO ₃	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days
9	-	-		NaOH and Na ₂ SiO ₃	80 °C, 2 hour and 25 °C, 7 days

2.1.2. Adsorption Process

Different concentrations of methylene blue dyestuff were used for adsorption processes. Adsorption experiments were carried out in 100 mL beakers using 50 mL of synthetically prepared methylene blue solutions. Experiments were carried out at constant temperature (room temperature, 25 °C) and constant stirring speed (120 rpm) as batch type. The adsorption process was carried out for 45 min. The natural pH value of methylene blue was used for adsorption. The pH of the geopolymers used as adsorbent material was brought to 7 by the washing process. In the studies, different adsorbent amounts (0.05, 0.25, 0.50) and different adsorption solution concentrations (50, 150, 200, 250 mg/L) were studied. The remaining solution concentrations after adsorption was determined by UV analysis. UV analyzes were performed at 664 nm, which was determined as the most suitable wavelength for methylene blue adsorption.

The adsorbents retention efficiency of the geopolymers for methylene blue is indicated by e and the adsorption equilibrium capacity as qe (mg/g), calculated by the following equations 2.1 and 2.2:

$$e = \frac{c_0 - c_e}{c_0} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$qe = (c_0 - c_e)V_m \quad (2.2)$$

c_0 : Initial concentration of methylene blue (mg/L),

c_e : Methylene blue concentration after adsorption (mg/L),

2.2. Experimental Results

2.2.1 Fly Ash Characterization

XRD analysis was used to determine the crystalline and amorphous phases in fly ash. As seen in the XRD graph in the Figure 2.1, the peaks at $2\theta = 20^\circ$ and 26° diffraction angles show that the main crystalline phases are quartz and mullite.

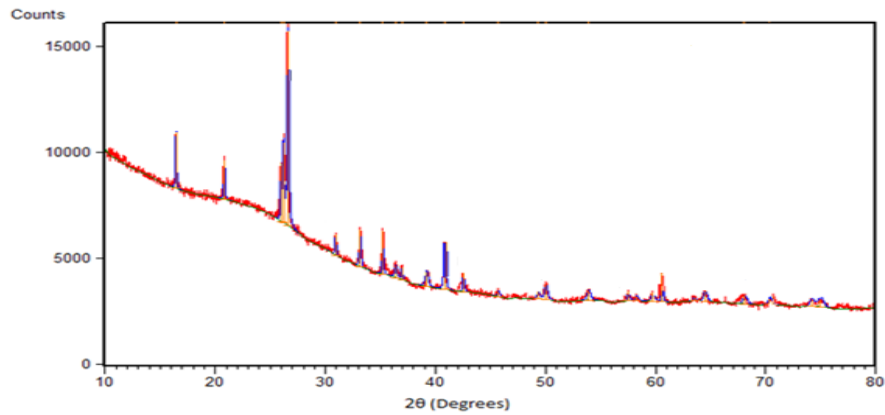


Figure 2.1. Fly ash XRD analysis graph

FTIR analysis was used to examine the types of chemical bonds in fly ash (Figure 2.2). The O-H bond stretch in water molecules in fly ash was observed at 3463 cm^{-1} . The main peak seen at 1056 cm^{-1} is due to the asymmetric stretching in Si-O-Al and Si-O-Si bonds. The peak observed at 792 cm^{-1} indicates the Si-O symmetrical stretching vibrations and the presence of quartz in the fly ash. The peak at 551 cm^{-1} shows Si-O-Si and Al-O-Si asymmetric stretching bonds and the peak at 463 cm^{-1} shows Al-O and Si-O bonds.

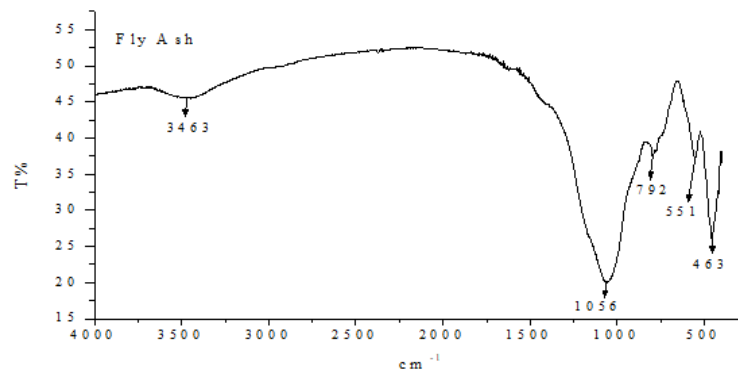


Figure 2.2. Fly ash FTIR analysis graph

2.2.2 Geopolymer Synthesis Analysis Results

FTIR analysis was used to determine the geopolymerization rates of geopolymer materials synthesized by the foaming method, and BET analysis was used to observe the surface area. FTIR results of geopolymer materials foamed by doping Al metal are in the Figure 2.3, analysis results of geopolymers foamed by doping with Zn metal are in the Figure 2.4.

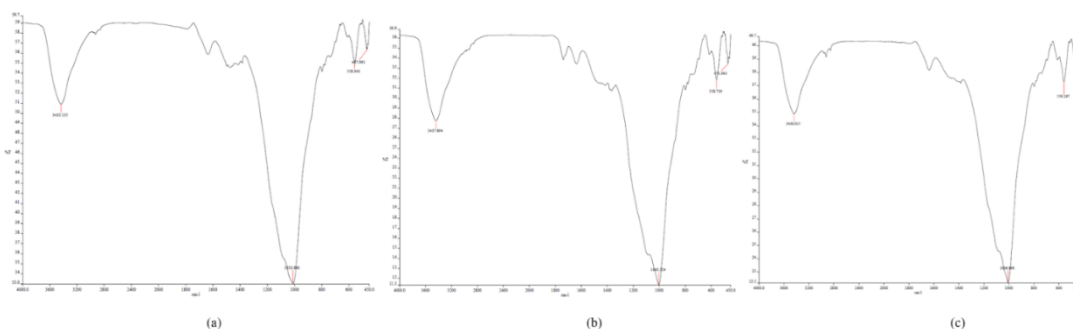


Figure 2.3. FTIR analysis results for experiment numbers 1 (a), 2 (b) and 3 (c), respectively

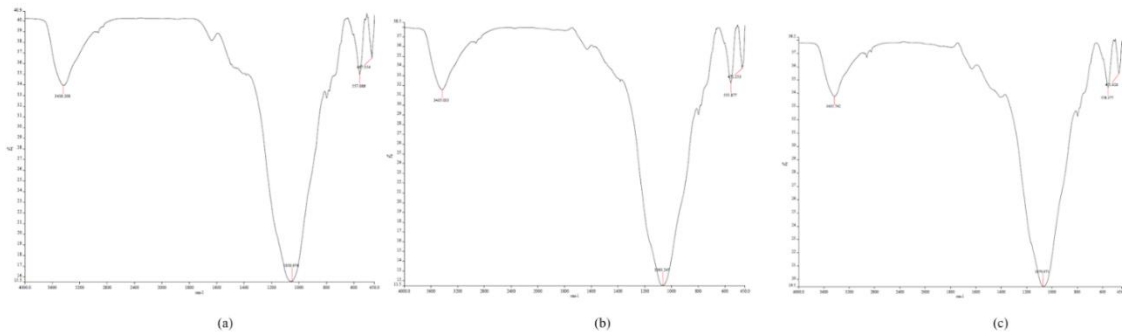


Figure 2.4. FTIR analysis results for experiment numbers 4 (a), 5 (b) and 6 (c), respectively

When the FTIR graphs are examined, it is seen that the main peak of the geopolymers doped with Al metal occurs at an average of 1000 cm^{-1} . For this reason, it was determined that the peak at 1056 cm^{-1} seen in fly ash shifted to lower peaks due to geopolymerization. When the main peak of the geopolymers doped with Zn metal is examined, it is seen that it occurs at 1050 cm^{-1} in geopolymer with %0.5 doping, at 1063 cm^{-1} in geopolymer with %1 doped and at 1070 cm^{-1} in geopolymer with %2 doped. High peaks seen in high Zn additives indicate insufficient geopolymerization. At this point, it was determined that alkaline solution was insufficient for geopolymerization, since alkaline solution was used for both geopolymerization and metal foaming.

When BET analyzes were examined, it was observed that the highest surface area was obtained in geopolymer doped with 1% Zn metal ($6.047\text{ m}^2/\text{g}$). In the Al metal doped geopolymers, the highest surface area was reached at a rate of 0.05% Al doped ($3.568\text{ m}^2/\text{g}$). According to these results, it was seen that Zn metal doping has the capacity to increase the surface area more than Al metal doping.

In order to increase the rate of geopolymerization, 2nd group geopolymers were synthesized and the effect of alkali molarity and alkali type was investigated. Figure 2.5 shows the FTIR results of 2nd group geopolymers. Accordingly, the highest main peak shift was observed in the geopolymer synthesized with 14M NaOH alkali solution (1015 cm^{-1}). A relatively lower peak shift was observed in activated geopolymers using with highly alkaline solution prepared with NaOH and Na_2SiO_3 ($1051\text{ ve } 1058\text{ cm}^{-1}$).

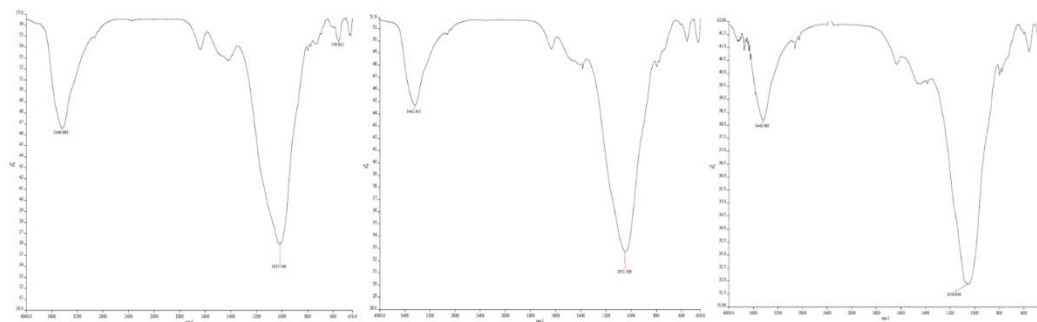


Figure 2.5. FTIR analysis results for experiment numbers 7 (a), 8 (b) and 9 (c), respectively

XRD analysis results for 2nd group geopolymers are shown in Figure 2.6. The presence of the amorphous phase in the structure of the geopolymers is evident from the broad humps between 10° and 40° . The high and sharp humps observed in the graphs show the quartz, mullite and calcite crystal phases. Accordingly, it is clearly seen that both amorphous and crystalline phases are effective in the geopolymer structure.

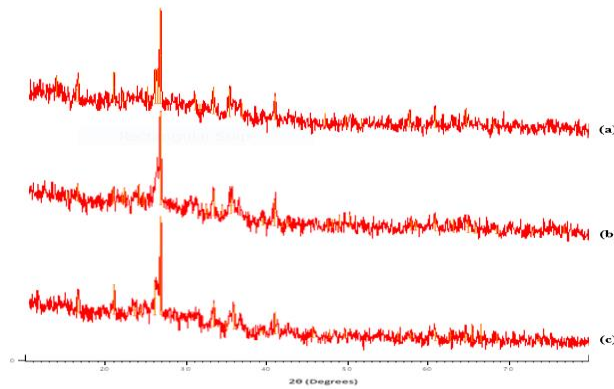


Figure 2.6. XRD analysis results for experiment numbers 7 (a), 8 (b), and 9 (c), respectively

When the BET analyzes were examined, it was observed that the geopolymer sample activated with 14 M NaOH and doped with 1% Zn reached a surface area of 27.355 m²/g. It was observed that a surface area of 16.091 m²/g was reached in the Zn doped geopolymer, activated with a high alkali solution prepared with NaOH and Na₂SiO₃, and 19.530 m²/g in the non-Zn doped geopolymer. According to this result, it has been determined that the foaming process using NaOH solution gives more effective results than the case where Na₂SiO₃ solution is used. As can be seen from the FTIR graph, the geopolymerization rate of the geopolymer samples obtained with 14 M NaOH was found to be higher.

2.2.3 Adsorption Experiment Result

For adsorption studies, 3 different adsorbent concentrations (0.05, 0.25, 0.50 g) were examined. As a result of the studies, it was observed that the adsorption efficiency increased with the increase in the amount of adsorbent. A maximum adsorption efficiency of 88.9% was achieved when 0.5 g adsorbent was used. In Figure 2.7, the adsorption efficiencies obtained according to the increasing amount of adsorbent are shown.

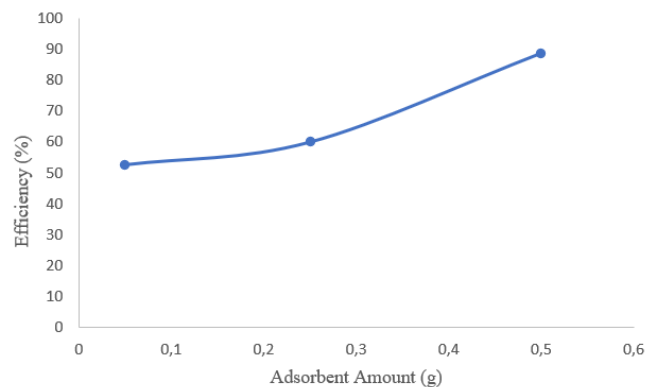


Figure 2.7. Graph of adsorption efficiency obtained according to increasing amount of adsorbent

In order to determine the adsorption isotherm of methylene blue adsorption on geopolymers with increased surface area, solutions at concentrations of 50, 150, 200 and 250 mg/L were prepared and their adsorption was investigated using 0.25 g adsorbent. It was observed that the adsorption efficiency for 50 mg/L concentration was 97.4% and it was observed that the yield decreased gradually with increasing concentrations. When the adsorption data were examined, it was determined that the Langmuir isotherm was the most suitable isotherm to represent the adsorption data (R^2 value for Langmuir isotherm was found to be 0.9952). Langmuir isotherm graph can be seen in the Figure 2.8.

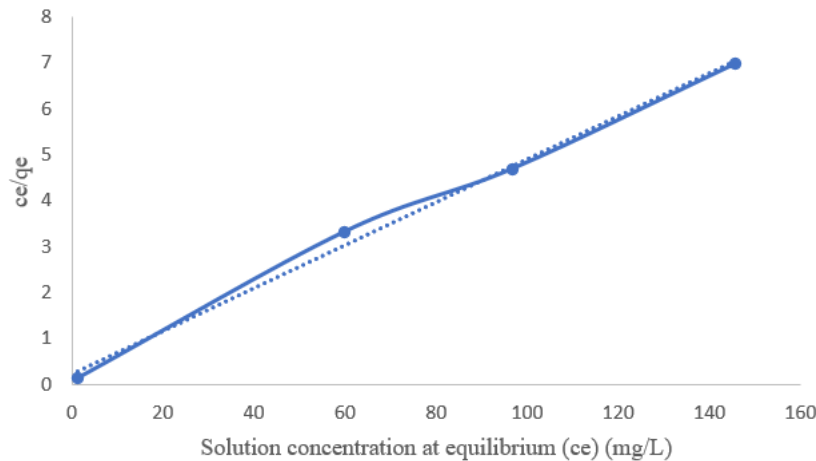


Figure 2.8. Langmuir isotherm graph

According to the adsorption equation obtained from the graph, the maximum adsorption capacity was found to be 21.3 mg/g.

3. RESULT

As a result of all studies, the following results were obtained:

- Zn metal is more active than Al metal in increasing the pore surface area.
- Alkaline solution molarity is a very important parameter since the alkali solution used during the geopolymer synthesis by metal doping is used both for foaming and for geopolymerization. At the same time, in order to activate the geopolymer structure more effectively, it must be supported by pre-curing at 80 °C.
- For the geopolymerization process, the NaOH solution provides a higher foamed geopolymerization efficiency than the Na₂SiO₃ solution. Max. surface area was obtained as 27.355 m²/g with 14 M NaOH solution.
- Max. 88.9% adsorption efficiency was obtained with 0.5 gr adsorbent amount.
- It was determined that the studies comply with the Langmuir adsorption isotherm and R² value has found as 0.9952. 97.4% adsorption efficiency was obtained for 50 ppm concentration. This shows that the use of geopolymers to remove methylene blue from wastewater in low concentration waters can provide high efficiency.

REFERENCES

- Asim, N., Alghoul, M., Mohammad, M., Amin, M. H., Akhtaruzzaman, M., Amin, N., Sopian, K. (2018). Emerging sustainable solutions for depollution: Geopolymers. *Construction and Building Materials*, 199(28), 540-548.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.043>
- Aziz, A., Bellil, A., Hassani, E. A., Fekhaoui, M., Achab, M., Dahrouch, A., Benzaouak, A. (2021). Geopolymers based on natural perlite and kaolinic clay from Morocco: Synthesis, characterization, properties, and applications. *Ceramics International*, 47, 121556.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.121556>
- Aziz, I. H., Abdullah, M. M. B., Mohd Salleh, M. A. A., Azimi, E. A., Chairapa, J., Sandu, A. V. (2020). Strength development of solely ground granulated blast furnace slag geopolymers. *Construction and Building Materials*, 250, 118720.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118720>
- Bagci, C., Kutyla, G. P., & Kriven, W. M. (2017). Fully reacted high strength geopolymer made with diatomite as a fumed silica alternative. *Ceramics International*, 43(17), 14784-14790.
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.222>
- Degefu, D. M., Liao, Z., Berardi, U., & Labbe, G. (2022). The dependence of thermophysical and hygroscopic properties of macroporous geopolymers on Si/Al. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 582, 121432.
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2022.121432>
- Gupta, V., Agarwal, S., Ahmad, R., Mirza, A., & Mittal, J. (2020). Sequestration of toxic congo red dye from aqueous solution using ecofriendly guar gum/activated carbon nanocomposite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 1310-1318.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2020.05.025>

Lan, T., Meng, Y., Ju, T., Chen, Z., Du, Y., Deng, Y., Song, M., Han, S., & Jiang, J. (2022). Synthesis and application of geopolymers from municipal waste incineration fly ash (MSWI FA) as raw ingredient - A review. *Resources, Conservation & Recycling*, 182, 106308.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106308>

Lazorenko, G., & Kasprzhitskii, A. (2022). Geopolymer additive manufacturing: A review. *Additive Manufacturing*, 55, 102782

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102782>

Luo, Y., Meng, J., Wang, D., Jiao, L., & Xue, G. (2021). Experimental study on mechanical properties and microstructure of metakaolin based geopolymer stabilized silty clay. *Construction and Building Materials*, 316(17), 125662.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125662>

Luo, Z., Zhi, T., Liu, L., Mi, J., Zhang, M., Tian, C., Si, Z., Liu, X., & Mu, Y. (2021). Solidification/stabilization of chromium slag in red mud-based geopolymer”, *Construction and Building Materials*, 316(7), 125813.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125813>

Lu, C., Wang, Q., Liu, Y., Xue, T., Yu, Q., & Chen, S. (2022). Influence of new organic alkali activators on microstructure and strength of fly ash geopolymer. *Ceramics International*, 48(9), 12442-12449.

<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.01.109>

Mittal, J. (2021). Recent progress in the synthesis of Layered Double Hydroxides and their application for the adsorptive removal of dyes: A review. *Journal of Environmental Management*, 295, 113017.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113017>

Novais, R. M., Ascensao, G., Tombaldi, D. M., Seabra, M. P., & Labrincha, J. A. (2017). Biomass Fly Ash Geopolymer Monoliths for Effective Methylene Blue Removal from Wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 171, 783-794.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.078>

Oss, R. N., Gonçalves, R. F., Cassini, S. T., Junior, M. A. S., Cipriano, D. F., & Freitas, J. C. C. (2022). Single step production of activated carbon from microalgae cultivated with urban wastewater. *Algal Research*, 64, 102669

<https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102669>

Padmapriya, M., Ramesh, S. T., & Biju, V. M. (2022). Synthesis of seawater based geopolymer: Characterization and adsorption capacity of methylene blue from wastewater. *Materials Today: Proceedings*, 51(4), 1770-1776.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.030>

Phavongkham, V., Wattanasiriwech, S., Cheng, T., & Wattanasiriwech. (2020). Effects of Surfactant on Thermo-Mechanical Behavior of Geopolymer Foam Paste Made with Sodium Perborate Foaming Agent. *Construction and Building Materials*, 243, 118282.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118282>

Siyal, A. A., Shamsuddina, M. R., Khana, M. I., Rabata, N. E., Zulfiqara, M., Mana, Z., Siamec, J., & Azizli, K. A. (2018). A review on geopolymers as emerging materials for the adsorption of heavy metals and dyes. *Journal of Environmental Management*, 224, 327-329.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.046>

Tian, Q., Nakama, A., Sasaki, K. (2019). Immobilization of cesium in fly ash-silica fume based geopolymers with different Si/Al molar ratios. *Science of the Total Environment*, 687, 1127-1137.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.095>

Yan, S., Ren, X., Zhang, F., Huang, K., Feng, X., & Xing, P. (2021). Comparative study of Pb²⁺, Ni²⁺, and methylene blue adsorption on spherical waste solid-based geopolymer adsorbents enhanced with carbon nanotubes. *Separation and Purification Technology*, 284, 120234.

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.120234>

Zhang, P., Gao, Z., Wang, J., Guo, J., Hu, S., & Ling, Y. (2020). Properties of fresh and hardened fly ash/slag based geopolymer concrete: A review. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122389.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122389>

Zhang, Y. J., Han, Z. C., He, P. Y., & Chen, H. (2020). Geopolymer-based catalysts for cost-effective environmental governance: A review based on source control and end-of-pipe treatment”, *Journal of Cleaner Production*, 263, 121556.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121556>

CAM ELYAF / PBT KOMPOZİTLERİN YAŞLANDIRMA SONRASI HİDROLİZ DAYANIMININ İNCELENMESİ

Onur KIYILI

ORCID: 0000-0003-4442-1782

Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Epsan Plastik, Bursa, Türkiye

Özet

Yüksek performanslı yarı kristalin bir poliester olan polibütülen tereftalat (PBT) çok yönlü bir mühendislik termoplastiğidir. PBT yüksek kristallenme hızı, iyi kalıplanabilirliği ve işlenebilirliği nedeniyle enjeksiyonlu kalıplama uygulamaları için önemli bir polimerdir. Ayrıca solvent direnci, hidroliz dayanımı ve boyutsal kararlılığı onu otomotiv ve elektronik uygulamalar için ilgi çekici yapar. Genellikle elektrik endüstrisinde elektrik yalıtımı için kullanılır. PBT, poliamid 6 ve poliamid 66, ile kıyaslandığında daha az nem absorbe eder ve hidrolize daha dayanıklıdır. Nem absorpsplandığında, polimer zincirleri arasına girerek zincirlerin paketlenmesine engel olduğu için plastiğin kristalinitesini ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Ancak bu absobsiyon oda sıcaklığında gerçekleşirse yapının daha esnek olmasını sağladığı için darbe değerlerini olumlu yönde etkilemektedir. Oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen nem absorpsiyonu malzemenin hem mekanik hem de darbe özelliğini kötü yönde etkileyebilmektedir. Bu çalışmada 30% cam elyaf (CE) takviyeli PBT'nin 100% nem ve 100°C de 500 saat tutulması sonundaki mekanik ve darbe özelliklerinin ne kadar değiştiği belirlenmiştir. Bunun için üç farklı bileşimde kompozit eriyikten karıştırma ve enjeksiyon ile kalıplama yöntemleri ile üretilmiştir. Bu kompozitlerde iki farklı cam elyaf türü (CE1 ve CE2) ve hidroliz dayanımı sağlayan bir katkının etkisi incelenmiştir. Üretilen kompozitlerin mekanik ve darbe özellikleri üretimden sonra hemen belirlenmiştir. Daha sonra üç farklı numune 500 saat boyunca belirtilen iklimik ortamda bekletilmiş ve bu testler bekletilen numunelere uygulanmıştır. Testin amacı belirtilen süre sonunda hangi karışımın belirlenen şartlara daha dayanıklı olduğunu belirlemektir. Süre sonunda CE2 içeren karışımın CE1'e göre özelliklerini daha iyi koruduğu ve hidroliz dayanımlı katkı içeren karışım ise tüm özellikler bakımın diğer iki malzemedan daha iyi sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Darbe özelliklerini kıyasladığımızda, hidroliz katkılı kompozitte özellikler ortalama 74% korunmuş, CE2 kullanılan kompozitte özellikler 61% korunmuş ve son olarak CE1 kullanılan kompozitte ise özellikler 48% korunmuştur. Mekanik özellikler bakımından kıyaslama yapıldığında ise darbe dayanımı ile benzer eğilim elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polibütülen tereftalat (PBT), cam elyaf, hidroliz, mekanik özellik.

INVESTIGATION OF HYDROLYSIS RESISTANCE AFTER AGING OF GLASS FIBER/PBT COMPOSITES

Abstract

Polybutylene terephthalate (PBT), a high-performance semi-crystalline polyester, is a versatile engineering thermoplastic. PBT is an important polymer for injection moulding applications due to its high crystallization rate, good moldability and machinability. Also, its solvent resistance, hydrolysis resistance and dimensional stability make it interesting for automotive and electronic applications. It is often used for electrical insulation in the electrical industry. Compared to polyamide 6 and polyamide 66, PBT absorbs less moisture and is more resistant to hydrolysis. When moisture is absorbed, it affects the crystallinity and mechanical properties of the plastic negatively, as it prevents the packaging of the chains by entering between the polymer chains. However, if this absorption takes place at room temperature, it affects the impact values positively as it makes the structure more flexible. Moisture absorption occurring at temperatures higher than room temperature can adversely affect both the mechanical and impact properties of the material. In this study, it was determined how much the mechanical and impact properties of 30% glass fiber (GF) reinforced PBT changed after being kept at 100% humidity and 100°C for 500 hours. For this purpose, composites were produced with melt mixing in three different compositions by extrusion and injection moulding methods. In these composites, the effect of two different glass fiber types (GF1 and GF2) and an additive providing hydrolysis resistance was investigated. The mechanical and impact properties of the produced composites were determined immediately after production. Then, three different samples were kept in the specified climatic environment for 500 hours and these tests were applied to the kept samples. The purpose of the test is to determine which mixture is more resistant to the



specified conditions at the end of the specified time. At the end of the period, it was determined that the mixture containing GF2 preserved its properties better than GF1, and the mixture containing hydrolysis resistant additives showed better results than the other two materials in all properties. When we compare the impact properties, the properties were preserved on average 74% in the hydrolysis resistance additive reinforced composite, 61% were preserved in the composite using GF2, and finally, the properties were preserved in the composite using GF1 by 48%. When the mechanical properties are compared, a similar trend was obtained with the impact strength.

Key Words: Polybutylene terephthalate (PBT), glass fiber, hydrolysis, mechanical property.



DEVELOPMENT OF A PRELIMINARY AEROTHERMAL DESIGN TOOL FOR AIRBREATHING PROPULSION SYSTEMS: TURBOJET, TURBOFAN, RAMJET AND SCRAMJET ENGINES

Furkan TÜRÜN

TOBB University of Economics and Technology, Graduate School of Engineering and Science, Department of Mechanical Engineering, Ankara/Turkey

Sitki USLU

TOBB University of Economics and Technology, Graduate School of Engineering and Science, Department of Mechanical Engineering, Ankara/Turkey

ABSTRACT

Airbreathing propulsion systems are engines that generate thrust for aeronautical vehicles and missiles. There are different types of airbreathing propulsion systems such as turbojet, turbofan, turboprop, turboshaft, ramjet, and scramjet engines. In the present study a computational tool that can be used for the preliminary design of turbojet, turbofan, ramjet, and scramjet engines is developed. Preliminary design process of a propulsion system is an important stage in the way of decreasing computational and test costs. For these reasons there some major commercial softwares such as GasTurb, NPSS and GSP that deal with the preliminary design of the airbreathing propulsion systems used by the engineers. The first step in preliminary design is performance calculations of design and off-design propulsion calculations. The first requirement for performance calculations is performing design point calculations and related parametric studies. Most important design parameters are decided to fulfil the mission design requirements such as thrust, thrust specific fuel consumption (TSFC) and specific thrust. After setting the design point parameters, working behaviour of the engine is also analysed at different off-design points. In this study, software for design point performance calculations was developed for turbojet, mixed/unmixed turbofan, ramjet, and scramjet engines. Firstly, a numerical performance model was implemented into the code. After this point, design point calculations for each engine were validated based on some well-studied engines in the literature. The developed program reads Rayleigh Flow tables which were integrated into the code for calculated specific heat ratios for ramjet, scramjet combustors and afterburners. In addition, basic efficiency estimation tools for compressor, combustion chamber and turbine were implemented into the software. The comparison of results obtained with present methodology and the GasTurb results show very good agreement. The developed software has also an improvement against GasTurb for the design of supersonic intake components. GasTurb uses some ad hoc military standard correlations to calculate the total pressure recovery factor (TPRF) for supersonic intakes. The present methodology uses oblique shock relations based on the number of inlet ramps and ramp angles addition to the mentioned military correlations used by GasTurb. It should be clear that the results obtained using the oblique shock equations are more realistic compared to the military standards.

Key Words: Propulsion Systems, Specific Thrust, Thrust Specific Fuel Consumption (TSFC), Total Pressure Recovery Factor (TPRF) Turbojet Engine, Turbofan Engine, Ramjet Engine, Scramjet Engine, Performance Calculations.



ELECTROMECHANICAL REGENERATIVE SUSPENSION SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS

Doğukan TUNCER¹
Asst. Prof. Dr. Eylem YILMAZ ULU²
Pamukkale University, Faculty of Technology^{1,2}

ABSTRACT

Due to factors such as global warming and population growth; energy production, transmission, efficient use, sustainability is becoming an increasingly important topic to be obtained from renewable and clean sources. Particulate matter released from motor vehicles, such as carbon monoxides, nitrogen oxides, volatile organic substances, etc. a wide range of toxic gases, such as, are air pollutants from transportation sources and contribute largely to global warming. The source of these toxic gases are vehicles with gasoline and diesel engines. In order to reduce the exhaust emissions of passenger cars with an internal combustion engine, new technologies have been developed with very large investments, but the exhaust emission values have still not been brought to the desired levels. In order to solve this problem, electric and hybrid passenger car models, the number of which is increasing every day, have been introduced to the market at a rapid pace. But there are charging and Deceleration problems of electric passenger cars, and large R & D studies and large investments continue to be made to solve this problem. The production of energy from clean sources and its efficient consumption is an issue that all the countries of the world care about. Regenerative Systems that can recycle some or all of the energy come across as promising systems for electric cars. The regenerative suspension system, a system whose R & D studies have just begun and whose name is just being heard today, is a regenerative energy conversion system. In this study, the results of the design and analysis of the electromechanical regenerative suspension system with a new design are included.

Keywords: Regenerative, suspension, electricvehicle, hybrid, battery



KARVAKROL VE TİMOLÜN ET VE ET ÜRÜNLERİ İÇİN RİSK TAŞIYAN PATOJENLERE BİRLİKTE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatmanur PAMUK

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
Aksaray Üniversitesi Kampüsü,
ORCID: 0000-0002-0180-3417

Fatma ŞAHMURAT

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
Aksaray Üniversitesi Kampüsü,
ORCID: 0000-0001-8215-238X

ÖZET

Et ve et ürünleri, içerdiği protein, yağ, su, mineral ve vitaminlerle birlikte insanlar için önemli bir besin kaynağıdır. Ancak içerdiği bu maddelerle mikroorganizmaların da hızla gelişmesine ortam sağlarlar. Etlerde gelişebilecek patojen mikroorganizmalar içinde *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Enteropatojenik E. coli*, *Enterohemorajik E. coli (O157:H7)*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* ve *Y. enterocolitica* sayılabilir. Bu mikroorganizmaların gelişmesini durdurmak ya da öldürmek için doğal ya da yapay koruyucular kullanılabilir. Ancak günümüzde tüketiciler doğal koruyucuları daha çok tercih etmektedirler. Bu nedenle etlere bazı doğal uçucu yağlar eklenerek raf ömrü uzatılabilir. İnsan sağlığı için tüketimleri güvenlidir. Kek gibi yiyecek ve içeceklere aroma verici olarak da kullanılabilir. Uçucu yağlar ile ilgili başta *Salmonella Typhumirum*, *L. monocytogenes*, *E. coli O157:H7*, *Campylobacter*, *S. aureus* olmak üzere birçok mikroorganizma üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar arasında kekik ve kekikten elde edilen uçucu yağ ve ekstraktların incelendiği çalışmalar yoğunudur. Kekik uçucu yağında baskın olarak bulunan aktif bileşenler timol ve karvakroldur. Bu bileşenler monoterpenik fenollerin izomerik üyeleridir. Çoğu ürünlerde kullanımları FDA (Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından onaylanmıştır. Antimikrobiyal ve antioksidan özellik gösteren bu bileşenler hidrofobik yapıları sebebiyle suda çözünmezler. Ancak hücre duvarı yapısını bozup, zar geçirgenliğini değiştirerek mikroorganizmaların ölmesine neden olurlar. Karvakrol ve timolün yapıları benzerlik gösterse de gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı farklı etki gösterirler. Yüksek dozlarda toksik etki gösterdiklerinden dolayı az dozlarda başka uçucu yağlarla kullanılabilirler. Bu çalışmada karvakrol ve timolün et ürünlerindeki uygulamaları ve antimikrobiyel etkileri yalnız ve birlikte kullanıldıkları durumlar için derlenmiş ve sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karvakrol, Timol, Et ve Et Ürünleri

TÜRKİYE KURU KAYISI İHRACATININ ÖNGÖRÜLMESİNDE ARIMA MODELİNİN KULLANIMI

Osman UYSAL

Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Battalgazi,

Malatya

ORCID: 0000-0002-9010-2998

ÖZET

Türkiye bulunduğu elverişli coğrafi koşullar nedeniyle yıllık yaklaşık 90000 ton kuru kayısı ihracatı ile kayısı üreticisi ve ihracatçısı konumundadır. Bu nedenle yalnızca iç piyasasını değil dünya piyasalarını da etkileyebilme kabiliyeti bulunan Türkiye'nin kuru kayısı ihracat miktarının öngörüsünün yapılması oldukça önemlidir. Çalışmada, Türkiye kuru kayısı ihracat miktarlarının 2022-2026 yılları için öngörüsünü yapmak amacıyla Türkiye İstatistik Kurumu istatistiklerinden 1992-2021 yıllarına ait kuru kayısı ihracat rakamları temin edilmiş ve bu verilerden yararlanılarak zaman serisi analiz yöntemlerinden ARIMA modeli ile tahmin gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında; değişkenlerin durağanlıklarının değerlendirilmesi için ADF birim kök testinden, modelin öngörü gücünü test edilmesi için ortalama mutlak yüzdeler hata ve Theil Eşitsizlik Katsayısı'ndan yararlanılmıştır. Pek çok kriter göz önünde bulundurularak kuru kayısı ihracat miktarı için en uygun model ARMA (1,1) olarak belirlenmiştir. Öngörü sonuçlarına göre kuru kayısı ihracatının tahmin edilen dönemde azalma eğiliminde olduğu ve 2026 yılında 82.747 ton seviyesine düşeceği tahmin edilmiştir. Ancak ilkbahar geç donları kayısı üretimi ve ticareti için en kritik risktir. Türkiye'de yetiştirilen çeşitlerin dona dayanıklı olmaması üretim ve ihracat gelirlerinde dalgalanmalara neden olmaktadır. Kayısı üretim alanları her yıl artmakta ve ihracatta yeni pazarlar aranmaktadır. Kuru kayısı ihracatının önümüzdeki beş yılda azalması beklendiğinden, yeni pazarlara girerek yeni pazarlarda talep yaratarak üretici ve ihracatçıların gelirlerinin artırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kuru Kayısı, Zaman Serisi Analizi, ARIMA, Box-Jenkins modeli ,

USE OF THE ARIMA MODEL FOR FORECASTING DRIED APRICOT EXPORT IN TURKEY

ABSTRACT

Due to its favorable geographical conditions, Turkey is an apricot producer and exporter, with an annual export of approximately 90,000 tons of dried apricots. For this reason, it is essential to predict the amount of dried apricot exports in Turkey, which can affect not only the domestic market but also the world markets. In the study, dried apricot export figures for the years 1992-2021 were obtained from the statistics of the Turkish Statistical Institute in order to predict the export amounts of dried apricots in Turkey for the years 2022-2026. Using these data, the ARIMA model, one of the time series analysis methods, was estimated. Within the scope of the analysis, the ADF unit root test was used to evaluate the stationarity of the variables, the mean absolute percentile error, and the Theil Inequality Coefficient was used to test the model's predictive power. Considering many criteria, the most suitable dried apricot export model was ARMA (1,1). According to the forecast results, it is estimated that dried apricot exports tend to decrease in the forecast period and will decrease to 82,747 tons in 2026. However late spring frosts are the most critical risk to apricot production and trade. The varieties grown in Turkey are not resistant to frost, causing production and export revenues fluctuations. Apricot production areas are increasing every year, and new markets are sought in exports. Since dried apricot exports are expected to decrease in the next five years, it is necessary to increase the income of producers and exporters by creating demand in new markets by entering new markets.

Keywords: Dried Apricot, Time Series Analysis, ARIMA, Box-Jenkins Model.

PRhSe KRİSTALİNİN YAPISAL, ELEKTRONİK VE ELASTİK ÖZELLİKLERİNE BASINCIN ETKİSİ

Nihat AYDIN

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Science, Department of Physics, Tusba

ORCID: 0000-0001-5580-6982

Emel KİLİT DOĞAN

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Science, Department of Physics, Tusba

ORCID: 0000-0001-7609-7206

ÖZET

Bu çalışmada, Pirit-Markasit ailesinden olan PRhSe kristalinin yapısal, elektronik ve elastik özellikleri temel durumda ve belirli basınç değerleri altında Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi ile ortaya konulmuştur. Hesaplamalarda Genelleştirilmiş Gradyent Yaklaşımı kullanılmıştır. İlk olarak PRhSe kristalinin temel durumdaki örgü parametresinin değeri teorik olarak hesaplanmış ve literatürdeki örgü parametresi değerine oldukça yakın bir değer bulunmuştur. Ardından hacim optimizasyonu yapılarak PRhSe kristalinin P=10, 20 ve 30 GPa basınç değerleri altındaki örgü parametreleri, toplam enerjileri, hacim ve basınç eğrileri elde edilmiştir. Basınç arttıkça örgü parametrelerinin küçüldüğü görülmüştür. Ardından, PRhSe kristalinin yine temel durumda ve belirtilen basınç değerleri altındaki elektronik özellikleri hesaplanmıştır. Bu aşamada kristalin, elektronik band grafiği ile toplam ve kısmi durum yoğunluğu grafikleri hesaplanmış ve çizilmiştir. Toplam ve kısmi durum yoğunluğu grafiklerinin hem birbirleriyle hem de elektronik band grafiği ile iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür. PRhSe kristalinin temel durumda indirekt geçişe sahip bir yarıiletken olduğu ve basınç artırıldıkça yasak band aralığının arttığı anlaşılmıştır. Ardından PRhSe kristalinin elastik özelliklerine odaklanılmış ve temel durumda ve basınç altında elastik sertlik katsayıları elde edilmiştir. Bu katsayılar kullanılarak, Bulk, Kayma ve Young modülleri ile, Esneklik katsayısı, Poisson oranı ve Zener anisotropi faktörü hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, PRhSe kristalinin kırılğan yapıya sahip elastik olarak anizotropik bir malzeme olduğunu ortaya koymuştur. Basıncın etkisiyle kırılğanlıktan az da olsa dövülebilir bir yapıya dönüştüğü görülmüştür. PRhSe kristalinin önceki çalışmalarında ortaya koyduğumuz optik özellikleri ve bu çalışmamızda hesapladığımız elektronik özellikleri göz önüne alındığında bu kristalin, opto-elektronik aygıtların üretiminde kullanılmaya oldukça elverişli olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PRhSe, Elastik Özellikler, Elektronik Özellikler, Yoğunluk Fonksiyoneli Teorisi

EFFECT OF PRESSURE ON THE STRUCTURAL, ELECTRONIC AND ELASTIC PROPERTIES OF PRhSe CRYSTAL

ABSTRACT

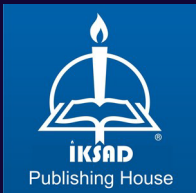
In this study, the structural, electronic and elastic properties of PRhSe crystal, which belongs to the Pyrite-Marcasite family, are revealed by Density Functional Theory in the ground state and under certain pressure values. Generalized Gradient Approach was used in the calculations. First, the value of the lattice parameter in the ground state of the PRhSe crystal was calculated theoretically and the calculated value was very close to the lattice parameter in the literature. Then, the lattice parameters, total energies, volume and pressure curves of the PRhSe crystal under P=10, 20 and 30 GPa pressure values were obtained by performing volume optimization. It was observed that the lattice parameters decreased as the pressure increased. Then, the electronic properties of the PRhSe crystal in the ground state and under the specified pressure values were calculated. At this stage, the electronic band graph and the total and partial density of state graphs of the crystal were calculated and plotted. It has been seen that the total and partial density of state graphs are in good agreement with each other and the electronic band graph. It is understood that the PRhSe crystal is a semiconductor with an indirect transition in the ground state and the band gap increases as the pressure is increased. Then, the elastic properties of the PRhSe crystal were focused on and the elastic stiffness coefficients were obtained in the ground state and under pressure. By using these coefficients, Bulk, Shear and Young modulus, Elasticity coefficient, Poisson's ratio and Zener anisotropy factor were calculated. These calculations revealed that the PRhSe crystal is an elastically anisotropic material with a fragile structure. It has been observed that with the effect of pressure, it has transformed from fragility to a ductile structure, slightly. Considering the optical properties of the PRhSe



crystal, which we have revealed in previous studies, and the electronic properties calculated in this study, it has been determined that this crystal is quite suitable for use in the production of opto-electronic devices.

Keywords: PRhSe, Elastic Properties, Electronic Properties, Density Functional Theory





isarac

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

<https://www.isarconference.org/>



ISBN: 978-625-8377-93-4