

BOOK OF FULL TEXT



GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

AKDENİZ 4. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



MEDITERRANEAN SUMMIT

4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS

Issued: 15. 05. 2021

ISBN : 978-625-7341-21-9





*MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA*

Edited By

DR. GÜLTEKİN GÜRÇAY

KHORRAM MANAFIDIZAJI

All rights of this book belong to UBAK Publishing house.

Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

UBAK Publications – 2021 ©

Issued: 15.05.2021

ISBN: 978-625-7341-21-9

CONGRESS ID

**MEDITERRANEAN SUMMIT
4 th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS**

DATE – PLACE

APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

ORGANIZATION

UBAK International Sciences Academy

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Congress: Prof. Dr. Ergün Koca
Head of Organizing Board: Dr. Nadire Kantarcıoğlu
Organizing Committee Member: Dr Gültekin Gürçay
Organizing Committee Member: Aynurə Əliyeva
Organizing Committee Member: Dr. Leman Kuzu
Organizing Committee Member: Editor of the USE Journal
Organizing Committee Member: Editor of the EuroAsia Journal
Organizing Committee Member: Editor of UBAK Publishing house.
General Coordinator: Amaneh Manafidizaji

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey –India- Nigeria – Azerbaijan- Kyrgyzstan

PRESENTATION

Oral presentation

LANGUAGES

Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Dr. Gulmira ABDİRASULOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV
Ufa State Petroleum Technological University

Dr. Maha Hamdan ALANAZİ
Riyad Kral Abdülaziz Teknoloji Enstitüsü

Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya BALKAYA
Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Mardin Artuklu Üniversitesi

Dr. Amina Salihi BAYERO
Yusuf Maitama Sule Üniversitesi

Dr. Karligash BAYTANASOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Baurcan BOTAKARAEV
Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi

Dr. Ahmad Sharif FAKHEER
Ürdün Devlet Üniversitesi

Dr. Zehra FIRAT

Doç. Dr. Abbas GHAFARI
Tebriz Üniversitesi

Prof.Dr. Ariz Avaz GOZALOV
Moskova Devlet Üniversitesi

Prof. Dr. Gulzar İBRAGİMOVA
Bakü Avrasya Üniversitesi

Dr. Gültekin GÜRÇAY

Doç. Dr. Dilorom HAMROEVA
Özbekistan Bilimler Akademisi

Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA
K.Zhubanov Aktobe Devlet Bölge Üniversitesi

Dr. Keles Nurmaşulı JAYLIBAY
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Mamatkuli Jurayev
Özbekistan Bilim Akademisi

Dr. Kalemkas KALIBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Bouaraour Kamel
Ghardaia Üniversitesi

Dr. Nadire KANTARCIOĞLU

Prof. Dr. Ergün KOCA
Girne Amerikan Üniversitesi

Prof Dr. Bülent KURTIŞOĞLU
Ardahan Üniversitesi

Dr. Leman KUZU
İstanbul Kültür Üniversitesi

Sonali MALHOTRA
Delhi Balbahtri Academy

Dr. Alia R. MASALİMOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Prof. Muntazir MEHDI
Pakistan Language Academy

Dr. Amanbay MOLDİBAEV
Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ
Munzur Üniversitesi

Dr. Aysulu B. SARSEKENOVA
Orleu Milli Kalkınma Enstitüsü

Dr. Gulşat ŞUGAYEVA
Dosmukhamedov Atyrau Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz KINDAP TEPE
Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Özkan TİMURKAN
Atatürk Üniversitesi

Dr. K.A. TLEUBERGENOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Yıldırım İsmail TOSUN
Şırnak Üniversitesi

Dr. Botagul TURGUNBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

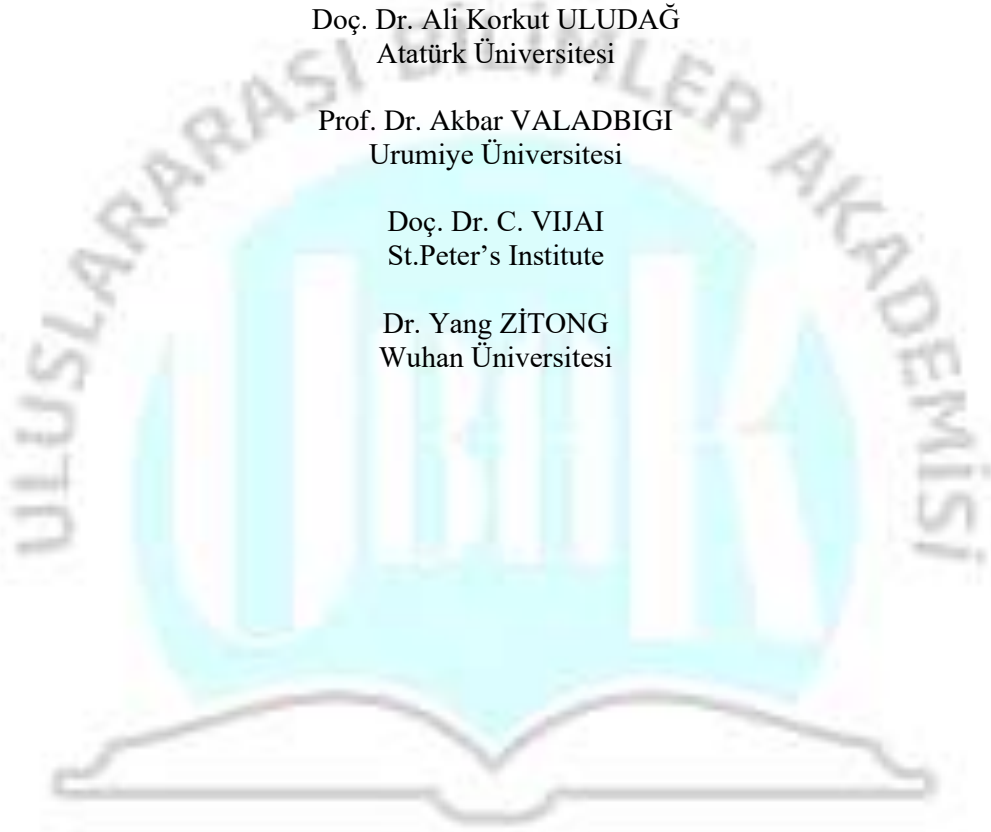
Dr. Dinarakhan TURSUNALIEVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Korkut ULUDAĞ
Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ
Urumiye Üniversitesi

Doç. Dr. C. VIJAI
St.Peter's Institute

Dr. Yang ZITONG
Wuhan Üniversitesi



MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

*MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA*

CONGRESS PROGRAM
Online (with Video Conference) Presentation

Meeting ID: 824 6189 4778
Passcode: 242504



MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “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.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

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.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

exp. H-2, S- 1 NAME SURNAME

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

Cogress Opening Speech		PROF. DR. ERGÜN KOCA
24. 04. 2021		10: 00 – 10:10
24.04.2021	HALL: 1	SESSION: 1
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	10:15 – 12:00 (Turkey Time) 11:15 – 13:00 (Azerbaijan Time)	MODERATOR: ASSOC. PROF. DR. ZENNURE KOSEMAN
Authors	Topic title	
ASSOC. PROF. DR. ZENNURE KOSEMAN	Edgar Allan Poe’s “The Masque Of The Red Death” Reawakens In The Contemporary Process	
HİKMƏT RZAZADƏ	The Old Printed Persian Books Dealing With Nasreddin Shah Gajar And Muzaffaraddin Shah Gajar’s European Visits	
AHMET ÇELİK	93 Harbi Sonrası Kıbrıs’ın İngiltere’ye Devrinin Dönemin Rus Basınındaki Yansımaları	
DR. ÖĞR. ÜYESİ CAHİT TAŞDEMİR	Köy Ortaokullarında Görev Yapan Matematik Öğretmenlerinin Sorunları	
BERNA CİVALIOĞLU SEVİNDİK PROF. DR. YAKUP ÇELİK	Hasan Ali Toptaş’ın “Bir Gülüşün Kimliği” Adlı Hikâye Kitabı Üzerine Bir Değerlendirme	
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÇİĞDEM TANYEL BAŞAR	Uygulamalı Tasarım Derslerinin Uzaktan Eğitimle Yürütülmesine İlişkin Görüşler	
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZNUR IŞIR		
DOÇ. DR. SAMİ KILINÇLI	Yüce Allah İle Sürekli İlişki Ve Yakınlığın Yolu Olarak Her An Allah’ı Zikretmek	
DOÇ. DR. SAMİ KILINÇLI	Rûm Sûresi 1-10. Âyetler Bağlamında Hayatın Zâhir Ve Bâtınını Düşünmek	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

24.04.2021	HALL: 2	SESSION: 1
Meeting ID: 824 6189 4778	Passcode: 242504	
	10:15 - 12:00 (Turkey Time) 11:15 - 13:00 (AzerbaijanTime)	MODERATOR: PROF. DR. ERGÜN KOCA
Authors	Topic title	
EBRU AKKUYU	Sosyoloji Ve Tarih Bölümleri Üzerinden Karşılaştırmalı Bölüm Seçimleri Ve Mesleki Kaygı	
EBRU AKKUYU	Türk Kimliği Yaratımında Halkevleri Ve Dergileri: Elaziz- Altan Dergisi	
PROF. DR. REŞİD CABBAROV	Müasir Dövrədə Örgencilerde Sosyo-Kültürel Değerlerin Oluşumunun Psixolojik Problemleri	
DR. ÖĞR. ÜYESİ CELAL MURAT KANDEMİR	Eğitsel Robotik İçin Acil Durum Uzak Laboratuvar Mimarisi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ CELAL MURAT KANDEMİR	Eğitsel Veri Yönetiminde Blokzincir	
DR.ÖĞRENCİSİ MUSTAFA KEMAL HAYTA	Nurettin Topçu'da Batı Ve Modernleşme Algısı	
PROF. DR. ERGÜN KOCA	KKTC'de Altı İlçenin, Kentsel Kimlik Göstergeleri Olarak Kullanılan Logoların Göstergibilimsel Çözümlemesi	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

24.04.2021		HALL: 3	SESSION: 1
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504	
	10:15 - 12:00 (Turkey Time) 11:15 - 13:00 (Azerbaijan Time)	MODERATOR: DR. Nadire KANTARCIOĞLU	
Authors	Topic title		
DR. ÖĞR. ÜYESİ CEYDA SANCAKLI USTA	Gebelikte Tespit Edilen Koroid Pleksus Kistinin Önemi Ve Gebelik Sonuçlarıyla İlişkisi		
DR. ÖĞR. ÜYESİ DENİZ GENÇ DR. ÖĞR. ÜYESİ Serhat SEZGİN	Dental Folikül, Dental Pulpa ve Gingiva Mezenkimal Kök Hücrelerden İzole Edilen Eksozomların Meme Kanseri Hücre Hattında Apoptotik Yolaklar Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırılması		
AYŞIN ZÜLFİKAROĞLU ERSİN İŞLER EMINE ÇELİKOĞLU UMUT ÇELİKOĞLU ÖNDER İDİL NECMİ DEGE	New Pd(II) Complex Based On Hydrazone Ligand Bearing An Oxime Moiety: Structural, Spectral, DNA Cleavage And DFT Studies		
RANA HAJIYEVA ALAKBAR HAJIZADA	ИССЛЕДОВАНИЕ В СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ		
DR. DİDEM DERELİ AKDENİZ DR. ŞEYDA KAYHAN ÖMEROĞLU	Tip 2 Diabetik Hastalarda COVID-19 enfeksiyonu sırasında Diabetik Ketoasidoz Gelişimi : Vaka serisi		
DR. ÖĞR. GÖR. SÜLEYMAN KILINÇ DOÇ DR. MURAT TAŞKIN	Ratlarda Deneysel Omurilik Travmasına Dimetil Sülfoksidin (DMSO) Topikal Uygulanmasının Tedavi Değeri		

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

24.04.2021	HALL: 1	SESSION: 2
Meeting ID: 824 6189 4778	Passcode: 242504	
	14:00 – 16:00 (Turkey Time) 12:00 -14:00 (Nigeria Time)	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ DUYGU FINDIK-COŞKUNÇAY
Authors	Topic title	
DR. ÖĞR. ÜYESİ DUYGU FINDIK- COŞKUNÇAY	Bilgisayar Destekli İşbirlikçi Ortamlarda Etkileşim Kalitesinin Değerlendirilmesi	
YL ÖĞR. FEYZA HANGÜL ARŞ. GÖR. SERAP KALFAOĞLU PROF. DR. TAHİR AKGEMCİ	Yeşil Yaklaşımlar Işığında İşletmelerin Çevresel Sürdürülebilirlik Anlayışları	
MURAT HOŞGÖR	Perakendecilik Sektöründe Omni-Kanal Pazarlamanın Tekrar Satın Alma Üzerine Etkileri	
ABDULGAFFAR MUHAMMAD ABUBAKAR MUSA UMAR HAMISU DR. ABBAS HAMISU ABDULLAHI TANKO UMARU NWAHA ABDULLAHI ONİMİSİ MUNIRAT TIJJANI MUSA ZAINAB SANI SAMBO MUSA ADEBAYO NURU BUSHRA IBRAHİM SHEHU ABDULKARİM YAKASAI BİLKİSÜ ABDULMUMİN	New Public Management Model And Its Application As A Sustainable Model For Public Sector Management	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

PROF. DR. ALI ŐAHIN PROF. DR. HÜSNÜ SERDAR ÖĖE DR. ÖĞR. ÜYESİ YASIN TAŐPINAR	Belediye BaŐkanının Yönetim Tarzı Ve Yerel Hizmet Memnuniyeti İlişkisi: AkŐehir Örneği
ALİ TATAR	Bilinçli Tüketicilik Eğilimi ve Tüketici Haklarına Yönelik Farkındalık
YL ÖĞR. KEVSER AKĖÜL DR. ÖĞR. ÜYESİ ÇETİN KAPLAN	Kamu Yönetiminde Etik Dışı Davranışlar Ve Etik Denetimi Unsurları

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

24.04.2021	HALL: 2	SESSION: 2
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	14:00- 16:00 (Turkey Time)	MODERATOR: DOÇ DR. KENAN ERDAĞI
Authors		Topic title
ALİ YASİN KAFES		İkinci Kuşak Aile Terapileri
MİHALİS KUYUCU		Z Kuşağının Bakış Açısından Medya Tüketim İlişkisi
ESMA AKÇİL DR. ÖĞR. ÜYESİ SERAP DEMİRİZ		Annelerin Çocukların Eleştirel Düşünme Becerilerine Yönelik Görüşleri
DR. ÖĞR. ÜYESİ Umut TÜRK		Mobility During COVID-19 in Turkey
YL ÖĞR. EMRAH ARSLAN ARŞ. GÖR. SERAP KALFAOĞLU PROF. DR. TAHİR AKGEMCİ		Yengeç Sepeti Sendromu'na Teorik Bir Bakış
EMİN GİTMEZ		Yerelde Kamusal Destekler: Kosgeb Ve Kalkınma Ajansı Destekleri Üzerinden Bir Karşılaştırma
EMİN GİTMEZ		Türkiye'nin Mevcut Sosyal Yardım Sisteminin İşleyişine İlişkin Alternatif Öneriler
FATMA YILDIRIM PROF. DR. HASAN GÜL		Yengeç Sepeti Sendromunda Duygusal Zekânın Etkisi
DOÇ DR. KENAN ERDAĞI		Halter Sporcularında Rectus Femoris Ve Sartorius Kas Kesit Yüzey Alanlarının Araştırılması
DOÇ DR. KENAN ERDAĞI		Elit Halter Sporcularında Piriformis Kas Kesit Yüzey Alanlarının İncelenmesi

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

24.04.2021	HALL: 3	SESSION: 2
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	14:00 – 16:00 (Turkey Time)	MODERATOR: DOÇ. DR. AHMET AKTAŞ
Authors	Topic title	
ADEM ÇAYIROĞLU DOÇ DR. KEMAL ERMiŞ	İş Makinalarında Hidrolik Sistemde Kullanılan Yağ Kirlilik Analizi	
KIYMET TABAK KIZGIN SELCUK ALP	Analyzing Changing Consumer Behaviors in Apparel Industry With from Machine Learning Methods: Clustering, Classification and Forecasting	
ABDULLAH IŞIK DOÇ. DR. AHMET AKTAŞ	Güneş Panelleri İçin İnternet Üzerinden Maksimum Güç Noktası Doğruluğunu İzleyen Sistem Tasarımı	
MUSTAFA AÇANGÜL FATMA DOĞAN TUĞÇE YAĞCI ADEM KORKMAZ	Raylı Sistemlerde Kullanılmak Üzere Yanmaz Özellikli Bağlantı Kelepçesinin Tasarımı Ve Üretimi	
HAŞMET ÇAĞRI SEZGEN MUSTAFA TINKIR	Torsional Natural Frequency Analysis Of A Cranktrain System Using Holzer And Finite Element Method	
HAŞMET ÇAĞRI SEZGEN MUSTAFA TINKIR	Torsional Natural Frequency Analysis Of Torsional Vibration Damper Using Numerical And Modal Test Approaches	
ABDULLAH ÖZKAN AHMET SAYGIN ÖĞÜLMÜŞ MUSTAFA TINKIR	Structural Analysis Of Expanded Metal Press Body And Mechanism	
AHMET SAYGIN ÖĞÜLMÜŞ ABDULLAH ÖZKAN MUSTAFA TINKIR	Kinematic Analysis Of A Seven Degree Of Freedom Mechanism	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021	HALL: 1	SESSION:1
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	10:00 – 12:00 (Turkey Time)	MODERATOR: DOÇ. DR. SAMİ KILINÇLI
Authors	Topic title	
DR. ÖĞR. ÜYESİ PELİN ÇELİK	Blockchain 50 Listesindeki Şirketlerin Topsıs Yöntemi İle Değerlendirilmesi	
BÜŞRA ÖNDER	Türkiye Politikalarında Doğu Akdeniz'in Önemi	
AYŞE PINAR KULAKLI	Ar-Ge Harcamalarının Firma Karlılığı Üzerindeki Etkisi	
DOÇ. DR. SAMİ KILINÇLI	Yüce Allah İle Sürekli İlişki Ve Yakınlığın Yolu Olarak Her An Allah'ı Zikretmek	
DOÇ. DR. SAMİ KILINÇLI	Rûm Sûresi 1-10. Âyetler Bağlamında Hayatın Zâhir Ve Bâtınını Düşünmek	
DR. HAVİN ÖNER GÖREN	“Kamu” Kavramında Dönüşüm: Dönüşen Kamu Hizmeti Anlayışı	
DR. HAVİN ÖNER GÖREN	Yolsuzluk Ve Etik Üzerine Bir İnceleme: ABD Örneği	
ÖĞR. GÖR. DR. İSA KILIÇ DR. ÖĞR. ÜYESİ SERVET ÖNAL	Uluslararası Ticaret İşletmelerinde Muhasebe Birliğinin Sağlanması	
DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞABAN ERTEKİN	Türkiye'de İşsizlik İle Enflasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisinin Analizi	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021	HALL: 2	SESSION:1
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	10:00 – 12:00 (Turkey Time) 13:00 -15:00 (Kyrgyzstan Time)	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ S. ÇİĞDEM KOÇAK
Authors	Topic title	
SEMİH KILIÇ PROF. DR. NÜZHET KAHRAMAN	Coğrafi İşaretli Ürünlerin Restoran Mutfaklarında Kullanımına Yönelik Bir Çalışma: İstanbul Örneği	
DR. ÖĞR. ÜYESİ OSMAN ÖZDEMİR ARŞ. GÖR. KADİR ÖZDEMİR	Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Yönelik Reklamların Müşteri Memnuniyetine Etkisi: Ege Bölgesi'nde Bir Uygulama	
DR. ÖĞR. ÜYESİ S. ÇİĞDEM KOÇAK	Günümüz Modasında Askeri Üniformalar, Askeri Tekstiller Ve Sürdürülebilirlik	
AMANBEK MURZAKMATOV SALTANAT BOYTOEVA	Sensorik: Duyu Ve Sezgi Aracılığıyla Gerçekleşen İletişim	
ADEM ALI İREN	Uluslararası İlişkilerde Kaygı Ve Değişim Yönetimi: Salgın Çağında Covid-19	
ADEM ALI İREN SEDA TUNCA	Uluslararası İlişkilerde İnsani Diplomasi Ve Dış Politika	
İHSAN EKEN	Influencerların 14 Şubat Sevgililer Günü Reklamları Üzerine Etkisi	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021	HALL: 3	SESSION:1
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	10:00 – 12:00 (Turkey Time)	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ŞAHİN
Authors	Topic title	
DR.ÖĞR.ÜYESİ DİLEK ÇANAKÇI	Synthesis and Characterization Of Novel Sol-Gel Derived B, Cu, Zn-Containing Tricalcium Phosphate	
ABDÜLKERİM PEKİN	Bej Mermer Plakaları Seleksiyonunun Yüzey Desenine Göre Yapılabilirliği	
ASSIST. PROF. DR. AHMET TUMBUL	Structure And Morphological Properties Of Boron Doped TiO ₂ For Energy Storage Applications	
ERCÜMENT ÜNAL PROF. DR. ŞADUMAN ŞEN	Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle CrN Kaplanmış AISI D2 Takım Çeliğinin Yüzey Özellikleri	
ERCÜMENT ÜNAL PROF. DR. ŞADUMAN ŞEN	Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle CrC Kaplanmış AISI D2 Takım Çeliğinin Yüzey Özellikleri	
ZAFER MAŞLAKCI	C ₃ H ₆ O-NH ₃ ve HCOOH-NH ₃ Hidrojen Bağlı Kümelerin Etkileşimlerinin İncelenmesi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ŞAHİN	Farklı Bağlayıcılar İle Üretilen Kenevir Betonunun Bazı Özelliklerinin Araştırılması	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021		HALL: 1	SESSION:2
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504	
	14: 00 - 16: 00 (Turkey Time)	MODERATOR: DR. FATİH GÜLER	
Authors	Topic title		
DR. FATİH GÜLER	Siyasi Partiler Hukukuna Özgü Suç Ve Cezaların Teorik Ve Pratik Sonuçları İle İlgili Eleştirel Yaklaşım		
NAZLI HİLAL ÇELİK	Taşınmaz Malikinın Komşu Taşınmaz Malikine Karşı İnşaattan Doğan Sorumluluğu		
DR. BİLAL ÖZEL	Is Shareholding Of Joint Stock Company Subject To The Statue Of Limitation?		
DR. BİLAL ÖZEL	Consumer's Obligation Of Paying Fee Issue Under Mediation Of Litigation Requirement In Consumer Disputes		
MUHAMMED EŞME	Ceza Muhakemesinde Şüphe Türleri Ve İspat Yüğü		
ALİ PENDİK	TCK'da Hata Halleri		
K.R.PADMA	RESEARCH ARTICLE WRITING HAS HIGH QUALITY IMPACT FACTOR		

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021	HALL: 2	SESSION:2
Meeting ID: 824 6189 4778	Passcod: 242504	
	14:00 – 16: 00 (Turkey Time) 16:00 – 18:00 (Turkmenistan Time)	MODERATOR: DOÇ. DR. EMİNE GUL CANSU ERGUN
Authors	Topic title	
DOÇ. DR. EMİNE GUL CANSU ERGUN	Electro-Synthesis And Characterization Of A Neutral State Green Electrochromic Polymer	
SEVİM SÖKMEN FATİH ÖZKAN ALKURT MUHARREM KARAASLAN	Flexible Patch Antenna Design by Using Paper in Dielectric Substrate	
SERDAR ERDOĞAN PROF. DR. COŞKU KASNAKOĞLU	Medium Range Air Defence Missile Modeling And Linear Parametric Variable Control	
OGULJEREN HAJIEVA	Художественные традиции в народной архитектуре Туркменистана	
DOÇ.DR. VAROL KOÇ	Hafif Çelik Sistemlerde Dikme, Kiriş Ve Döşeme Oluşturma Çalışmalarının İncelenmesi	
DOÇ.DR. VAROL KOÇ	Taşıyıcı Sistem Tasarım Hatalarına Dair Bir Saha İncelemesi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ ŞULE TATAR YOLCULAR YÜK. MÜH. MEHMET NEDİM SAĞLAM	Atıksu Arıtma Tesisi Azot Ve Fosfor Giderim Verimi-Kızıltepe Örneği	
DR. ZEYNEB KILIÇ	Küresel İklim Değişikliğinin Barajlar Üzerindeki Etkileri	
DR. ZEYNEB KILIÇ	Anadolu'daki Bazı Tarihi Su Yapıları ve Su Bilinci	

MEDITERRANEAN SUMMIT
4th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
4th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
APRIL 24- 25, 2021
KYRENIA

25.04.2021	HALL: 3	SESSION: 2
Meeting ID: 824 6189 4778		Passcode: 242504
	14:00 – 16: 00 (Turkey Time)	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKHAN ARSLAN
Authors	Topic title	
MEHMET DAYI SERDAR DİNÇ	Identification of Receptor Genes in Insect	
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÖKHAN ARSLAN	Balık Yemlerinde Kullanılan Katkı Maddeleri	
ALPER KOÇYİĞİT SALİH NARLIÇAY	Sulandırıcı Şeker İçeriğinin Kangal Köpeği Spermalarının Dondurulmasına Etkisi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ İBRAHİM ALTUN	İmitasyon Peynir: Tofu	
ÖĞR. GÖR. DR. ÇAĞLA ÖZBEK ÖĞR. GÖR. BAŞAK ÖNCEL	Traditional Product: Zahter	
LECTURER BAŞAK ÖNCEL LECTURER DR. ÇAĞLA ÖZBEK	The Effects Of Different Drying Methods On Drying Efficiency In BAY (Laurus Nobilis L.) Leaves	
DR. ÖĞR. ÜYESİ H. CEM GÜLER	Etlik Piliç Embriyolarında Termotoleransın İyileştirilmesi	

CONTENT

CONGRESS ID	
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	
PROGRAM	
CONTENT	
FULL TEXTS OF ORAL PRESENTED PAPERS	
Adem Çayıroğlu & Kemal Ermiş	
İŞ MAKİNELERİNDE HİDROLİK SİSTEMDE KULLANILAN YAĞ KİRLİLİK ANALİZİ	1
Abdullah IŞIK & Ahmet AKTAŞ	
GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN İNTERNET ÜZERİNDEN MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI DOĞRULUĞUNU İZLEYEN SİSTEM TASARIMI	8
Mustafa AÇANGÜL & Fatma DOĞAN & Tuğçe YAĞCI & Adem KORKMAZ	
RAYLI SİSTEMLERDE KULLANILMAK ÜZERE YANMAZ ÖZELLİKLİ BAĞLANTI KELEPÇESİNİN TASARIMI ve ÜRETİMİ	17
Haşmet Çağrı SEZGEN & Mustafa TINKIR	
TORSIONAL NATURAL FREQUENCY ANALYSIS OF TORSIONAL VIBRATION DAMPER USING NUMERICAL AND MODAL TEST APPROACHES	24
Haşmet Çağrı SEZGEN & Mustafa TINKIR	
TORSIONAL NATURAL FREQUENCY ANALYSIS OF A CRANKTRAIN SYSTEM USING HOLZER AND FINITE ELEMENT METHOD	35
Abdullah ÖZKAN & Ahmet Saygın ÖĞÜLMÜŞ & Mustafa TINKIR	
STRUCTURAL ANALYSIS OF EXPANDED METAL PRESS BODY AND MECHANISM	43
Dilek ÇANAKÇI	
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NOVEL SOL-GEL DERIVED B, CU, ZN-CONTAINING TRICALCIUM PHOSPHATE	53
Abdülkerim Pekin	
BEJ MERMER PLAKALARI SELEKSİYONUNUN YÜZEY DESENİNE GÖRE YAPILABİLİRLİĞİ	64
Ercüment ÜNAL & Şaduman ŞEN	
TERMOREAKTİF DİFÜZYON YÖNTEMİYLE C ₇ C KAPLANMIŞ AISI D2 TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ	73
Ercüment ÜNAL & Şaduman ŞEN	
TERMOREAKTİF DİFÜZYON YÖNTEMİYLE C ₇ N KAPLANMIŞ AISI D2 TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ	80
Sevim SÖKMEN & Fatih Özkan ALKURT & Muharrem KARAASLAN	
FLEXIBLE PATCH ANTENNA DESIGN BY USING PAPER IN DIELECTRIC SUBSTRATE	89
Serdar ERDOĞAN & Coşku KASNAKOĞLU	
MEDIUM RANGE AIR DEFENCE MISSILE MODELİNG AND LINEAR PARAMETRIC VARIABLE CONTROL	94
Varol KOÇ	
TAŞIYICI SİSTEM TASARIM HATALARINA DAİR BİR SAHA İNCELEMESİ	105
Varol KOÇ	
HAFİF ÇELİK SİSTEMLERDE DİKME, KİRİŞ VE DÖŞEME OLUŞTURMA ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ	114

Şule TATAR YOLCULAR & Mehmet Nedim SAĞLAM	
ATIKSU ARITMA TESİSİ AZOT VE FOSFOR GİDERİM VERİMİ-KIZILTEPE ÖRNEĞİ	129
Gökhan ARSLAN	
BALIK YEMLERİNDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ	137
Başak ÖNCEL & Çağla ÖZBEK	
THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING METHODS ON DRYING EFFICIENCY IN BAY (<i>LAURUS NOBILIS L.</i>) LEAVES	144
Çağla ÖZBEK& Başak ÖNCEL	
A TRADITIONAL PRODUCT: ZAHTER	151
Ahmet Saygın ÖĞÜLMÜŞ & Abdullah ÖZKAN & Mustafa TINKIR	
KINEMATIC ANALYSIS OF A SEVEN DEGREE OF FREEDOM MECHANISM	160



İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK SİSTEMDE KULLANILAN YAĞIN KİRLİLİK ANALİZİ

Adem ÇAYIROĞLU¹, Doç. Dr. Kemal Ermiş²

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi <https://orcid.org/0000-0001-6523-7701>

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0003-3110-2731>

ÖZET

İş makinelerinin hidrolik sistemlerinde kullanılan yağın hidrolik sistemlerin ömründe ve verimliliğinde önemli bir etkisi vardır. Hidrolik yağın ömrünü ve verimliliğini arttırmak için yağ analizleri, bakım masrafları ve zaman kaybını önlemek için kullanılan ve uygulanmakta olan bir koruyucu bakım programıdır. Koruyucu bir bakım programının başarısı, kullanıcıya getirdiği maddi kazançla ölçülebilir. Yağ analizlerinin uygulaması ucuz, çabuk ve kolay olduğu gibi, aynı zamanda çok önemli tasarruf sağlayabilmektedir. Yağ analizi uygulaması, kullanılan orijinal yağ ve filtrelerinin yüksek performans özellikleri ile birleştiğinde iş makineleri için mümkün olabilecek en iyi bakım programının temellerini oluşturur. Yağ analizi, tıpkı bir kan tahlili gibi, makine ve hidrolik içinde neler olduğunu görmenin en hızlı, en kesin ve en güvenilir yoludur. Böylece büyük arızalar oluşmadan erken uyarı yapılabilmektedir. Bu çalışmada iş makinelerinde kullanılan hidrolik yağın analizi yapılmıştır. Hidrolik yağ kullanımı sırasında içerisinde bulunabilecek bakır, demir, kirleticiler, viskozite, su içeriği ve metal içeriklerini gibi hidrolik sistemlerin pistonlarının ve iç yapısını aşındıran maddeler incelenmiştir. Bu aşındırıcılar ve yağ özelliklerini bozan maddeler özellikleri ve yapısal olarak hidrolik sistem içinde etkileri iş makinasının farklı çalışma saatlerine göre detaylı incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada ekipman üretkenliğinin artırılması, bakım maliyetlerinin azaltılması, ekipman ömrünün artırılması gibi faydalar elde edilmiştir. . Bu kazanımların yanında sistemlerde kullanılan yağ miktarı önemli oranda azaltılabilmektedir. Sistemde toplamda daha az yağ kullanılmış ve atık yağı geri kazanmak için yapılan çalışmalarla doğaya bırakılan zararlı madde miktarında da önemli oranda azalma sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş makinası, Hidrolik yağ, Yağ analizi, Çalışma ömrü

1. GİRİŞ

Kullanılmış yağların analizindeki ilk aşama, 1940'ların başına kadar uzanmaktadır ve günümüzde halen, Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki demiryolu şirketleri tarafından petrol analizi yapılmaktadır. Yeni lokomotifler satın alırken, teknisyenler basit spektrografik ekipman kullandılar ve lokomotif motorundaki yağ seviyesini izlemek için fiziksel testler yaptılar. Buharlı lokomotifler yerine dizel lokomotifler kullanıldığında, demiryolu şirketleri düzenli olarak yağ analiz tekniklerini kullanıyordu. 1980'lerde birçok Kuzey Amerika demiryolu şirketinin servetine dayanan bakım programlarının temelini bu analizler yer almaktadır. ABD Donanması, 1950'lerin ortalarında uçaklarındaki jet motorlarını izlemek için spektrometrik teknikleri benimsemiş ve Rolls Royce aynı zamanda jet türbinlerini izlemek için yağ analizlilerine bir takım deneyler de uygulamıştır.

Bu yöntemin işe yaradığının en büyük delili yağ analizi teknolojisinin yıllardır yapıyor olmasıdır ama buna rağmen titreşim yaklaşımı da kullanılmalıdır. Titreşim analizi birçok endüstri kolunda koşul izlemenin temel teşhis tekniği olarak kalmıştır. Buradaki problem birçok koşul izleme takımının yağ analizinin gücünden habersiz olmasıdır. Ayrıca şirketler yağ analizini yapması için personel ayırmadığı durumlarda bu insanlar durum izleme takımlarında titreşim analizi ile ara yüz oluşturmamıştır. Neticede bu durum negatif eğilim olacak şekilde değişmiştir.

Şirketlerin birçoğu yağ analizini titreşim izlemeye ekleyerek kendi durum izleme programların iyileştirmişlerdir. Bunun gibi birkaç titreşim durum izleme firması yağ analizi cihazı, servisi ve veri yönetimini şirketlerin kullanımına sunmuştur. Bu birleşme ile durum izlemesi yapan kişi ekipmanın çalışma koşulları ile ilgili daha fazla fikir sahibi olabilmekte ve bu yüzden etkili kararlar ve tavsiyeler için daha iyi bir konumda olmaktadır.

Yapılacak analizlerle yağın hizmete devam edip edemeyeceğine de yağın niteliklerinin tanımlanmasından sonra karar verilebilecektir. Ülkemizde, örneğin Almanya ile karşılaştırıldığında aynı amaç için gereğinin neredeyse 4 katı yağ kullanılmaktadır. Bunun nedeni, kullanıcı yağın gerçek durumu hakkında –parmakla hiç geçerli olmayan bir muayene dışında- bilgi sahibi olmadığı için risk almak yerine yağa harcadığı onca paraya, sarf gideri adını vererek çoğu işletmede bu konuyu gündeminden kaldırmıştır.

Bu bildiride, yağ analizi ve makina ömrü ve arızaların önlenmesi ve sürekli periyotlarda yaptırılan detaylı hidrolik yağı analizi verilmiştir.(1)

2. YAĞ ANALİZ YÖNTEMİ

Yağ analiz programı ilk olarak ABD Kara, Hava ve Deniz Kuvvetlerinde uygulamaya konulmuş ve ayrı olarak yürütülen yağ analiz programlarının birleştirip tek merkezden idare etmeyi amaçlayan bir programdır. Yağ analizleri ile aşınma ürünleri incelenerek kalıcı hasar oluşmadan koruyucu önlem alınabilir veya kullanılan yağın motor üreticisi tarafından saptanan yağ değişim periyodundan daha uzun süre ile kullanılması mümkün olur (2).

Dizel motorların kullanım ömürleri, bakımları ve yağ değiştirme zamanları firma tarafından belirlenmektedir. İncelenen dizel motorda her 250 saatte bir yağ değişimi yapılmakta ve bakım setleri her 250,500,1000, 2000 ve 6000 saatte bir kullanılmaktadır. Yağ değişim periyodunun bakım saatinin uzatılması ile hem yağ değişimi geç yapılarak, hem de bakım setlerini daha az miktarda kullanarak tasarruf yapılabilmektedir (3) .

Yağ analizinin faydaları; donanım ömrünü uzatmak, yağ değişim aralıklarını uzatmak, yağın durumu hakkında bilgi sahibi olmak, bakım masraflarını düşürmek, aşınma eğilimini ölçmek, uygun bakım aralıklarını tespit etmek, yedek parça envanterini azaltmak, donanım yenileme maliyetini düşürmek, onarım programlanmasını düzenlemektir. (4)

2.1 Yağ Analiz Yöntemiyle İnceleme

Makinelerde kestirici bakım ilkelerine dayanarak yağ ve aşınmış parçacık analizi ile yeterince bakım ve en az arıza ile çalıştırılması bilgileri elde edilmektedir. Bu amaçla incelenmesi istenen motor, şanzıman, hidrolik, diferansiyel ve cerlerden yağ numuneleri alınarak belirtilen yöntemlere göre analizler yürütülmektedir (5) Bu analiz işleminin aşamaları:

2.2 Numune Alımı

Numuneler makine durduğunda yağ sıcak iken yağ tankının ortasına kadar inen plastik hortumlar aracılığıyla ve özel numune pompalarına bağlanmış 60 ml.'lik plastik kaplara alınmaktadır. Her numune için makine ve yağ çalışma saatleri, yağın alındığı aksam ve tarih anında işlenmektedir.

Yağ numunesi almada en önemli husus, numuneye yabancı parçacık girişini önlemektir. Çünkü yağ analizi ppm (milyonda parçacık sayısı) düzeyinde yapılmaktadır. Dikkatli ve temiz koşullarda alınmayan yağ numunesinin analiz sonucu gerçek dışı ve yanıltıcı olacaktır.

Örneğin tozlu ortamda, rüzgârlı ortamda, toprak ve kir bulaşmış numune alma kabı ve hortumu ile alınan yağ numunesi içinde fazladan raporlanan parçacıklar yanıltıcı sonuçlara ulaştıracaktır. Tecrübelerle, bu yan etkiler sonucu numune kabının birkaç dakika dahi açık kalması veya numune hortumunun değiştirilmeyip temizlenmemiş numune alma pompasının kullanılması sonucu yağ analizinde farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

2.3 Hidrolik Yağ Numune Alımı

Numuneler makine durduğunda yağ sıcak iken yağ tankının ortasına kadar inen plastik hortumlar aracılığıyla ve özel numune pompalarına bağlanmış 60 ml.'lik plastik kaplara alınmaktadır. Her numune için makine ve yağ çalışma saatleri, yağın alındığı aksam ve tarih anında işlenmektedir. Bu yöntemde; motor yağı: 50, 100, 150, 200 sa, hidrolik yağı: 900, 1400, 1900 sa, şanzıman yağı: 900 sa ve diferansiyel ve cerler yağı: 900 sa sıklıkla örnekler alınır. Yağ numunesi almada en önemli husus, numuneye yabancı parçacık girişini önlemektir. Çünkü yağ analizi ppm (milyonda parçacık sayısı) düzeyinde yapılmaktadır. Dikkatli ve temiz koşullarda alınmayan yağ numunesinin analiz sonucu gerçek dışı ve yanıltıcı olacaktır.

Örneğin tozlu ortamda, rüzgârlı ortamda, toprak ve kir bulaşmış numune alma kabı ve hortumu ile alınan yağ numunesi içinde fazladan raporlanan parçacıklar yanıltıcı sonuçlara ulaştıracaktır. Tecrübelerle, bu yan etkiler sonucu numune kabının birkaç dakika dahi açık kalması veya numune hortumunun değiştirilmeyip temizlenmemiş numune alma pompasının kullanılması sonucu yağ analizinde farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür.

2.3.1 Numune alınırken dikkat edilecek hususlar:

1. Numune çalışma sıcaklığında olmalıdır veya makine stop edildikten sonra en fazla 30 dakika içinde numune alınmalıdır. Böylece alınan numune homojen yapıda olup sistemdeki yağın gerçek performansını gösterecektir.

2. Vakum pompası ile numune alınırken yağ seviyesinin orta noktasından alınacak şekilde ayarlanmalıdır. Hortumun ucu ya haznesinin dibine veya karterin dibine ulaşarak toplanmış birikimler çekilmemelidir. Aksi halde analiz sonucu bulunan parçacık miktarları yanıltıcı olacaktır.

3. Numune kabı temiz ve kuru olmalıdır.

4. Numune alma işlemi biter bitmez numune kabı kapağı hemen sıkıca kapanmalı ve kargo ile gönderim esnasında dökülmemesi için gereken önlemler alınmalıdır.

5. Numune kabı ağzına kadar değil $\frac{3}{4}$ ü kadar doldurulmalıdır.
6. Etiket bilgileri mutlaka tamamen doldurulmalıdır. (marka, model, çalışma saati, tarih v.b.)
7. Numuneler geciktirilmeden analiz için ilgili kuruluşa gönderilmelidir

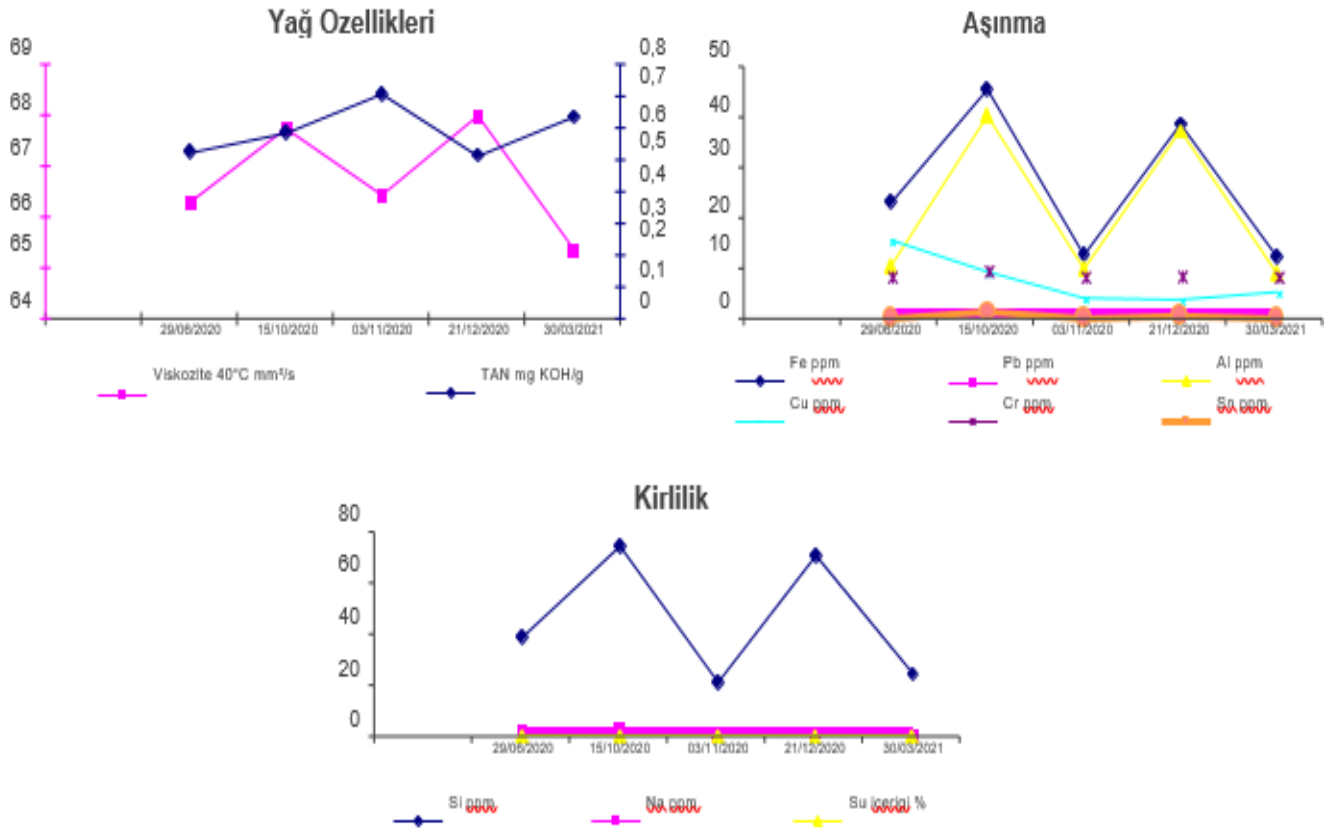
3. Yağ Durum Analizi

Makinaların yağ sistemlerinde, aşınarak oluşmuş ve filtreden geçebilecek kadar küçük mikroskobik metal parçalarının miktarı cihazlarda ölçülerek limit değerlerini aşanlar tespit edilmektedir. Her yağ değişiminde alınan numunelerde çalışmış yağın içinde genel olarak araştırılan elementler şunlardır. Şekil 1’de HMK 220LC ekskavatör için Petrol Ofisi firmasının yapmış olduğu yağ analizinin grafikleri görülmektedir.

Makinanın genel olarak motor, şanzıman, cer, diferansiyel, hidrolik sistem yağları her yağ değişiminde analiz edilerek, yağın içinde bulunan aşırı element miktarları değerlendirilmek suretiyle ortaya çıkmaya hazır arıza belirlenebilir ve problemlili kısım ağır hasara uğramadan önlemi alınabilir. Yağ analizi ile erken uyarı bakım sisteminde tek bir yağ numunesi ile durumun kritik olup olmadığını anlamak mümkündür. Fakat analizler sürekli yapıldığında henüz bu noktaya gelmeden gerekli tedbirlerin alınması sağlanır. Kontrol periyotları makine üreticisi firmaların yağ değişimi için önerdiği zamanlardır. Hidrolik sistemde kullanılan yağ çalışma koşulları (yüksek sıcaklık, yüksek basınç) altında zaman geçtikçe bozulur. El kitabında belirtilen çalışma koşuluna göre belirlenen yağı kullanmaya dikkat edilmelidir. Yağ bozulmamış olsa bile, verilen programa göre yağın değiştirilmesi gerekir. Donanım yağlardan fazlaca etkilenmektedir.

Tablo 1’de HMK220LC ekskavatör iş makinası için Petrol Ofisi firmasının yapmış olduğu analiz görülmektedir.

Numune Numarası	PO554211	PO493325	PO210778	PO490867	PO527912	PO526740	PO484754
Numune Alım Tarihi	29/03/2020	15/05/2020	29/06/2020	15/10/2020	03/11/2020	21/12/2020	30/03/2021
Ekipman Ömrü (OH or PE)							1000
Yağ Ömrü (OH or PE)							200
Durum							
Görünüm	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLOUDY	CLEAR	CLOUDY	CLEAR
TAN							
TAN mg KOH/g	0.29	0.50	0.52	0.58	0.70	0.51	0.63
Viskozite 40 °C							
Viskozite 40 °C mm ² /s	60.25	61.70	66.25	67.70	66.39	67.95	65.32
Su içeriği							
Su içeriği %	0	0.06	0	0.06	0.00	0.06	0.00
Metaller							
Baryum (Ba) ppm	0.00	0.99	0.00	0.99	0.00	0.00	0
Silisyum (Si) ppm	28.99	34.40	38.99	74.40	21.49	70.80	24.51
Sodyum (Na) ppm	0.76	1.16	1.76	3.16	0.01	1.53	0
Aluminyum (Al) ppm	0.31	8.95	10.31	39.95	9.78	37.06	8.85
Krom (Cr) ppm	0.01	1.10	0.01	1.10	0.00	0.13	0
Bakır (Cu) ppm	1.24	0.01	15.24	9.01	3.83	3.50	5.02
Demir (Fe) ppm	2.88	5.23	22.88	45.23	12.60	38.40	12.26
Kursun (Pb) ppm	0.09	0.11	0.36	1.21	0.00	0.48	0
Nikel (Ni) ppm	0.02	1.01	1.05	1.07	1.00	2.25	0
Gümüş (Ag) ppm	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0
Kalay (Sn) ppm	0.09	1.22	1.36	1.92	2.04	2.44	0
Titanyum (Ti) ppm	0.36	1.85	1.28	2.85	2.06	2.16	0.29
Vanadyum (V) ppm	0.10	0.45	0.79	0.95	1.01	1.21	0
Partikül sayımı ISO4406	24/21/14	25/23/16	24/22/16	25/23/16	24/21/14	24/23/13	24/23/14



3.1 Partikül Kirliliği

Sistemde çok ciddi tahribatlara neden olan partiküllerin büyüklüğü mikrometre ölçüsündedir. Akışkan sistemlerde katı partiküller boyut, şekil, form ve miktarı değiş-kendir. Hidrolik sistemlerde en çok zarar veren kirlenici boyutları 6 ve 14 mikron arasında olup, çıplak gözle görülemezler.

3.2 Su Kirliliği

- Serbest Su
- Çözünmüş Su

Soldaki: 1000 ppm (.10%) - Sağdaki: 300 ppm (.03%)



Çözünmüş su, komponent arızalarına ve yağ ömrünün azalmasına sebep olan oksidasyonun artmasına ve yağın özelliklerini kaybetmesine neden olur. Serbest su, sistemde çıplak gözle görülmekte olup, aşınmanın artmasını ve dolayısıyla korozyon riskini artırır.(6)

4.Yağ Analizinde Aşınma Limitlerinin Değerlendirilmesi

Bir kısım makine imalatçıları ürettikleri makinelerinin parçalarına aşınma limiti tayin eder. Ancak bu limitler genel anlamda verilir ve makine ömrü ile ilişkili değildir. Yine yağ numunesindeki kirlilik değerlerini belirlemek için birçok bileşen bulunmaktadır. Örneğin 0 ila 50 arası değer normal, 50 ila 100 arası değer problem göstergesi ve 100 den fazlası ciddi durum göstergesi olarak değerlendirilir. Ancak 49 ya da 51 değerleri diğer bileşenlerle birlikte yorumlanır.

Üretici tarafından belirlenen aşınma limitleri tablolarında bulunan değerler araştırma ve test sonuçlarına göre belirlenir. Burada verilen değerler gösterge olarak alınmalıdır ve kesin çizgiler ya da standart değerler olarak görülmemelidir. Makinedeki ortalama değerlerle ve farklı ortamlarda farklı çalışma sonuçları alınacaktır. Örneğin aynı makine Afrika'da veya Kuzey Amerika'da farklılıklar sergileyecektir. Ya da Japonya'da çalışan aynı makine Avrupa'da farklı değerlerle çalışacaktır.

Yağ numunesindeki aşınma elementlerinin bağlı olduğu etkenler:

Ekipmanın tipine, ortam şartlarına, yapılan işin cinsine, operatörün tecrübe ve yeteneğine, yağın çalışma süresine, Yağ sarfiyatına bağlı olarak değişecektir.

Bütün bu etkenler hem bağımsız hemde birbirlerine bağlıdır. Yağın veya makinenin durumunu değerlendirirken hepsini göz önüne almak gerekir. Aşınma limitleri belirlenirken sağlıklı bir ölçüm ve değerlendirme yapabilmek için en az üç yağ analizi yapılmalıdır. Bir tek analize göre yorumlama yapmak doğru olmaz. (7)

5. Yağ Analizinde Aşağıdaki Faydalar Elde Edilmiştir

- Ekipmanın üretkenliğinin artması: Kestirimci bakımın uygulanması ile beklenmeyen ekipman arızalarından kaynaklanan işletmenin duruş süresinin ortadan kaldırılmasının teorik olarak mümkün olmaktadır.
- İki bakım çalışması arasındaki sürenin uzatılması: Bu bakım felsefesi ihtiyaç duyulduğunda programlanmış bakım çalışmalarına izin veren bilgileri sağlamaktadır.
- Açma, inceleme ve onarım sayılarının en aza indirilmesi, gerekli ise bakım yapılması: Kestirimci bakım arızaların yerini tam olarak tespit eder ve bu sayede tüm olası arızaları araştırma yerine bakım işlerine daha fazla odaklanılır.
- Bakım süresinin iyileştirilmesi: Özel ekipman problemleri ileri seviyede bilindiğinden dolayı bakım işleri programlanabilir. Bu sayede bakım işleri daha hızlı ve daha kolay yapılabilir. Ekipmanlar arıza meydana gelmeden önce durdurulduğundan teorik olarak ikincil bir hasar meydana gelmediğinden onarım süresi düşmektedir.
- Ekipman ömrünün arttırılması: Bakımı iyi yapılmış bir ekipmanın genellikle daha uzun ömürlü olmaktadır.
- Uygun olarak planlanmış bakım için kaynaklar: Ekipman arızalarının tahmin edilmesi arızanın tespit edilme zamanını düşürmektedir. Bu yüzden ayrıca arıza raporu oluşturma süresi, işe personel ayrılması, doğru dokümanların bulunması, gerekli yedek parçaların ve araçların ve onarım için gerekli diğer kalemlerin hemen elde edilmesini sağlar.
- Ürünün kalitesinin iyileştirilmesi: Genellikle iyileştirilmiş bir bakım faaliyetinin genel verimi ürünün kalitesini iyileştirmektedir. Mesela kâğıt ekipmanlarındaki titreşimin kâğıdın kalitesi üzerine doğrudan etkisi bulunmaktadır.
- Bakım maliyetlerinde azalma: Yapılan çalışmalar uygun bir bakım planının gerçekleştirilmesi ile bakım maliyetleri üzerinde doğrudan %20 ~ 25 tasarruf sağlanmasının yanında üretimin iki katına çıktığını göstermektedir(8)

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada iş makinaların işletmelerde yağ analiz yönteminin kullanılması ile malzeme tasarrufu, işçilik maliyeti, işletme verimi gibi oldukça önemli ekonomik katkılar elde edilebilmektedir. Bu kazanımların yanında sistemlerde kullanılan yağ miktarı önemli oranda azaltılabilmektedir. Sistemde toplamda daha az yağ kullanılmış ve atık yağı geri kazanmak için yapılan çalışmalarla doğaya bırakılan zararlı madde miktarında da önemli oranda azalma sağlanmıştır. Bu atıkların yağ olarak veya yakılarak (geri dönüşüm kurallarına uygun olsa da) doğaya bırakılan miktarının azalmasıyla, temiz su kaynaklarının korunmasına ve temiz hava ortamı oluşmasına katkı sağlanabilmektedir. Böylece üretim yapan işletmelerde yapılabilecek yatırımlarla başta çevrenin korunması esas olmak üzere işletme ekonomik açıdan da önemli kazanımlar elde edebilmektedir.

7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma ile, tüm sektörlerde kullanım alanı bulan iş makinelerinin hidrolik sistemlerindeki yağların muayyen zaman aralıklarıyla detaylı biçimde irdelenmesi ile hem işleyen parçaların herhangi bir zarara uğramadan daha uzun süreli ve performansı üst seviyede kullanılması hem de yıllık yağ tüketiminin azaltılması ve böylece çevresel etkinin azaltılması hedeflenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] “ İŞ MAKİNALARINDA YAĞ ANALİZİ VE ÖNEMİ”, Dr. İbrahim H. Çağlayan, Mühendis ve Makina Dergisi İş Makinaları Sempozyumu ve Sergisi - 2003
- [2] NAVAIR, Joint Oil Analysis Program Manual Vol 1, 0817LP0292140, 15 March 1999. Barnes M, (2006) Wear Analysis, Oil Analysis and Lubrication Learning Center, Noria Corporation, <http://www.noria.com>.
- [3] Gökalp B, Saraç Hİ, Çelik C. (2007) Yağ Analiz Programı ile Aşınmaya Bağlı Hasar Analizi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı 7 – 9 Kasım 2007
- [4] US NAVY, Joint Oil Analysis Program manual, 1999
- [5] Aytaş O. (2009) Yağ Analiz Yöntemiyle Yapılan Kestirimci Bakımda Motor Arızalarının Tespiti, Y. Lisans Tezi, CBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- [6] *Parker Hannifin Merkez ve Doğu Avrupa Satış Şirketi BEFE Divizyonu Satış Yöneticisi Nazan Hiçbezmez- İstanbul 2010*
- [7] M. Gündüz Ateş İMMB - Sayı: Ağustos-İstanbul 2010
- [8] SHEFFER C, GIRDHAR P, Çeviren: KES Ataman, Ekipmanlarda Pratik Titreşim Analizi ve Kestirimci Bakım 2008

GÜNEŞ PANELLERİ İÇİN İNTERNET ÜZERİNDEN MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI DOĞRULUĞUNU İZLEYEN SİSTEM TASARIMI

Abdullah IŞIK ¹, Doç. Dr. Ahmet AKTAŞ ²

¹ Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 0000-0002-6091-0343

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, 0000-0003-1027-1579

ÖZET

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş panelleri enerji arayış konusunda en popüler ve kolay erişilebilir kaynak çeşididir. Güneş panellerinden yüksek verim alınması için maksimum güç noktalarında çalıştırılması gerekmektedir. Maksimum güç noktası takibi güneş panel gerilim ve akım değerlerinin sürekli olarak izlenip kontrol edilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, güneş panellerinin sürekli olarak maksimum güç noktasında çalıştığını izlemek ve güç verilerini kayıt altında tutmak için internet üzerinden izlenebilir bir sistem tasarlanmıştır. Güneş panelinden ölçülen akım, gerilim ve ışınım değerine bağlı olarak geliştirilen denklem ile güneş panelinin maksimum güç noktasında ne ölçüde çalıştığını tespit edilmektedir. Geliştirilen bu denklem ESP32-SIM800L kontrol kartında çalıştırılmaktadır. Kontrol kartı üzerindeki SIM kart ile tarih-zaman bilgisiyle kayıt altına alınan verileri internet aracılığı ile web sayfasına göndermektedir. Böylece güneş sisteminin bütün verileri uzaktan izlenmesi gerçekleştirilmektedir. 20 W gücünde mono kristal güneş paneli ile farklı çalışma koşulları deneysel olarak test edilmiş ve sonuçları bu çalışmada verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji, Güneş Paneli, Maksimum Güç Noktası Takibi, İnternet.

SYSTEM DESIGN FOR SOLAR PANELS MONITORING MAXIMUM POWER POINT ACCURACY OVER THE INTERNET

ABSTRACT

Solar panels are the most popular and easily accessible type of energy search in the renewable energy sources. In order to get high efficiency from solar panels, it must be operated at maximum power points. Maximum power point tracking is possible by continuously monitoring and controlling the solar panel voltage and current values. In this study, a system that can be monitored over the internet has been designed to monitor the solar panels running at their maximum power point and to record the power data. With the equation developed depending on the current, voltage and irradiation values measured from the solar panel, it is determined to what extent the solar panel works at its maximum power point. This equation developed is operated on ESP32-SIM800L control card. It sends the data recorded with the date-time information with the SIM card on the control card to the web page via the internet. Thus, all data of the solar system can be monitored remotely. Different operating conditions have been experimentally tested with a 20 W mono crystalline solar panel and the results are given in this study.

Keywords: Renewable Energy, Solar Panel, Maximum Power Point Tracking, Internet.

1. GİRİŞ

Enerji, gelişmekte olan dünyamızın en önemli unsurlarından biridir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bölümü nükleer ve fosil kaynaklardan sağlanmaktadır (Alferidi, A., 2018). Günümüzde alternatif enerji kaynakları arasında yer alan güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidrojen ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarına yoğunluk artmaktadır. Fosil ve nükleer yakıtlara alternatif olarak güneş enerjisi, araştırma konuları arasında önde gelen enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerjisi, yenilenebilir bir kaynak olarak görülmesi ve doğrudan elektrik enerjisine kolayca dönüştürülebilmesi gibi avantajları nedeniyle hızla yayılmaktadır. (Güneroğlu A., 2008).

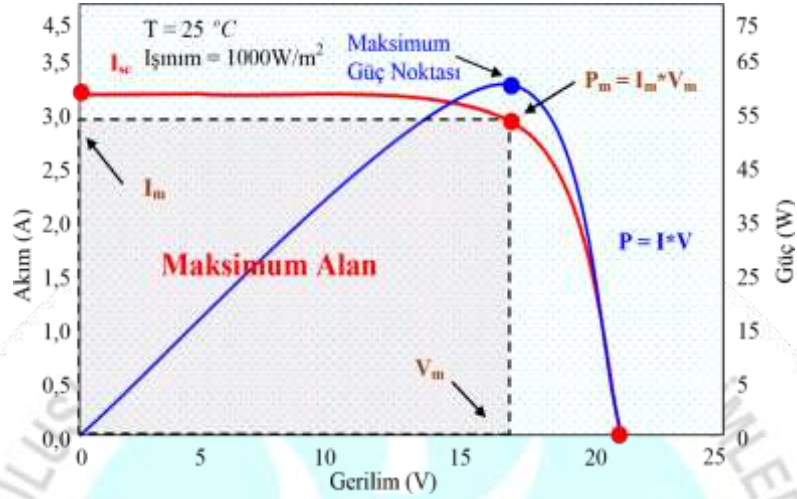
Güneş panellerinden maksimum güç elde etmek için literatürde birçok maksimum güç noktası izleme (MGNI) algoritmaları bulunmaktadır (Dubey, K., & Shah, M. T., 2016). Bu algoritmalarından en yaygın olarak kullanılanı saptır-gözle ve artan iletkenlik yöntemleridir. Laboratuvar çalışmalarında gerçekleştirilen bu yöntemlerin MGNI verimlilik oranları saptır-gözle yöntemi için %99,29 ve artan iletkenlik yöntemi için %99,48'dir (Swapnil Dubey, G.N. Tiwari, 2010). Fakat uygulama devrelerinde ve ticari olarak sunulan MGNI cihazlarında bu oran laboratuvar şartları altında yapılan değerlerden düşüktür. Özellikle yüksek kapasiteli (MW) güneş panel uygulamalarında yüzdelik küçük bir oran dahi büyük bir kayıp olarak yansımaktadır.

Bu çalışmada güneş panellerine bağlı bulunan sistemlerin gerçekte ne kadar MGNI yaptığını belirlemek için gerçekleştirilmiştir. Güneş panelinin akım, gerilim, ışınım ve sıcaklık verileri gerçek zamanlı olarak ölçülmektedir. Bu verilerin kayıt altına alınması ve internete aktarılması için ESP32 SIM800L kontrol kartı kullanılmıştır. Bu çalışmada güneş panel verilerinin tarih-zaman bilgisiyle kayıt altına alınması için internet tabanlı kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Kullanıcı arayüzünden elektriksel verilerin değişimi gerçek zamanlı olarak takip edilmekte ve güneş panelinin maksimum güç noktasında çalışıp çalışmadı tespit edilmektedir.

MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME TOPOLOJİSİ

Güneş panellerinin mevcut enerji dönüştürme verimliliği oldukça düşüktür. Bu nedenle güneş panel sisteminin verimliliğini artırmak için, güneş panel dizisinden mümkün olan maksimum gücü elde eden MGNI yöntemleri kullanılır. (Kwon, J. M., Nam, K. H., ve Kwon, B. H., 2006). Bir güneş panelinin verimi, ışınım şiddetine, çalışma sıcaklığına ve yük akımına bağlı olarak değişmektedir. Güneş panelinin optimum maksimum güç noktası (MGN) hücre sıcaklığına ve güneşlenme seviyesine bağlı olarak değişir. (Yusof, Y., Sayuti, S. H., Latif, M. A., & Wanik, M. C., 2004). Güneş panellerinin özellikle düşük ışınım koşullarında ürettiği elektrik enerji miktarı hava şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, güneş panellerinin elektriksel özellikleri, değişen sıcaklık ve ışınım ile ters orantılı bir şekilde eğri çizer. Güneş panelinin I-V

veya P-V karakteristik eğrisi üzerinde sürekli değişen tepe noktasına MGN denir. MGN güneş ışınım şiddetine, sıcaklığa, panel eğim açısına bağlı olarak değişmektedir. Görsel 1’de FV panelin akım-gerilim-güç (I-V-P) karakteristik eğrisi verilmektedir (Aktaş A., 2013). Maksimum güç aktarımı teorisine göre, kaynak ve yük empedanslarının eşit olduğu zaman maksimum güç yüke verilmektedir (Esrām, T., & Chapman, P. L., 2007).

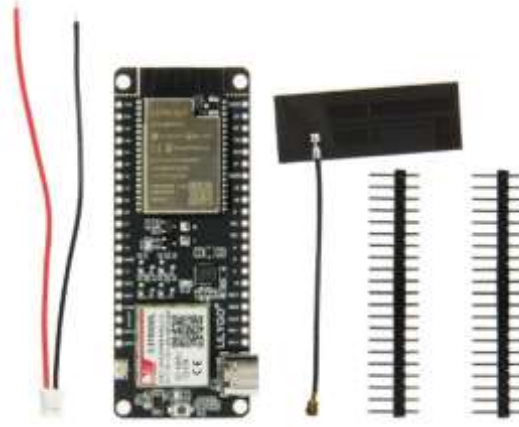


Görsel 1. Bir güneş panelinin akım-gerilim-güç karakteristiği (Aktaş A., 2013)

GÜNEŞ PANEL VERİLERİNİN İNTERNET ORTAMINA GÖNDERİLMESİ

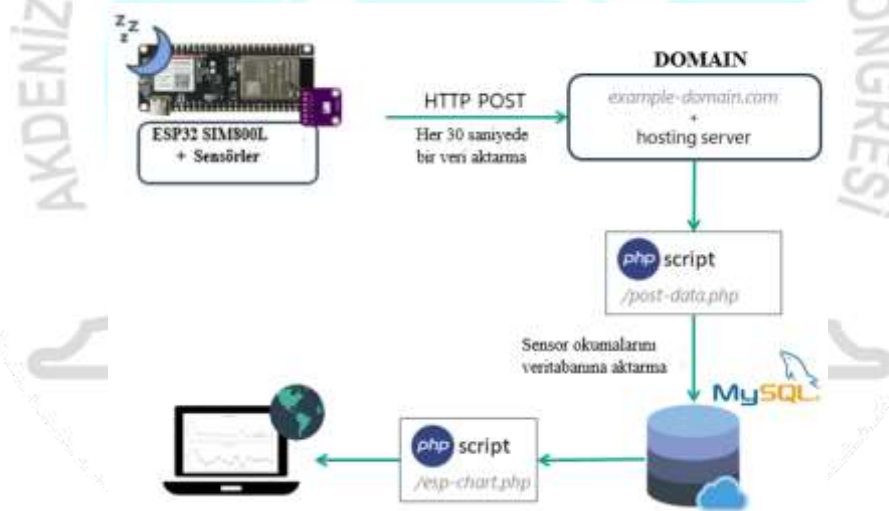
Bu çalışmada güneş panelinden ölçülen akım, gerilim ve güç verileri ESP32 SIM800L kontrol kartının SIM kart özelliği ile internet ortamına aktarılmaktadır. ESP32 SIM800L kontrol kartının programlanması Arduino IDE ile yapılmıştır. Görsel 2’de ESP32 SIM800L kontrol kartı verilmektedir. Güneş panelinden elde edilen veriler, kablosuz iletişim teknolojisini kullanarak web tabanlı ağ sunucusuna gönderilmektedir. Web tabanlı ağ sayfasında verilerin kayıt ve görüntülenmesi için MySQL, PHP ve JSON, CSS, jQuery, HTML bileşenleri kullanılmıştır.

Kablosuz iletişim ESP32 SIM800L kontrol kartının GPRS (Genel Paket Radyo Servisi) iletişimi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Geçerli saat ve tarih ile ilgili bilgiler ise gerçek zamanlı saat modülü ile alınmaktadır (Vasiljević-Toskić, M., Rajs, V., Bajić, J., Božić, M., Hašović, A., & Šović, M., 2019). Web tabanlı ağ sunucusuna gönderilen veriler web tabanlı ağ sayfasında görüntülenmektedir. Web tabanlı ağ uygulaması gerçek zamanlı veri tabanlarına erişim sağlayan web uygulama geliştirme platformu kullanılarak oluşturulmuştur.



Görsel 2. ESP32 SIM800L kontrol kartı

Güneş panelinin I-V ve P-V değerlerinin anlık değerleri ölçülerek bu veriler web tabanlı ağ bulutuna gönderilmektedir. Şekil 3'te verilerin web sayfasına gönderilme işlem basamağı gösterilmektedir. Geliştirilen arayüz ile ayrıca günlük hava koşulları, sıcaklık, ışınım şiddeti, güneş panel akım, gerilim ve güç değerleri izlenebilmektedir. Veriler web tabanlı ağ sayfasına gönderildikten sonra ESP32 SIM800L kontrol kartı güç tasarruf amaçlı olarak derin uyku moduna geçmektedir.



Görsel 3. Güneş panel verilerinin web sayfasına gönderilme işlemi

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada güneş panelin ışınım şiddetine bağlı olarak gerçek MGN'de çalıştığını tespit etmek amacıyla Denklem 1 geliştirilmiştir. Denklem 1'e güneş panelinin anlık verileri girilerek güneş panelinin o anda MGN'da çalışıp çalışmadığı belirlenmektedir. Güneş panel verilerini ölçmek ve verilerin internet ortamına aktarılması için Görsel 4'te verilen kart tasarlanarak üretilmiştir. Bu kartta güneş ışınım şiddetini ölçmek için BH1750 sensörü, sıcaklık ölçmek için

LM35 sensörü, akım ölçek için INA169 sensörü ve gerilimi ölçmek için ise gerilim bölücü dirençler kullanılmıştır.

$$I = I_{sc} - I_{sc} \left[\left(\frac{V - V_s}{V_{oc} - V_s} \right) \cdot e^{\left(k_p \left(\frac{V}{V_{oc}} \right) - 1 \right)} \right] \quad 1$$

Denklem 1’de;

I_{sc} = Kısa devre akımı (A)

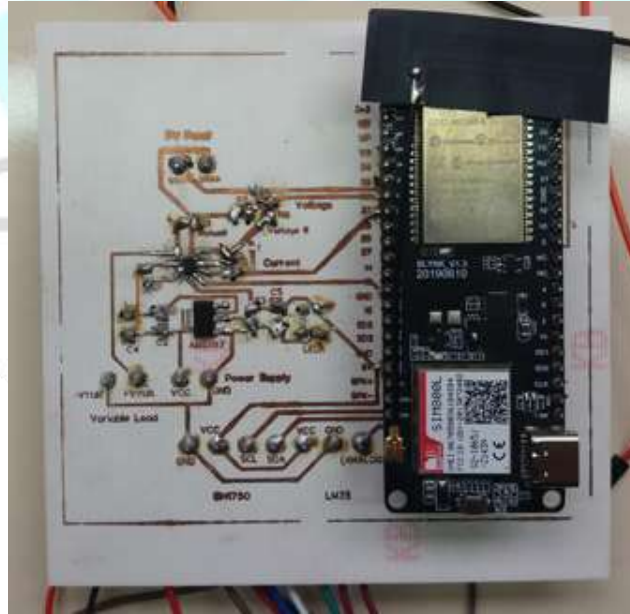
V_{oc} = Açık devre gerilimi (V)

V = FV panelin anlık ölçülen gerilimi

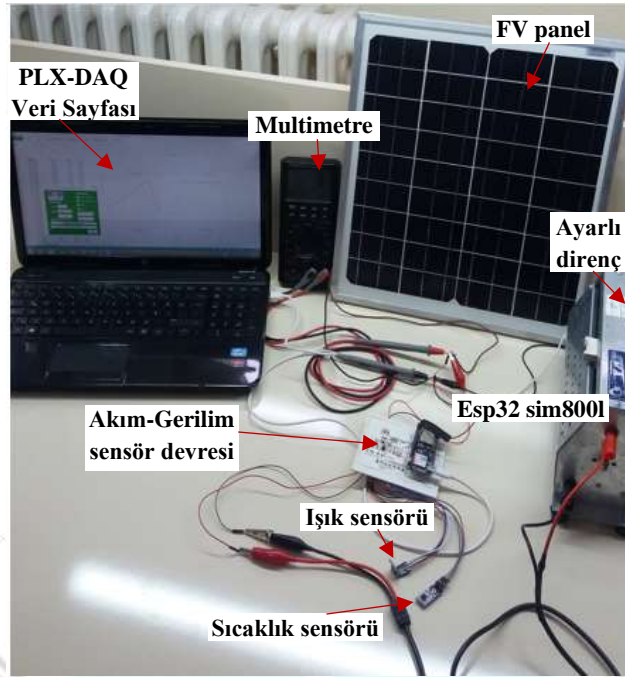
V_s = FV panelin bir önceki okunan gerilimi

K_p = FV panel katsayısı (1,2)

Görsel 5’te 20 W’lık bir güneş paneli ile gerçekleştirilen deney düzeneği verilmektedir. Bu deneyde güneş paneline ayarlı bir direnç bağlanmıştır. Bu direnç ile panelin farklı akım-gerilim değerlerinde çalışması sağlanmıştır. Ölçülen değerler PLX-DAQ veri sayfasına gönderilerek güneş panelinin I-V ve P-V grafikleri çizdirilmektedir.

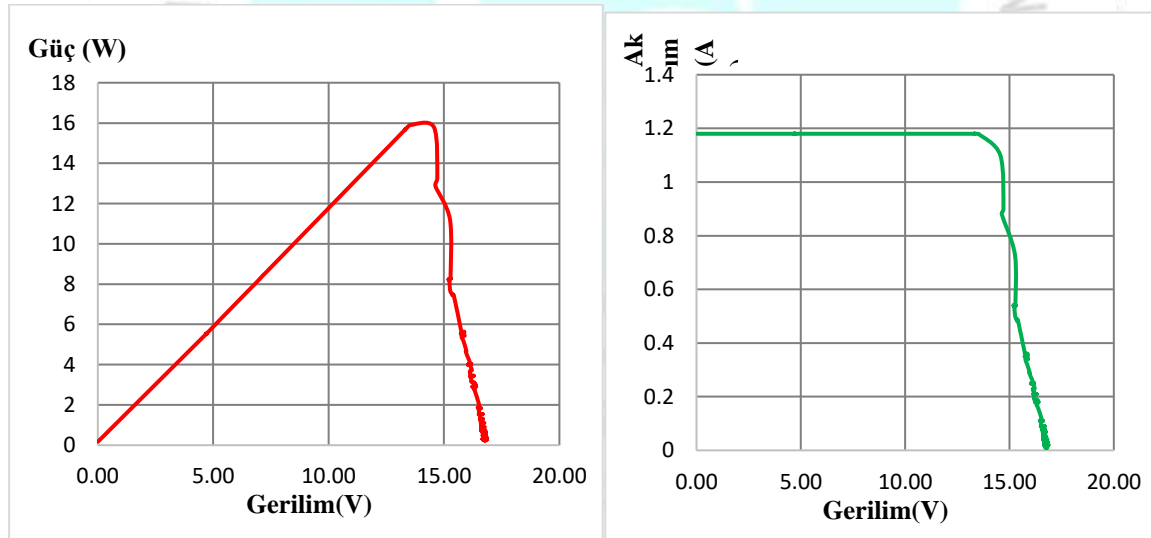


Görsel 4. Güneş panel verilerini uzaktan izleme kartının fotoğrafı



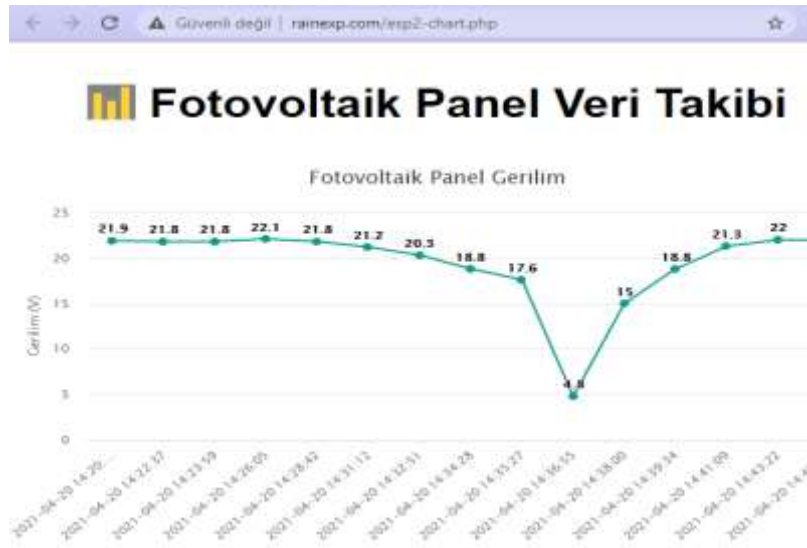
Görsel 5. Güneş panel MGN tespit deneyi fotoğrafı

Güneş panelinin akım ve gerilim verileri çarpılarak güneş panelinin güç değeri elde edilmiştir. Görsel 6’da deneysel çalışma sonucunda 20 W’lık güneş panelinin ölçülen P-V ve I-V grafikleri verilmektedir.

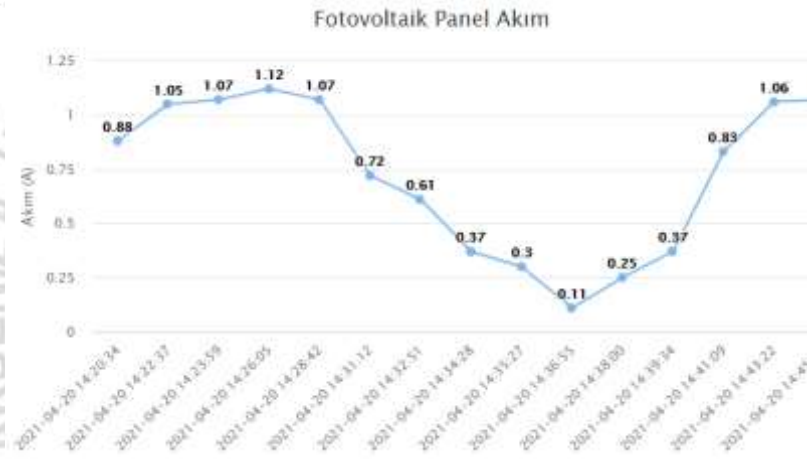


Görsel 6. 20 W güneş panelinin P-V ve I-V grafikleri

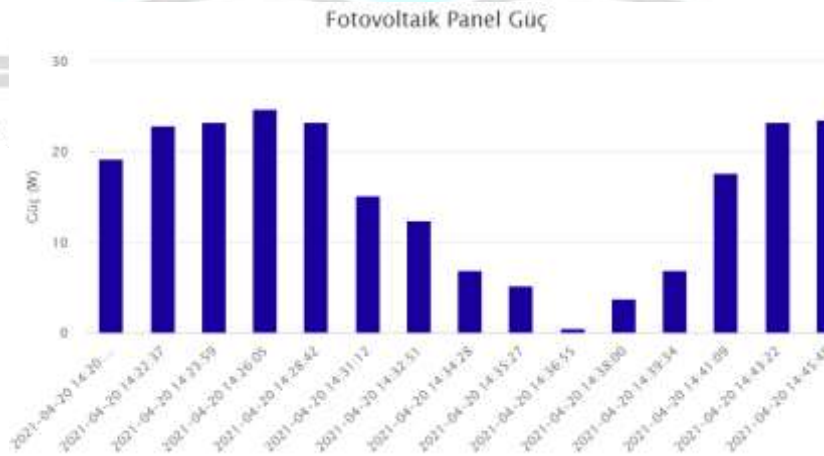
Güneş panelinin verimliliği sürekli kontrol edilip güneş panelinin MGN çalıştırılması için gerekli raporlar alınmaktadır. Güneş panel verilerinin izlenmesi için www.rainexp.com sunucu adresi kullanılmaktadır. Bu internet sitesinde güneş panel verilerinin görüntülenmesi için bir arayüz gerçekleştirilmiştir (<http://www.rainexp.com/esp2-chart.php>). Görsel 7- Görsel 11’de güneş panelinin ışınım şiddetine ve sıcaklığa bağlı olarak akım-gerilim-güç karakteristikleri gösterilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen denklem ile güneş panelinin MGN çalışıp çalışmadığı tespit edilmekte ve arayüzde bilgisi anlık olarak verilmektedir.



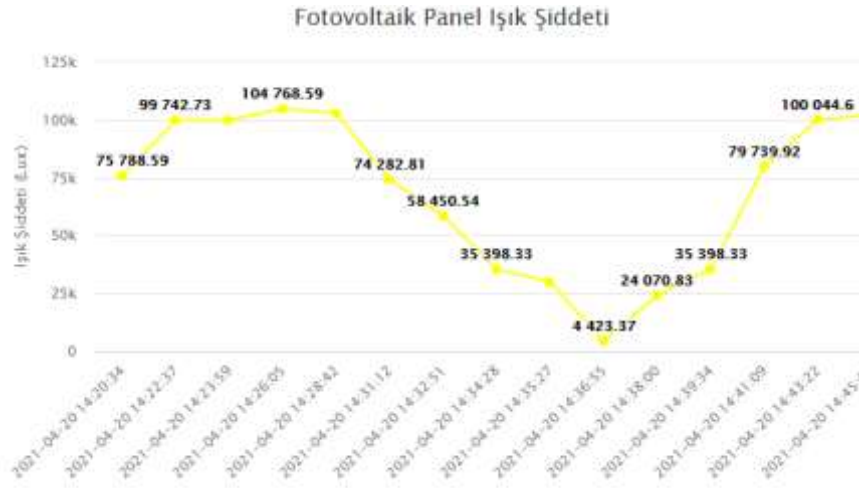
Görsel 7. Güneş panel gerilim grafiği arayüzü



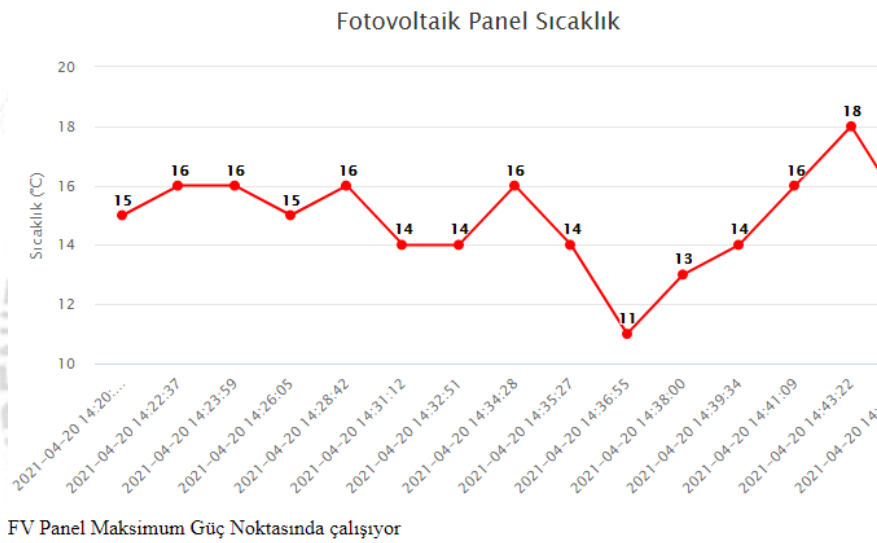
Görsel 8. Güneş panel akım grafiği arayüzü



Görsel 9. Güneş panel güç grafiği arayüzü



Görsel 10. Güneş panel ışınım grafiği arayüzü



Görsel 11. Güneş panel sıcaklık grafiği ve MGN bilgi arayüzü

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Güneş panellerinden maksimum güç elde etmek için MGN'da çalıştırılmaları gerekmektedir. Güneş panellerinin MGN'sı ışınım şiddetine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada bir güneş panelinin MGN'da çalışıp çalışmadığı belirlemek için bir denklem geliştirilmiştir. Bu denklem, tasarlanıp üretimi gerçekleştirilen güneş panel verilerini uzaktan izleme kartına gömülü kod olarak yazılmıştır. Güneş panelinden ölçülen veriler bu ölçüm kartı ile internet ortamına aktarılmaktadır. Bu ölçüm kartı sayesinde uzaktan bir güneş panelinin gerçek MGN'da çalışıp çalışmadığı izlenebilmektedir. Böylece güneş panelinden alınabilecek maksimum güç değeri ile gerçekte çalışma şartları karşılaştırılarak verim analizi yapılma imkânı sunulmaktadır. Bu çalışmada 20 W'lık bir güneş paneli kullanılmıştır ve farklı yük durumları altında MGN tespiti gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

Alferidi, A. (2018). DETAILED RELIABILITY MODELS OF INTEGRATED SOLAR POWER TECHNOLOGIES IN ELECTRIC POWER SYSTEMS (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

Güneroğlu, A. (2008). Fotovoltaik sistemlerde FPGA kullanım (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Dubey, K., & Shah, M. T. (2016, September). Design and simulation of solar PV system. In 2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT) (pp. 568-573). IEEE.

Swapnil Dubey, G.N. Tiwari, (2010) Fundamental of Photovoltaic Modules and their Application Royal Society of Chemistry: Cambridge

Çalışkan, E. (2011). Fotovoltaik Sistemler için DSP Temelli Güneş Çeviricisi Tasarımı ve Uygulaması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Kwon, J. M., Nam, K. H., & Kwon, B. H. (2006). Photovoltaic power conditioning system with line connection. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 53(4), 1048-1054.

Yusof, Y., Sayuti, S. H., Latif, M. A., & Wanik, M. C. (2004, November). Modeling and simulation of maximum power point tracker for photovoltaic system. In PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004. (pp. 88-93). IEEE.

Aktaş A. (2013). 3 Fazlı 4 telli şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler için maksimum güç izleyen 4 kollu evirici tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 342556.

Esrar, T., & Chapman, P. L. (2007). Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques. IEEE Transactions on energy conversion, 22(2), 439-449.

Vasiljević-Toskić, M., Rajs, V., Bajić, J., Božić, M., Hašović, A., & Šović, M. (2019, July). Wireless Weather Station with No Moving Parts. In IEEE EUROCON 2019-18th International Conference on Smart Technologies (pp. 1-5). IEEE.

RAYLI SİSTEMLERDE KULLANILMAK ÜZERE YANMAZ ÖZELLİKLİ BAĞLANTI KELEPÇESİNİN TASARIMI ve ÜRETİMİ

Mustafa AÇANGÜL¹, Fatma DOĞAN², Tuğçe YAĞCI³, Adem KORKMAZ⁴

¹LMC Makine Sanayi ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye 0000-0002-7831-4312

²LMC Makine Sanayi ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye 0000-0001-8814-0208

³Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye,
0000-0001-7478-9882

⁴Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye, 0000-0001-6816-2004

ÖZET

Hızla gelişen teknolojiyle insanların, ekonomik ve sosyal alanlarda daha konforlu, güvenli ve zamanını daha verimli kullanarak yaşama ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Bu ihtiyaçlara yönelik demiryolu ulaşımı güvenli, hızlı ve ekonomik olmasının yanında, şehirleşme ve sanayileşmenin getirdiği yoğun trafik ve çevre kirliliği gibi sorunların çözümü için de önemli bir alternatiftir. Tüm dünyada raylı sistem ulaşım araçları hızla gelişim göstermektedir. Bunun bir sonucu olarak, demir yolunun ve yolcuların güvenliğinin sağlanması ve iyileştirilmesi amacıyla birçok araştırma yapılmaktadır. Raylı sistemlerde kullanılan bileşenlerin, özellikle yangın gibi durumlarda güvenlik standartlarını sağlaması oldukça kritik bir olgudur. Buna yönelik gerçekleştirilen literatür araştırmaları sonucunda, raylı sistemlerde kullanılmak üzere mukavemeti ve yanmazlık sınıfı yüksek, polimerik malzemeden imal edilmiş yeni bir bağlantı kelepçesine ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiş ve bu durum yapılan çalışmanın motivasyonunu oluşturmuştur. Bu çalışma kapsamında, raylı sistemlerde kullanılmak üzere istenilen kalitede ve standartlara uygun, halojen içermeyen, yanmazlık sınıfı yüksek, uygun kimyasal özellikli ve mekanik değerleri sağlayan hammaddeden imal edilmiş, polimer bağlantı kelepçesinin tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada sırasıyla, ürünün üç boyutlu modelinin bilgisayar destekli yazılımlar aracılığıyla oluşturulması, uygun malzeme seçimi, kalıp ve imalat ekipmanları tasarımlarının yapılması ve prototip üretimi faaliyetleri adımları izlenmiştir. Ayrıca, prototip üretimi gerçekleştirilen ürünün, oksijen indeksinin belirlenmesi, yanal alev yayılması, zehirli gaz salınımı, kaydırmazlık ve yanmazlık tayini gibi testler kapsamında karakterizasyon çalışmaları yapılmıştır. İlgili çalışma kapsamında, raylı sistemlerde kullanılmak üzere, yanmazlık özelliğine sahip, çekme ve kopma dayanımı arttırılmış yeni nesil bir bağlantı kelepçesinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Ürün ve kalıp tasarımı sırasında maliyet faktörü göz önüne alınarak, yeni ürün ve prosesin maliyetinin minimize edilmesine odaklanılmıştır. Ayrıca, söz konusu çalışmayla birlikte, katma değerli, rekabetçi ve ithal ikame bir ürünün elde edilmesi sağlanmış ve firmanın sahip olduğu ürün çeşitliliği arttırılmıştır.

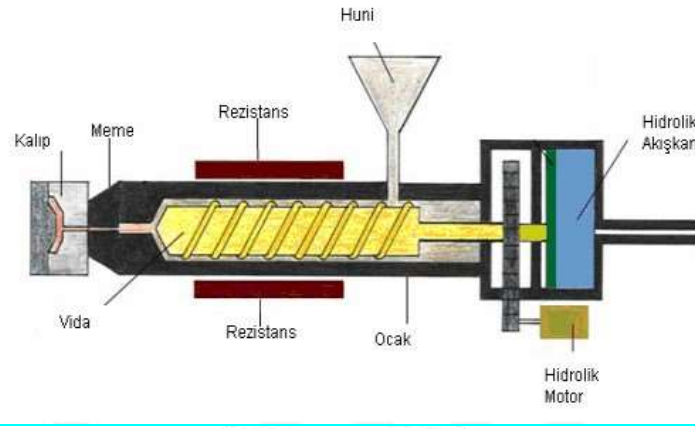
Anahtar Kelimeler: Bağlantı kelepçesi, raylı sistemler, yanmazlık, mekanik özellikler.

1. GİRİŞ

İnsanların ekonomik ve sosyal alanlarda daha rahat ve güvenli bir şekilde yaşamak istemeleri, günümüzde birçok alanda iyileştirme ve geliştirme çalışmalarına duyulan ihtiyacın artmasını beraberinde getirmektedir. Bu alanlardan biri olan ulaşımda, sürekli olarak araştırma ve geliştirme çalışmaları yürütülmektedir [1]. Ulaşım türleri arasında, özellikle güvenlik ve hız bileşenleri, ekonomiklik, yoğun trafik ve çevre kirliliği gibi küresel problemlerde çözüm niteliğinde olması gibi avantajları göz önüne alındığında, demir yolu ulaşımı özellikle dikkat çekmektedir [2]. Günümüz teknolojisine sahip modern ulaştırma unsurları sayesinde ulaşım tarihte hiç olmadığı kadar hızlı, etkin ve uygun fiyatlı olarak sağlanabilmektedir. Son yıllarda ortaya çıkan yüksek teknoloji ürünü malzemelerin bu gelişimde payı yadsınamayacak ölçüde büyüktür. Bu ilerlemeler ile sektörde yeni nesil ve yüksek mukavemetli ürünlere olan gereksinim her geçen gün artmaktadır. Diğer bir yandan, özellikle yangın durumlarında meydana gelen hasarların ve bu tarz problemlerin ortaya çıkışının önlenmesi ve minimize edilebilmesi amacıyla, sektöre yönelik geliştirilmiş malzemeler ve bu malzemelerden imal edilmiş ürünlere olan ihtiyaç da dikkat çekilmesi gereken bir konudur [3]. Bu nedenle yeni nesil malzemelerin, ulaştırma teknolojisine adaptasyonu ve yangın performanslarının belirlenmesi gerekliliği, sektör standartlarında önemli bir yer tutmaktadır.

Tüm dünyada raylı sistemlerin kullanıldığı ulaşım araçları hızla gelişmektedir. Ulaşım sektöründe meydana gelen bu gelişim, araçların lokomotif ve vagon tasarımlarını da değiştirmektedir. Birçok farklı ülkede demir yolu sektöründe kullanılacak parçaların sahip olması istenilen özellikler, farklı kalite ve standartlar kapsamında ele alınmaktadır. Raylı sistemlerde kullanılan plastik grupların ise, güvenlik standartlarına uygun olarak halojen içermeyen, yanmazlık sınıfı yüksek, EN 45545-2 standardına uygun hammaddelerden elde edilmesi istenmektedir.

Plastik malzemelerin şekillendirilmesinde, basınçlı, döner, basınç ve ısı ile kalıplama, şişirme ve enjeksiyonla kalıplama gibi pek çok teknik kullanılmaktadır. Termoplastik malzemelerin seri üretiminde kullanılan en yaygın yöntem ise enjeksiyonla kalıplama olarak karşımıza çıkmaktadır. Plastik enjeksiyon, belirli bir sıcaklık altında ve sürtünmeden faydalanılarak akışkan haline getirilen termoplastik malzemelerin, basınç uygulanmasıyla kalıp içerisinde şekillendirilmesi esasına dayanmaktadır [4]. Enjeksiyon makinesi ve kalıp bu yöntemin ana bileşenlerini oluşturmakla beraber, karmaşık ve farklı geometrilerde otomobil parçaları, ev eşyaları, elektronik parçalar gibi pek çok endüstriyel ürünün eldesi mümkündür [5]. Hızlı, yüksek hacimde üretime ve otomasyona uygunluk, malzeme kaybının çok düşük olması, aynı makine ve kalıp ile farklı malzemelerin şekillendirilebilmesi, düşük boyutsal toleranslarda çalışmaya elverişli olması gibi parametreler, yöntemin avantajları arasında yer almaktadır [6].



Görsel 1. Plastik enjeksiyon sistemi ve bileşenlerinin şematik gösterimi [7].

Polimerik malzemelerin plastik enjeksiyon yöntemi ile şekillendirilmesi sonucu elde edilen parçalar bağlantı kelepçesi olarak raylı sistemler, otomotiv, savunma sanayi, elektronik, soğutma gibi sektörlerde atmosferik şartlar (nemlilik, su buharı, basınç, vs.) altında kullanılmaktadır [8]. Bağlantı kelepçeleri, polimerik malzemeden plastik enjeksiyon ile üretilen plastik parça, somunlu taban metali (kaynak plakası), civata mimari-montajından oluşmaktadır.



Görsel 2. Bağlantı kelepçeleri

Bu çalışma ile raylı sistemlerde kullanılmak üzere daha mukavemetli, yanmazlık sınıfı yüksek, polimerik malzemeden imal edilmiş yeni bir bağlantı kelepçesine ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiş ve bu durum yapılan çalışmanın motivasyonunu oluşturmuştur. Böylelikle, raylı sistemlerde kullanılmak üzere EN 45545-2 standart ve kalite gerekliliklerini karşılayan, halojen içermeyen, yanmazlık sınıfı yüksek, uygun kimyasal ve mekanik değerleri sağlayan hammadde geliştirilmiş, ürün tasarımı, tasarımı yapılan ürünün bilgisayar destekli programlarla verilerin ortaya çıkarılması, prototip üretimi ve test işlemlerini içeren polimerik bir bağlantı kelepçesinin üretimi gerçekleştirilmiştir

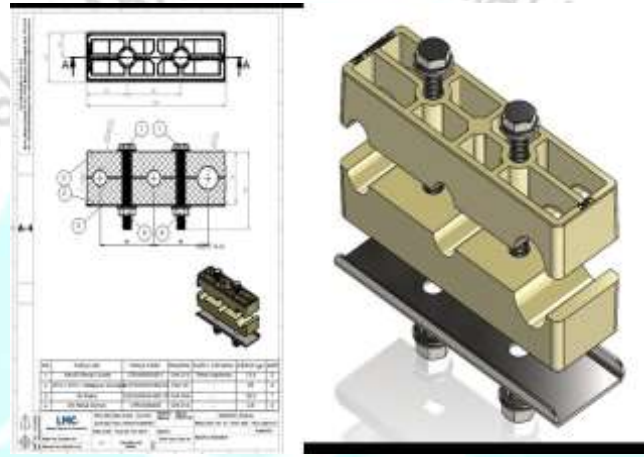
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmanın konusunu oluşturan yüksek mukavemetli ve yanmazlık özelliğine sahip bağlantı kelepçesinin tasarım ve üretim çalışmaları üç farklı bilimsel ve teknolojik faaliyet kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu faaliyetlere yönelik bilgiler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

1. Ön tasarım ve Kavram Geliştirme Faaliyetleri

Çalışmanın bu aşamasında bağlantı kelepçesi ürünün, müşteri istek ve beklentileri, kalite standart ve gereklilikleri kapsamında ele alınarak, imal edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilgili üründen beklenen yüksek mukavemet ve yanmazlık gibi özelliklerin elde edilmesine yönelik, uygun bir polimerik hammadde reçetesi oluşturulmuştur.

Ürüne yönelik malzeme tasarım ve seçiminin tamamlanmasının ardından, raylı sistem vagon üreticilerinin talep ettiği ürün geometrilerine uygun olarak teknik çizim çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Plastik enjeksiyon yöntemi ve firma altyapısı göz önüne alınmış ve ürüne ait özgün bir tasarım ortaya koyulmuştur. Ürün tasarımı ve malzeme seçimi çalışmalarının ardından, ürünlerin plastik enjeksiyon yöntemiyle imal edilmesi sırasında kullanılacak olan kalıp ve ekipman tasarımları gerçekleştirilmiştir.



Görsel 3. Bağlantı kelepçesinin teknik çizim ve 3B model görüntüsü

2. Prototip Üretim Faaliyetleri

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutularak kalıptan çıkarılmasını kapsayan bir imalat yöntemidir. Bu yöntem ve kalıp tasarımı ile çoklu ürün üretimleri gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir. Teoride kapama, enjeksiyon ve kalıp gibi bölümlerden oluşan enjeksiyon ile üretim makinesinde sıcaklık, basınç ve uygulama süresi gibi değerlerin ürün özellikleri ve geometrisine göre optimize edilmesi gereklidir. Çalışmanın bu aşamasında tasarımı yapılan parçanın imalatında kullanılacak kalıp ve ekipmanların üretimi gerçekleştirilmiştir. Kalıp üretiminin ardından, söz konusu tasarıma yönelik prototip ürün, geliştirilen hammadde bileşimi kullanılarak ve uygun enjeksiyon parametreleri belirlenerek plastik enjeksiyon yöntemiyle elde edilmiştir.



Görsel 4. Son ürüne ait görsel

3. Test ve Karakterizasyon Çalışmaları

Gerçekleştirilen pilot üretimlerle söz konusu bağlantı kelepçesinin imali sağlanmıştır. Çalışmanın bu aşamasında, plastik enjeksiyon yöntemiyle elde edilen yüksek mukavemete ve yanmazlık özellikli bağlantı kelepçesinin laboratuvar ortamında test, karakterizasyon ve analiz çalışmaları gerçekleştirilerek ürün performans değerleri ortaya koyulmuştur. Bu kapsamda, yeni kalıp ve hammadde kullanılarak imal edilen ürünlerin, teknik resimlerde verilen ölçü değerlerine ve toleranslara uygunluğu kontrol edilmiştir. Üretilen ürünlerin uygun çapta borular ile montajlanmasıyla, kelepçelerin sıkma kontrolü sağlanmıştır. Ayrıca, kaydırmazlık testi, oksijen indeksi testi, yanal alev yayılma ve zehirli gaz salınım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak, yapılan mekanik testlerle ürünün mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. Prototip ürün üzerinde gerçekleştirilen test ve analizlerde, kalite ve standart gereklilikleri kapsamında üründen beklenen fiziksel, mekanik, yanmazlık özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. PA6 V0 Malzemeye ait teknik veriler

PA6 V0 Malzemesi Teknik Verileri		Test Şartları	Birim	Standart	Değer
Fiziksel Özellikler	Yoğunluk	22 ±1°C	g/cm ³	ISO 1183-1	1,16
	Nem Miktarı	130°C, 15 min	max. %	ISO 15512	-
	Kül Miktarı	800°C, 15 min	max. %	ISO 3451-1	-
	Akışkanlık İndeksi	235°C, 2,16 kg	g/10 min	ISO 1133-1	-
Mekanik Özellikler	Çekme Dayanımı	22 ±1°C, 50 mm/min	MPa	ISO 527-2	52
	Elastisite Modülü	22 ±1 °C, 50 mm/min	MPa	ISO 527-2	2200
	Kopmadaki Birim Şekil Değiştirme	22 ±1°C, 50 mm/min	%	ISO 527-2	18
	Eğilme Dayanımı	22 ±1°C, 50 mm/min	MPa	ISO 178	-
	Eğilme Modülü	22 ±1°C, 50 mm/min	MPa	ISO 178	-
	İzod Çentikli Darbe Dayanımı	22 ±1°C	kJ/m ²	ISO 180	6
	İzod Çentiksiz Darbe Dayanımı	22 ±1°C	kJ/m ²	ISO 180	38
Yanmazlık Sınıfı	3 mm	-	UL 94	V0	

	Yanmazlık Sınıfı	1,5 mm	-	UL 94	V0
	Yanmazlık Sınıfı	0,75 mm	-	UL 94	-
	Kızgın Tel-Alevlenebilirlik (GWFI)	3 mm	°C	EN 60695	960
	Kızgın Tel-Tutuşabilirlik (GWIT)	3 mm	°C	EN 60695	960
Termal Özellikler	Erime Sıcaklığı		°C	ISO 11357	-
	Camsı Geçiş Sıcaklığı		°C	ISO 11357	-
	Çökme Sıcaklığı	1,8 MPa-50 °C/h	°C	ISO 75-1/2	-
	Vicat Yumuşama Sıcaklığı	50N- 50°C/h	°C	ISO 306	-
	Bozunma Sıcaklığı	10 °C/min	°C	ISO 11358-1	-
	Kütle Kaybı (25-600 °C)		%	ISO 11358-1	
Proses Şartları	Ön Kurutma Sıcaklığı		°C	80-120	
	Ön Kurutma Süresi		hour	2-4	
	Proses Sıcaklığı		°C	240-270	
	Enjeksiyon Sıcaklığı		Bar	80-140	

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Pilot üretimi gerçekleştirilen bağlantı kelepçesinin laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen test ve analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. İlgili çizelgede belirtilen oksijen indeks testi, yanar alev yayılma ve zehirli gaz salınımı deneyleri sırasıyla ISO 4589-2, ISO 5659-2, NF X170- 100 standartları kapsamında değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. EN-45545-2 standardı kapsamında hammadde ve ürün test sonuçları

	Standart	Ölçüm Büyüklüğü	Birim	Değer	Kritik Değer			Geçiş Katsayısı		
					HL1	HL2	HL3	HL1	HL2	HL3
R22	Oksijen İndeks Testi	IO	%	38,6	28	28	32	0,73	0,73	0,83
	Yanal Alev Yayılma Deneyi	D _{smax}	-	13	600	300	150	0,02	0,04	0,09
	Zehirli Gaz Salınım Deneyi	CIT _{NLP}	-	0,11	1,2	0,9	0,75	0,09	0,13	0,15
R23	Oksijen İndeks Testi	IO	%	38,6	28	28	32	0,73	0,73	0,83
	Yanal Alev Yayılma Deneyi	D _{smax}	-	13	-	600	300	-	0,02	0,04
	Zehirli Gaz Salınım Deneyi	CIT _{NLP}	-	0,11	-	1,8	1,5	-	0,06	0,08

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, raylı sistemlerde kullanılmak üzere, yanmazlık özelliğine sahip bağlantı kelepçesinin üretilmesi ve ürüne ilişkin test ve performans değerlendirmelerinin yapılmasıyla elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Teknik şartnameye uygun V1 yanmazlık sınıfına sahip bağlantı kelepçesinin üretimi sağlanmıştır.
- Minimum 500 N çekme dayanımına sahip bir ürün elde edilmiştir.
- 10.000 – 15.000 N kopma yüküne sahip bir bağlantı kelepçesi ortaya çıkarılmıştır.
- Ulusal ve uluslararası raylı sistem vagon üreticilerinin tedarikçisi olunmasını sağlayacak ve firma ürün çeşitliliğinin artırılmasını sağlayan yeni ürün tasarımı ve üretimi gerçekleştirilmiştir.
- Katma değeri yüksek bağlantı parçalarının üretilmesi sağlanmıştır.
- İthal edilen söz konusu ürünün yerleştirilmesi mümkün hale gelmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ulaşımında Demiryolu Gerçeği, Ankara, Nisan, 2012.
- [2] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi İçin Teknik Yardım Projesi, Ankara, 2017.
- [3] Öztürk, Z., Ulaştırma Sistemlerinin Çevresel Boyutu, II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, 120-121, İstanbul, 1999.
- [4] Nas, E., *Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı*, Seçkin Yayıncılık, 2016.
- [5] MEB (Milli Eğitim Bakanlığı). *Plastik Teknolojisi– Makine Enjeksiyon Kalıpcılığı-I*, Ankara, 2013.
- [6] Akyüz, Ö.F., *Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş*, Pagev Yayınları, İstanbul, 2011.
- [7] MEB (Milli Eğitim Bakanlığı). *Enjeksiyon Makinelerinde Üretim – I. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, 2006.
- [8] Şen, M., Altan, M.E., Plastik Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile Sac Metallerin Şekillendirilebilirliğinin İncelenmesi, 1, 39-47, 2017.

TORSIONAL NATURAL FREQUENCY ANALYSIS OF TORSIONAL VIBRATION DAMPER USING NUMERICAL AND MODAL TEST APPROACHES

Haşmet Çağrı SEZGEN ¹, Mustafa TINKIR ²

¹ KTO Karatay University, Vocational School of Commerce and Industry,

ORCID 0000-0002-6265-4259

² Necmettin Erbakan University, Department of Mechanical Engineering,

ORCID 0000-0002-9259-308X

ABSTRACT

This work presents to obtain the torsional natural frequencies and mode shapes of the torsional vibration damper. The torsional vibration damper is mounted on the end of the crankshaft in the opposite direction of the flywheel to dampen the torsional vibrations, especially high-torque diesel engines. The torsional vibration damper used in the study consists of thirteen elements include rubber, silicone and other materials. Therefore, in this study, the Holzer, matrix, finite element methods and modal test are realized to determine the torsional natural frequencies and mode shapes of the proposed torsional vibration damper, then all obtained results are compared. The torsional vibration damper, consisting of thirteen elements, is reduced to five masses using the lumped-mass method, and an equivalent lumped mass model is created. This five-mass model is obtained by connecting three masses in series, two masses in series and two masses in series, and three parallel branches. The equations of the motion of the system are achieved using the equivalent model. The obtained equations of motion are used in the determination of torsional natural frequencies using the matrix method. Since the Holzer method is not suitable for the multi-parallel branched lumped-mass model, a modified approach is developed to calculate the system's natural frequencies. For the finite element method, a numerical model of the torsional vibration damper is formed using a one-to-one CAD model. Modal analysis with computer-aided finite element method is carried out with Ansys Workbench software. Finally, the values obtained by performing the modal test are accepted as reference and compared with the values of other numerical methods. Accordingly, the finite element method converged 97%, the matrix method 92% and the Holzer method 90%. Considering the linearization of materials exhibiting nonlinear behavior in the study, the developed modified Holzer method provided a satisfactory convergence.

Keywords: Torsional vibration, Torsional natural frequency, Holzer Method, Modal Analysis, Matrix Method, Finite element Method, Ansys Workbench

1. INTRODUCTION

The aim of this study is to analyze the torsional vibration damper on the cranktrain system operating under dynamic loads. The torsional vibration damper is a part that dampens torsional vibrations and prevents crankshaft fracture and increases fatigue-life. The torsional vibration damper is designed according to the determined vibration characteristics of the cranktrain system. Therefore, the natural frequency and mode shapes of the torsional vibration damper must be determined precisely. Torsional natural frequency values calculated using three different numerical methods and modal tests were compared.

Previous research show that traditional analytical methods, numerical methods, computer aided engineering methods and test methods have been successfully implemented to optimize the torsional vibration damping. For example, a in a study introduced the torsional vibration damper using an innovative method by combining two different parametric optimization methods; energy and modal inertia methods. It has been shown that multi-degree of freedom TVDs provide advantage in parameter optimization, but lose this advantage in low degree of freedom TVDs (Tan et al., 2017). In another related research, presented the torsional vibrations of a crankshaft using two lumped mass mathematical model approaches considering a single mass viscous torsional vibration damper and a double mass rubber TVD. According to the excitation torque map, implications were made about what kind of TVD design should be chosen (Mendes et al., 2008). Torsional vibration dampers can be manufactured from containing rubber-dampers, viscous dampers, or both. Since the mechanical behaviors of rubber and silicone materials do not show a linear elastic, methods specific to the material models should be used in the calculation of stiffness and damping coefficients. The design criteria were determined in order to minimize torsional vibrations of the rubber bearing rotor system driven at different frequencies and, stiffness and damping coefficients were obtained for a realistic lumped mass model (Zhu et al., 2020). When modeling TVD at flexible dynamics methods, the stiffness (k) and damping (c) coefficients of the materials used must be obtained. Viscous and rubber materials, which are elements of TVD, do not exhibit a linear behavior. In a study simplified the geometry using lumped mass model to examine the torsional vibrations of a six-cylinder diesel engine in the crank system and, they obtained critical vibration cycles by Fourier analysis, taking into account firing orders. Generally valid information has been obtained about how much damping effect of TVD in which situations (Mitianiec & Buczek, 2008). Another researcher preferred rubber material as a damping element in TVD models. They compared the torsional vibrations in the crankshaft as 3 models, without TVD, A-type rubber TVD, B-type rubber TVD. Although they did not mention the performance of the B-type rubber damper, they reduced torsional vibrations by approximately 35% (K. Wakabayashi, Y. Honda, T. Kodama, 1995). A rubber material design has been considered to absorb the high amplitudes that occur in the torsional axis during resonance considering the different harmonic orders. According to the results, the torsional vibrations are reduced by approximately 50% with TVD (Ramdasi & Marathe, 2004). In a study, considered the harmonic vibrations, a rubber-type TVD is optimized through AVL software, and the effect of optimization on the stress state caused by torsional vibrations is observed. For comparison, no damper, untuned, tuned unitary and tuned optimum cases are considered and the stress is reduced by approximately 25% (Villalva et al., 2013). In another study mathematically less complex differential equations of the movement of an elastic crankshaft and their solutions with acceptable accuracy according to the actual system have been developed. The instantaneous angular velocity of the free end of the crankshaft consists

of solid body motion mode and elastic deformation mode. In general, the crankshaft and other parts of the engine can be modeled as discrete systems. This leads to an infinite number of degrees of freedom and requires the resolution of partial differential equations. Another approach is to separate the continuous system into a series of finitized solid objects that connect with springs and dampers. The partial mass model of the crankshaft and the corresponding motion equations for each mass quite accurately simulate the actual dynamics of the crankshaft (Milašinović et al., 2016).

In this study, they examined the static and dynamic strength of the crankshaft, which is one of the most important components for the effective and precise operation of the internal combustion engine. In this study, a static structural and dynamic analysis has been made on a single cylinder four-stroke diesel engine crankshaft. A suitable model of the crankshaft was created according to the dimensional detail drawings of the existing crankshaft, using advanced computer-aided design software, Pro / Engineer software. Finite element analysis was performed using ANSYS software under static and dynamic conditions to obtain the variation of the stresses of the crankshaft at different critical points. Boundary conditions are applied to the finite element model in accordance with the motor specification scheme and the mounting conditions of the motor. The optimization of the crankshaft has been studied on the existing crankshaft in the area of geometry and shape; However, the optimized crankshaft design, working mainly on geometry and shape optimization, has been replaced by the existing crankshaft without changes in the engine block and cylinder head. The optimized crankshaft helped to improve the performance of the engine and caused a reduction in weight. This optimization study of the crankshaft helped reduce 4.37% of the weight on the original crankshaft (Shahane & Pawar, 2017). In another effort, they performed a breakage, strain and modal analysis of the diesel engine crankshaft. The damaged area was examined by electron microscope and microfractures were detected. The values obtained as a result of the stress tests showed that the material used was within the range defined by the standard. Finite elements method was used to explain the cause of damage to the early fractured crankshaft. When the results of the stress analysis were examined, the maximum stress occurred in a different place from the area where the crack inset occurred. This result showed that there was no static breakage. In the results of modal analysis, it was determined that in the second free vibration mode, the high stress area was located in the crack area. Based on the results of the examinations, it was concluded that the main cause of early fracture was the resonance vibration of the crankshaft (Witek et al., 2017).

2. THE DYNAMIC MODELING OF THE TORIONAL VIBRATION DAMPER

Generally, vibration problems are considered as a single degree of freedom system. But more complex systems can have many degrees of freedom. If the degree of freedom of the system is not more than three, the standard technique used in solving these systems is to obtain equations of motion with Newton's laws of motion. Then the differential equation of motion is solved by assuming a suitable solution. But as the mass number of the system increases, the solution of differential equations becomes almost impossible (Vatandaş, 2017). Considering a system with n degrees of freedom, there are n free vibration equations, which are the 2nd order differential equations, in this system. The frequency equation is obtained as a result of solving these equations and the frequency equation has n roots (Özgür & Pasin, 1996).

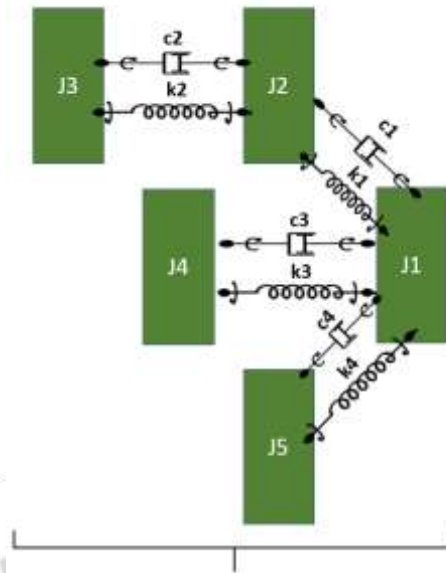


Figure 1 The discrete system model of a double mass rubber and viscous torsional vibration damper

The discrete system model of a double mass rubber and viscous torsional vibration damper (DMRV-TVD) subject to the study is given in Figure 1. DMRV-TVD, which consists of five masses, is obtained by three parallel branches connected in series with each other. Five linear equations belonging to these five masses are obtained. In addition, the parameters of the system, moments of inertia, stiffness coefficients and damping coefficients are also calculated (Sezgen & Tınkır, 2021).

2.1. Holzer, Computer Aided Finite Element, Matrix Method: Undamped Free Vibrations of the Torsional Vibration Damper

For torsional vibration analysis, dunkerley formula, Rayleigh method, Holzer method, Matrix method and Jacobi method were used numerically. As a standard value-value problem, in addition to choleski parsing, many different methods have been used to find a numerical solution to the self-worth problem (Jennings, 1984; Wilkinson, 1965). Bathe and Wilson have compared some of these methods (Bathe & Wilson, 1973). In recent studies, studies have been carried out on methods that can solve complex self-worth problems more simply (Cohen & McCallion, 1967; Fricker, 1983). Studies on obtaining natural frequency values using Sturm arrays (Gupta, 1972). Using topological methods, the discrete system model was presented in an alternative way to solve vibration problems (Chen & Chen, 1969). Computer aided methods and experimental methods are presented in literature research. Double mass rubber and viscous torsional vibration damper, an innovative torsional vibration pulley, have focused on methods that will achieve optimum time, ease of use and accurate result parameters of natural frequency and mode.

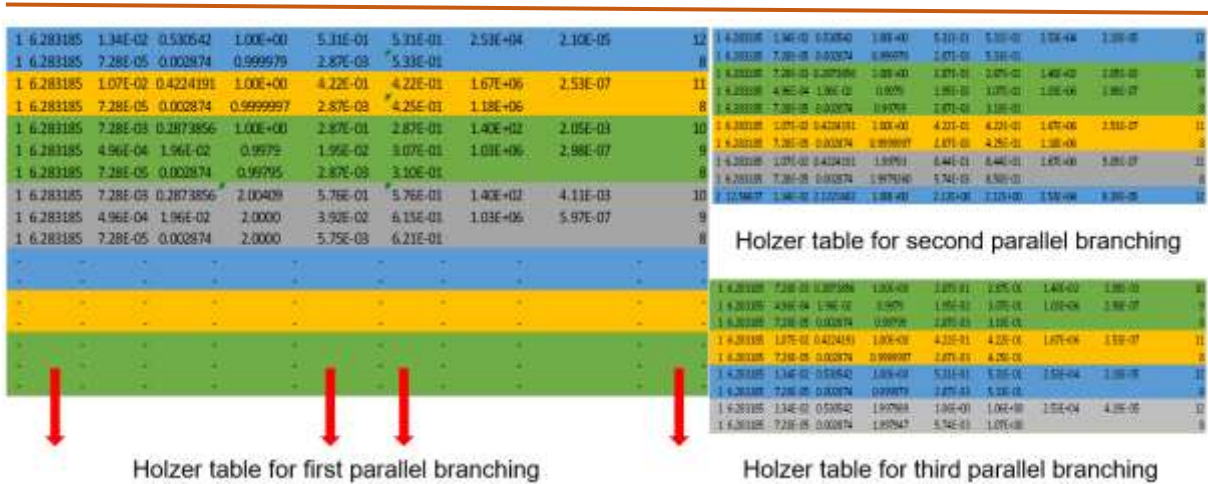


Figure 2 Holzer tables for DMRV-TVD

There is no need to derive frequency equations in the Holzer table method (Figure 2). Therefore, it consists of filling in the parameter values in the table for a selected "angular natural frequency" w and observing the final state. When an object vibrates with natural frequency, it can maintain its motion without the need to apply an external torque (M_d) of resonance amplitude. This angular is the main feature that emphasizes the physical meaning of the natural frequency. These amplitudes are arbitrarily shaped according to the size of the first sudden torque pulse we apply in a manner that will drag the torsional system under consideration to free vibration at the natural frequency of that system. For this reason, if the amplitude of one of the masses on the system is assumed to be assigned a certain value as 1, the angular-displacements of the other masses can be easily determined depending on this value. By making use of this property of the amplitudes, it arises that the sum of all internal inertia forces in the system must be zero (Karabay, 2017).

$$\left(-w^2 \cdot nf \cdot \begin{bmatrix} j1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & j5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k1 + k3 + k4 & -k1 & 0 & -k3 & -k4 \\ -k1 & k1 + k2 & -k2 & 0 & 0 \\ 0 & -k2 & k2 & 0 & 0 \\ -k3 & 0 & 0 & k3 & 0 \\ -k4 & 0 & 0 & 0 & k4 \end{bmatrix} \right) \cdot \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$w = \begin{bmatrix} 3.116 \cdot 10^4 \\ 5.797 \cdot 10^3 \\ 321.413 \\ 25.091 \\ 3.723 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix}$
 $j1 = 7.28 \cdot 10^{-5}$
 $j2 = 0.000496016$
 $j3 = 0.007279563$
 $j4 = 0.0107$
 $j5 = 0.013438787$
 $k1 = 1.03 \cdot 10^6$
 $k2 = 140$
 $k3 = 1.67 \cdot 10^6$
 $k4 = 2.53 \cdot 10^4$
 $V = \begin{bmatrix} 0.998 & -0.339 & 0.513 & 0.252 & -0.447 \\ -0.057 & -0.91 & 0.514 & 0.252 & -0.447 \\ 2.868 \cdot 10^{-8} & 1.362 \cdot 10^{-5} & -0.002 & -0.862 & -0.447 \\ -0.004 & 0.045 & 0.527 & 0.252 & -0.447 \\ -4.903 \cdot 10^{-3} & 4.823 \cdot 10^{-3} & -0.44 & 0.256 & -0.447 \end{bmatrix}$

Figure 3 Matrix method and parameters of DMRV-TVD

The matrix iteration method assumes that the natural frequencies are distinct and well separated such that $\omega_1 < \omega_2 < \dots < \omega_n < \omega_n$. The iteration is started by selecting a trial vector \vec{x}_1 , which is then premultiplied by the dynamical matrix [D]. The resulting column vector is then normalized, usually by making one of its components equal to unity. The normalized column vector is premultiplied by [D] to obtain a third column vector, which is normalized in the same

way as before and becomes still another trial column vector. The process is repeated until the successive normalized column vectors converge to a common vector: the fundamental eigenvector. The normalizing factor gives the largest value of $\lambda = 1/\omega^2$ that is, the smallest or the fundamental natural frequency (Mahalingam, 1980). The convergence of the process is explained in Figure 3.



Figure 4 Mesh model of the DMRV-TVD system

Modal analysis, also called frequency analysis, finds natural frequencies and vibration shapes associated with these frequencies. Vibration modes describe a mass that oscillates without damping and forcing forces. While a real-life structure may have an infinite number of degrees of freedom, it still has discrete vibration modes. With its frequency value and associated mode shape, each mode corresponds to the situation where the force due to stiffness is equal to and opposite to the force from inertia (M.Kurowski, 2017).

$$[K]. [x] = [F] \quad (1)$$

$$[M]\ddot{x} + [C]\dot{x} + [K]x = [F(t)] \quad (2)$$

where

[M]—mass matrix

[C]—damping matrix

[K]—stiffness matrix

[F]—vector of nodal loads

[x]—vector of nodal displacements

Modal analysis deals with free and undamped vibrations where $[F(t)] = 0$ (no excitation force) and $[C] = 0$ (no damping). Therefore, Eq. (2) can be simplified to:

$$[M]\ddot{x} + [K]x = 0 \quad (3)$$

Finding nonzero solutions of Eq. (3) presents an eigenvalue problem; it provides modal frequencies and associated mode shapes of vibration:

$$[K]\{\phi\}_j = \omega_i^2 [M]\{\phi\}_j \quad (4)$$

Equation Eq. (4) has n solutions, where ω_i^2 is called the eigenvalue, and the corresponding vector $\{\phi\}_i$ is called the eigenvector. The relation between eigenvalue and frequency expressed in Hertz is

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (5)$$

In this study, Ansys software is used to execute the finite element method. Separate material assignment of the parts is made based on a realistic Cad model. Later, connection and boundary conditions are defined to simulate the reality. Another critical issue is determining

parametrically a mesh model belonging to the cranktrain system, as shown in Figure 4, to obtain the most accurate result.

In this study, Ansys software is used to execute the finite element method. Separate material assignment of the parts is made based on a realistic Cad model. Later, connection and boundary conditions are defined to simulate the reality. Another critical issue is determining parametrically a mesh model belonging to the cranktrain system, as shown in Figure 4, to obtain the most accurate result.

2.2. Modal Test for Torsional Vibration Damper

Since any dynamic response of a structure can be obtained as a combination of its modes, a knowledge of the mode shapes, modal frequencies, and modal damping ratios constitutes a complete dynamic description of the structure. Experimental modal analysis, also known as modal analysis or modal testing, deals with the determination of natural frequencies, damping ratios, and mode shapes through vibration testing (Brinkman & Macioce, 1985; deSilva & Palusamy, 1984; Dovel, 1989). Two basic ideas are involved:

1. When a structure, machine, or any system is excited, its response exhibits a sharp peak at resonance when the forcing frequency is equal to its natural frequency when damping is not large.
2. The phase of the response changes by 180° as the forcing frequency crosses the natural frequency of the structure or machine, and the phase will be 90° at resonance.

The modal test is used to compare the performance of numerical methods and the results of the modal test were accepted as reference.

The modal test for DMRV-TVD shown in Figure 5 is used to compare the performance of numerical methods, and the results of the modal test have been accepted as reference.

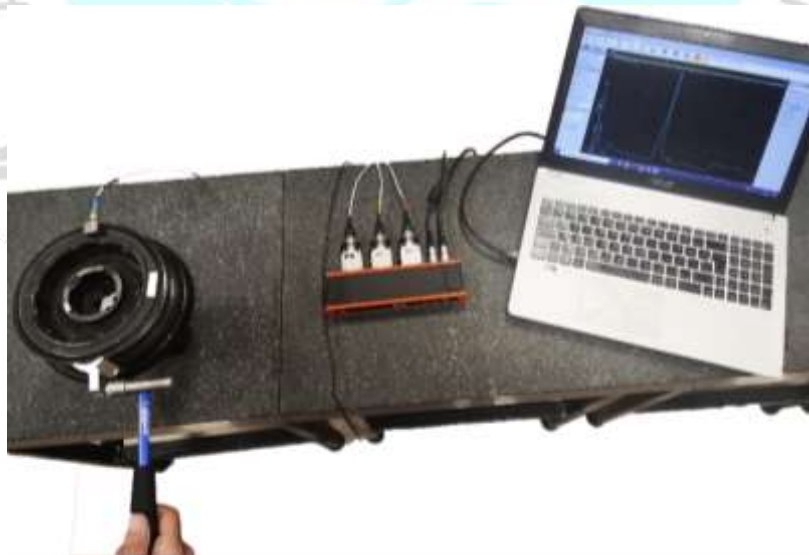


Figure 5 Modal test interface with the DewesoftX software, the accelerometer and modal hammer

While in the actual situation the crankshaft is fixed to the hub, for the DMRV-TVD modal test, a shaft is fixed to the hub. The accelerometer is connected to the pulley part, which is the outer part of the DMRV-TVD. On the same part, a part is attached to the opposite side of the accelerometer to hit it with a modal hammer. The responses of the pulley excited by the modal

hammer on the rotary axis are collected from the accelerometer. By connecting the accelerometer and modal hammer to the Dewesoft device, the productive sensitivity values of the accelerometer are entered. After opening the modal test interface with the DewesoftX software, the accelerometer and modal hammer force data are checked. During the test, it is important to operate with a single touch and avoid a double hit from the hammer. After the force from the hammer and the acceleration data from the accelerometer are recorded, the modal frequencies are checked from the FFT Graph.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Frequency scanning is performed from one to the end of the working range in the Holzer tables. Values, where total torque is equal to zero, are considered natural frequency. Accordingly, the frequency - total torque graph is drawn, and the natural frequency values are determined. In Figure 6-a and 6-b, the first and second torsional natural frequency values are seen as 23hz. and 307hz. respectively.

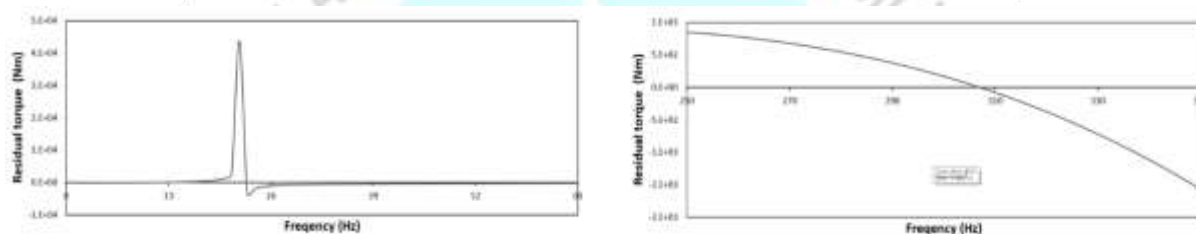


Figure 6 a) First b) Second torsional natural frequency by Holzer method

Finite element modal analysis values expected to be at relative values with the Holzer method. Since the torsional vibration damper has parts that are not visible from the outside, a section has been taken as shown in Figure 7 to understand the mode shapes better. In Figure 7-a, the first torsional natural frequency is found on TVD and about 22,64hz. In Figure 7-b, the second torsional natural frequency value is calculated as 316,28hz.

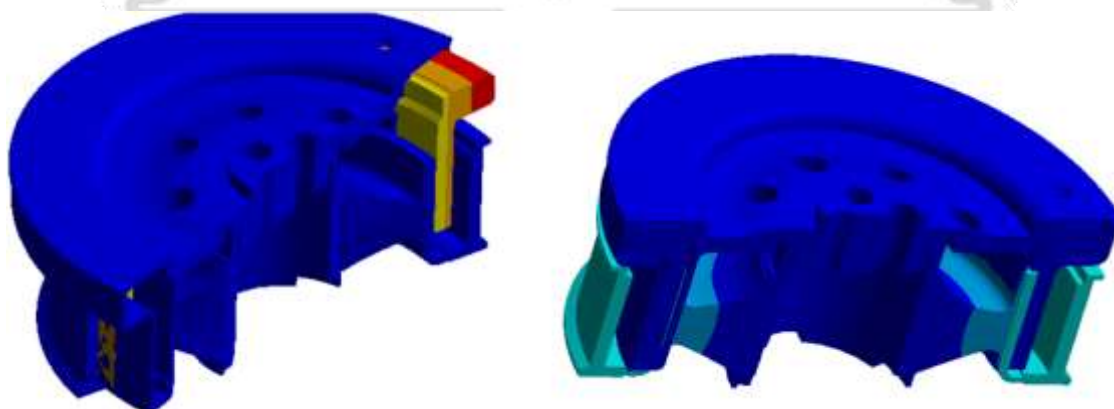


Figure 7 a) First b) Second torsional natural frequency by finite element method

In Figure 8, the first two natural frequency values of 4 different methods are given on the FFT graph. The FFT graph was obtained from the modal test results and transferred to the computer with the DewesoftX software.

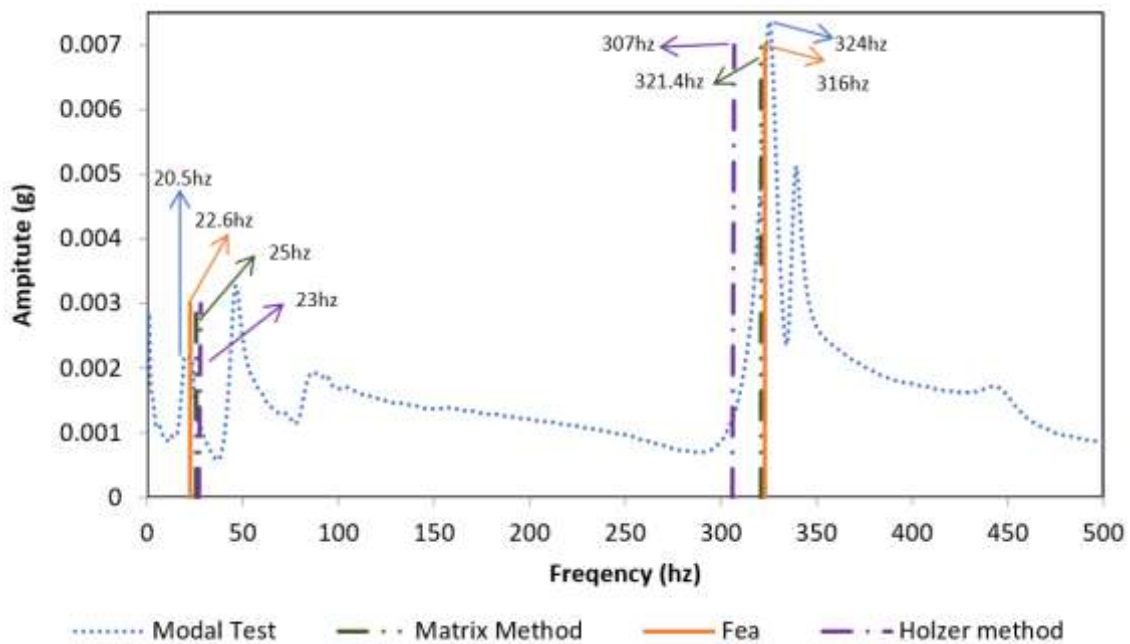


Figure 8 The first two natural frequencies of the 4 methods on the FFT graph

In this table, Holzer, matrix, finite element method and modal test natural frequency results are given comparatively. According to these results, the first natural frequency values calculated by Holzer and matrix methods are relatively far from the reference value. When these methods are considered as simple methods with very few degrees of freedom, they turn out to have very satisfactory results.

Table 1. Method comparison chart

Method	1 st torsional natural frequency	Converge	2 nd torsional natural frequency	Converge
Holzer Method	23	88%	307	95%
Matrix Method	25,09	78%	321,4	99%
Finite Element Method	22,6	91%	316	97,5%
Modal Test	20,5	reference	324	reference

4. CONCLUSIONS

According to these results, the first natural frequency values calculated by Holzer and matrix methods are relatively far from the reference value. When these methods are considered as

simple methods with very few degrees of freedom, they turn out to have very satisfactory results.

5. REFERENCES

- Bathe, K. -J., & Wilson, E. L. (1973). Solution methods for eigenvalue problems in structural mechanics. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- Brinkman, B. A., & Macioce, D. J. (1985). UNDERSTANDING MODAL PARAMETERS AND MODE SHAPE SCALING. *S V Sound and Vibration*.
- Chen, W. K., & Chen, F. Y. (1969). Topological analysis of a class of lumped vibrational systems. *Journal of Sound and Vibration*.
- Cohen, E., & McCallion, H. (1967). Economical methods for finding eigenvalues and eigenvectors. *Journal of Sound and Vibration*.
- deSilva, C. W., & Palusamy, S. S. (1984). EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS - A MODELING AND DESIGN TOOL. *Mechanical Engineering*.
- Dovel, G. (1989). Modal analysis: A dynamic tool for design and troubleshooting. *Mechanical Engineering*.
- Fricker, A. J. (1983). A method for solving high-order real symmetric eigenvalue problems. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- Gupta, K. K. (1972). Solution of eigenvalue problems by sturm sequence method. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- Jennings, A. (1984). Eigenvalue Methods For Vibration Analysis. Ii. *Shock And Vibration Digest*.
- K. Wakabayashi, Y. Honda, T. Kodama, K. S. (1995). Torsional vibration damping of diesel engine with rubber damper pulley. *JSME Int. J. Series C*, 38(4), 670–678.
- Karabay, S. (2017). *Mekanik Titreşimler*. Birsen Yayınevi.
- M.Kurowski, P. (2017). Finite Element Analysis for Design. In *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Issue 8).
- Mahalingam, S. (1980). Iterative procedures for torsional vibration analysis and their relationships. In *Journal of Sound and Vibration*.
- Mendes, A. S., Meirelles, P. S., & Zampieri, D. E. (2008). Analysis of torsional vibration in internal combustion engines: Modelling and experimental validation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-Body Dynamics*, 222(2), 155–178.
- Milašinović, A., Milovanović, Z., Knežević, D., & Mujanić, I. (2016). Determination of differential equations of motion and parameters of an elastic internal combustion engine crankshaft. *Transactions of Famena*, 40(2), 83–95.
- Mitianiec, W., & Buczek, K. (2008). Torsional Vibration Analysis of Crankshaft in Heavy Duty Six Cylinder Inline Engine. *Czasopismo Techniczne. Mechanika*, R. 105, z. 8–M, 193–207.

- Özgür, K., & Pasin, F. (1996). Separation phenomena in force closed cam mechanisms. *Mechanism and Machine Theory*.
- Ramdasi, S. S., & Marathe, N. V. (2004). Predictive-Cum-Experimental Analysis of Torsional / Bending and Crankcase Vibrations and Design of Optimum Tuned Damper. *SAE Technical Papers, 2004-Janua*(January).
- Sezgen, H. Ç., & Tınkır, M. (2021). Optimization of torsional vibration damper of cranktrain system using a hybrid damping approach. *Engineering Science and Technology, an International Journal*.
- Shahane, V. C., & Pawar, R. S. (2017). Optimization of the crankshaft using finite element analysis approach. *Automotive and Engine Technology, 2*(1-4), 1-23.
- Tan, X., Hua, L., Lu, C., Yang, C., Wang, Y., & Wang, S. (2017). A new method for optimizing the parameters of torsional vibration dampers. *Journal of Vibroengineering, 19*(6), 4155-4171.
- Vatandaş, S. (2017). Gemi Şaft Sistemi Burulma Doğal Frekanslarının Holzer Metodu Algoritması İle Tespit Edilmesi. In *Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Villalva, S. G., Bittencourt, M. L., & Zampieri, P. R. (2013). Methodology for automotive crankshaft design using analytical and flexible models. *SAE Technical Papers, 13*.
- Wilkinson, J. H. (1965). *The Algebraic Eigenvalue Problem* Oxford University Press. New York.
- Witek, L., Stachowicz, F., & Załęski, A. (2017). Failure investigation of the crankshaft of diesel engine. *Procedia Structural Integrity, 5*, 369-376.
- Zhu, H., Chen, W., Zhu, R., Gao, J., & Liao, M. (2020). Study on the Dynamic Characteristics of a Rotor Bearing System with Damping Rings Subjected to Base Vibration. *Journal of Vibrational Engineering and Technologies, 8*(1), 121-132.



GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

TORSIONAL NATURAL FREQUENCY ANALYSIS OF A CRANKTRAIN SYSTEM USING HOLZER AND FINITE ELEMENT METHOD

Haşmet Çağrı SEZGEN ¹, Mustafa TINKİR ²

¹ KTO Karatay University, Vocational School of Commerce and Industry,

ORCID 0000-0002-6265-4259

² Necmettin Erbakan University, Department of Mechanical Engineering,

ORCID 0000-0002-9259-308X

ABSTRACT

This study aims to obtain the torsional natural frequencies and mode shapes of the twelve degrees of freedom cranktrain system consisting of a flywheel, crankshaft, and torsional vibration damper elements using Holzer and finite element methods. An equivalent lumped mass model of the proposed cranktrain system is created by considering twelve masses connected with spring and damping elements. In equivalent modeling approach, eight elements of the lumped mass model are connected in series, the rest four masses are connected by three parallel branchings. Also, these four masses express the torsional vibration damper includes rubber and silicone materials. Generally, the Holzer method is often used to obtain the torsional natural frequency of multi-degree of freedom series-connected systems, therefore a parallel lumped-mass model in which three separate masses are connected to a single mass is not encountered in the literature. Thus, in this study, the Holzer method approach has been developed to determine the torsional natural frequencies of lumped-mass models obtained as multiple parallel branching. Then the modal analysis is realized using the finite element method to compare the obtained results as to the Holzer method. In modal analysis Ansys Workbench software is utilized. While the finite element model is created with 1.2 million degrees of freedom, the Holzer method's model has only twelve degrees of freedom. At the end of the study, the torsional natural frequencies obtained by the Holzer method are compared with the finite element method, and it was determined that it approached 90%.

Keywords: Torsional vibration, Torsional natural frequency, Holzer Method, Modal Analysis, Finite element Method, Ansys Workbench

1. INTRODUCTION

Rotating parts are inherently subject to torsional loads. On the other hand, high-speed rotating components are subjected to torsional vibration and torsional load. Suppose torsional vibration is not included in the design criteria in systems obtained with rotating elements. Even if it is statically safe, the fatigue-life of the system will be low. The most crucial factor that distinguishes torsional vibrations from lateral vibrations is that torsional vibrations cannot be detected until damage occurs. For this reason, the term "insidious vibrations" can be encountered in foreign literature to express the difficulty in detecting torsional vibrations. (Hammady, 2017)

In this study, the cranktrain, an indispensable part of the automotive and machinery sector, was used as a system obtained from rotating elements. The cranktrain system discussed in this study belongs to a four-cylinder high-torque and cycle diesel internal combustion engine. Cranktrain system generally consists of three main parts: flywheel, crankshaft, and torsion vibration pulley. One of the most significant mechanical problems of this type of engine is the crankshaft breakage over dynamic loads. In order to make fatigue life calculations in the frequency or time domain of the crank system, it is necessary to determine the vibration characteristics of the structure, the loading state and the dynamic behaviour of the material used. In this study, the vibration characteristics of cranktrain, a structure exposed to torsional vibration, have been investigated using Holzer and finite element methods.

When the previous studies are examined, the Holzer method has been successfully applied to calculate the natural frequencies of multi-degree freedom rotating systems. For example, (Quiroga et al., 2019) compared the results of a simple three-mass system by calculating the first two natural frequencies using the Holzer and finite element method. The results obtained with the Holzer table obtained from the equivalent model in which three masses were connected in series with a spring approached 98% to the finite element method. (Jayanathan & Shrivankumar, 2018) studied the vibration characteristics of the power transmission system of the ship diesel engine. Natural frequency values were determined by the Holzer method from the equivalent model obtained by the discrete mass model. There was a 6.75% difference between the values obtained from the independent design office and the Holzer method. (Tamkhade & Kondhalkar, 2012) designed a viscous torsional damper for a six-cylinder diesel engine. The cranktrain was simplified to obtain an equivalent mass model consisting of ten masses. A Holzer table was constructed using mass moments of inertia, spring constants, and other parameters. By scanning the table with frequency values, it was found that there is a natural frequency where the torque value is equal to zero. This result has shown an accuracy of over 90% by comparing it with experimental methods.

The performance of the modal analysis using the computer-aided finite element method gives satisfactory results compared with the experimental results. (Zhao & Jiang, 2009) calculated the natural frequency of the crankshaft using five different methods, including the finite element method, and compared the results. The finite element method approached a reference value accepted as correct with an error rate of 4.4%. (Shah & Bhabhor, 2014) found the same values with two different computer-aided finite element software Ansys and Hypermesh, to find the crankshaft's natural frequency and mode shapes belonging to a high-speed diesel engine. Mass inertia and stiffness matrices can be obtained very precisely in modal analysis studies using the finite element method. The systems considered can have approximately over one million degrees of freedom. Therefore, the accuracy of the results obtained is much higher than other

numerical methods. Apart from the advantage of this situation, the need for high CPU brings with it the problem of adaptation to different models. Apart from this, when the literature is examined, the software used are commercial products and their prices are very high.

In this study, the Holzer method, which is one of the widely used methods to determine the vibration characteristics of systems exposed to torsional vibration, has been used by modifying it specifically for the system under consideration. The natural frequency values obtained by the modified Holzer method were compared with the results of the computer-aided modal analysis using the finite element method.

2. THE DYNAMIC MODELING OF THE CRANKTRAIN SYSTEM

To dynamically model a real system, a simplified equivalent model is first needed. However, it must be verified that this simplified equivalent model simulates the real system. The cranktrain system discussed in this study has been facilitated by using the lumped mass model. Consisting of twelve masses in total, one of the equivalent model masses is for the flywheel, six for the crankshaft, and five for the torsional vibration damper. The section is shown in green in Fig 1. belongs to the torsional vibration damper. Unlike the other parties, here, the model is obtained using parallel branching. This situation has been acquired by examining both the assembly method and the experimental results.

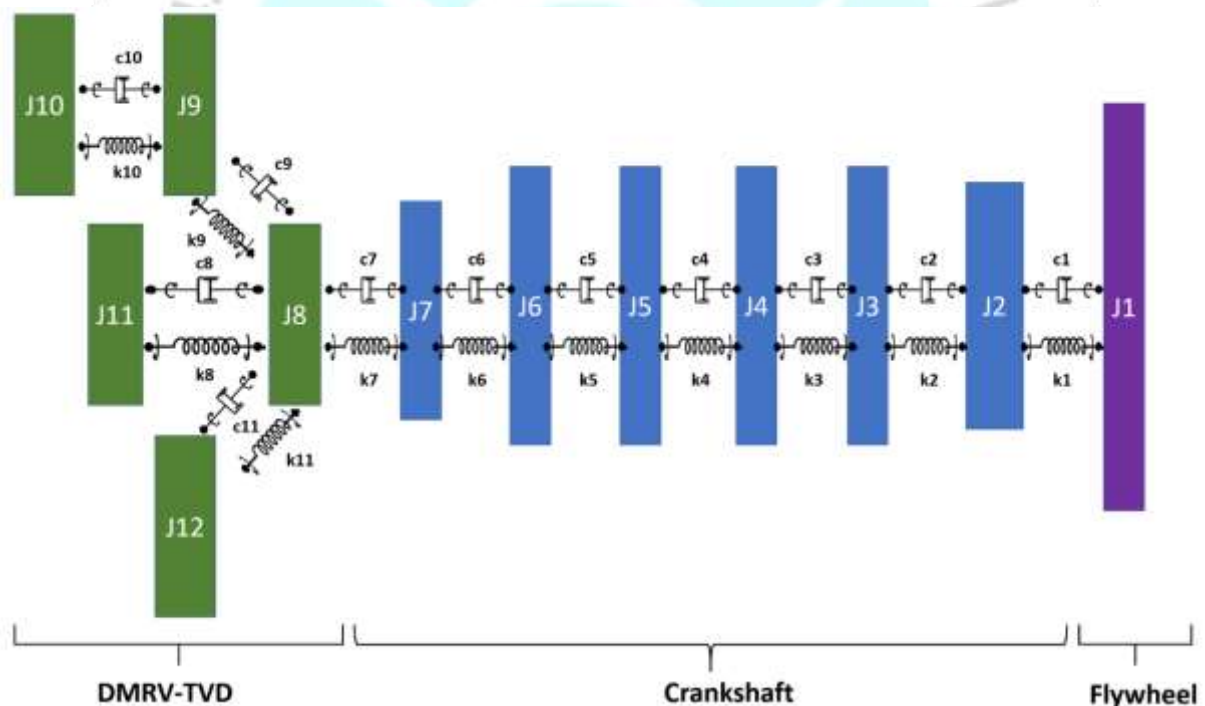


Figure 9. Cranktrain lumped mass model

The motion of equations of a double mass rubber and viscous torsional vibration damper (DMRV-TVD) obtained from the lumped mass model is obtained (Sezgen & Tınkır, 2021). The unknown parameters of the equations of motion, the moment of inertia, stiffness and damping coefficient, are also calculated according to geometry and material properties. Since the equations of motion are created using Newton's second law, they can be adapted to any method in classical mechanics.

2.1. Computer-Aided Finite Element Method: Undamped Free Vibrations of the Cranktrain

Modal analysis, also called frequency analysis, finds natural frequencies and vibration shapes associated with these frequencies. Vibration modes describe a mass that oscillates without damping and forcing forces. While a real-life structure may have an infinite number of degrees of freedom, it still has discrete vibration modes. With its frequency value and associated mode shape, each mode corresponds to the situation where the force due to stiffness is equal to and opposite to the force from inertia (M.Kurowski, 2017).

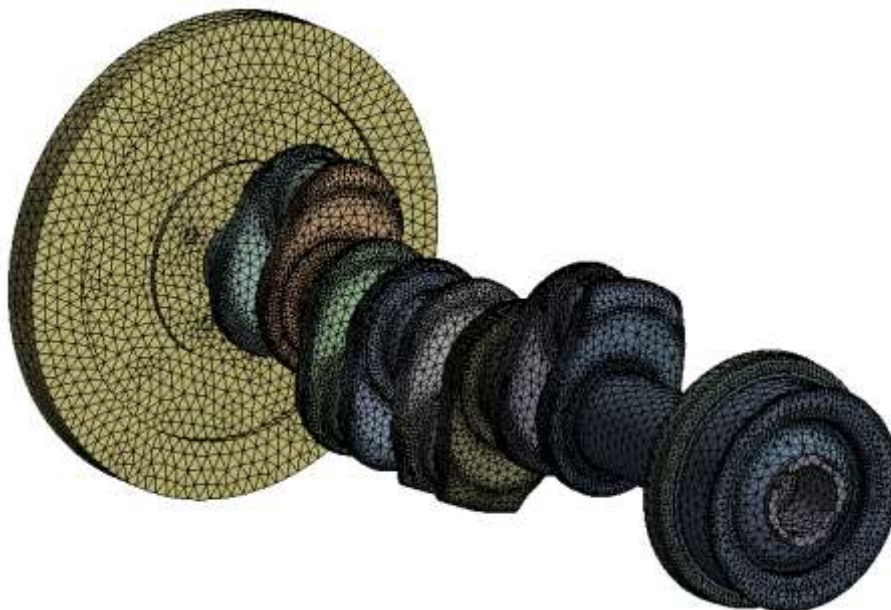


Figure 10. Mesh model of the Cranktrain system

$$[K]. [x] = [F] \quad (1)$$

$$[M]\ddot{x} + [C]\dot{x} + [K]x = [F(t)] \quad (2)$$

where

[M]—mass matrix

[C]—damping matrix

[K]—stiffness matrix

[F]—vector of nodal loads

[x]—vector of nodal displacements

Modal analysis deals with free and undamped vibrations where $[F(t)] = 0$ (no excitation force) and $[C] = 0$ (no damping). Therefore, Eq. (2) can be simplified to:

$$[M]\ddot{x} + [K]x = 0 \quad (3)$$

Finding nonzero solutions of Eq. (3) presents an eigenvalue problem; it provides modal frequencies and associated mode shapes of vibration:

$$[K]\{\phi\}_j = \omega_i^2 [M]\{\phi\}_j \quad (4)$$

Equation Eq. (4) has n solutions, where ω_i^2 is called the eigenvalue, and the corresponding vector $\{\phi\}_i$ is called the eigenvector. The relation between eigenvalue and frequency expressed in Hertz is

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \tag{5}$$

In this study, Ansys software is used to execute the finite element method. Separate material assignment of the parts is made based on a realistic Cad model. Later, connection and boundary conditions are defined to simulate the reality. Another critical issue is determining parametrically a mesh model belonging to the cranktrain system, as shown in Figure 2, to obtain the most accurate result.

2.2. Holzer Method: Undamped Free Vibrations of the Cranktrain

There are methods for finding the natural frequencies of systems such as matrix, finite element, energy and analytical method. The Holzer method is a frequently used method to find torsional natural frequencies and mode shapes of multi-mass rotating elements (Wang, 2013).

The system does not need any external load to maintain its motion while oscillating at the natural frequency value in the undamped free state (Tinkir et al., 2015). In the Holzer method, torsion angle and torque values are calculated for all masses, respectively, with the oscillation value input estimated from one end of the system. The input oscillation value at which the total torque value is equal to zero in the final mass is the system's natural frequency (J.S.Rao, 2011).

The Holzer method is frequently used to find the torsional natural frequencies and mode shapes of rotating elements. However, the classical Holzer method is used only for equivalent models obtained from masses connected in series. For this reason, in this study, a method called the "modified Holzer method" has been developed and made; it can be used for equivalent models obtained from parallel-connected masses.

Figure 11. Holzer table for a) First parallel branching, b) Second parallel branching c) Third parallel branching

In this method, the mass and stiffness effects of other branches are transferred to one of the parallel branches, and a solution is made over a single branch. Then the process is repeated for the other parallel branches. As shown in Figure 2, the Holzer table is created as much as the number of parallel branches obtained. The vibration characteristic of the system is obtained by combining the natural frequency values obtained from all these Holzer tables.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Frequency scanning is performed from one to the end of the working range in the Holzer tables. Values, where total torque is equal to zero, are considered natural frequency. Accordingly, the frequency - total torque graph is drawn, and the natural frequency values are determined. In Figure 4-a and b, the first and second torsional natural frequency values are seen as 230hz. and 340hz. respectively. In Figure 4-c, the frequency value is not started from zero because the related area becomes obscure as the amplitude diverges excessively. In this graph, it is seen that the third torsional natural frequency value is approximately 614. In Figure 4-d, the fourth natural frequency value in the examined range is found to be 965 hz.

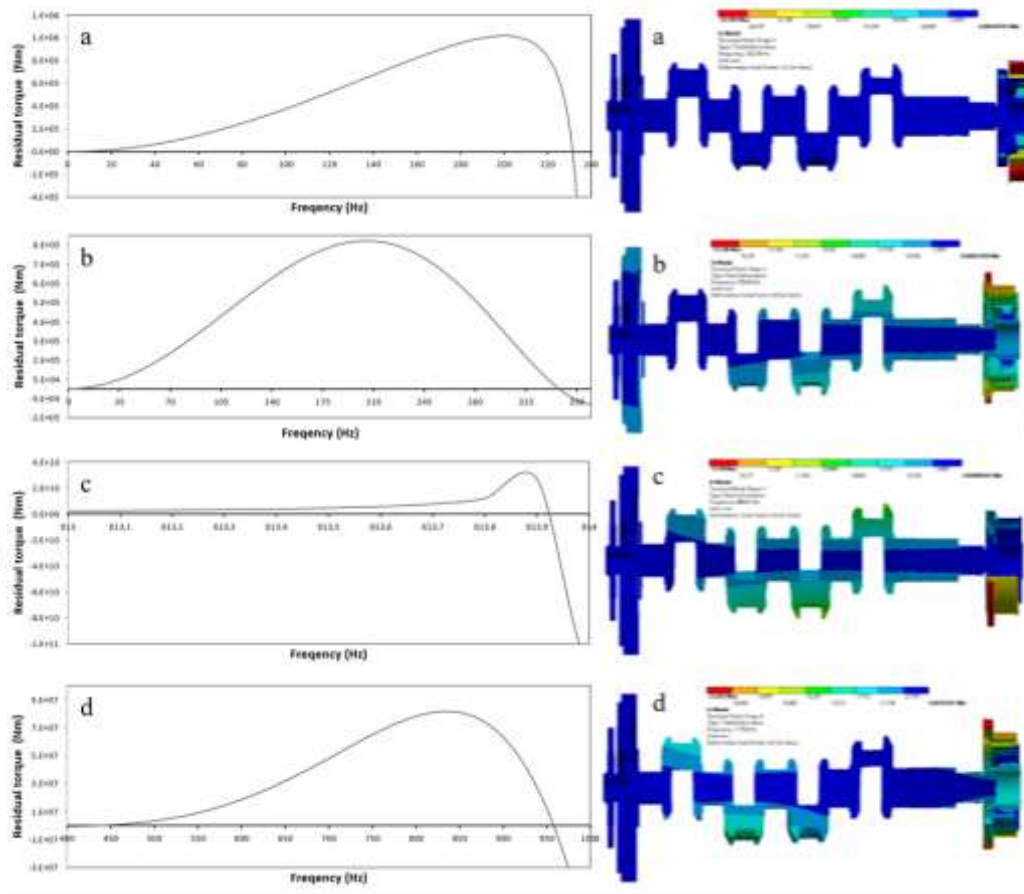


Figure 4 Torsional natural frequency by Holzer method a) first b) second c) third d) fourth

Figure 5 Torsional natural frequency by Finite element method a) first b) second c) third d) fourth

Finite element modal analysis values expected to be at relative values with the Holzer method. Since the torsional vibration damper has parts that are not visible from the outside, a section has been taken as shown in Figure 5 to understand the mode shapes better. In Figure 5-a, the first torsional natural frequency is found on TVD and about 230hz. In Figure 5-b, the second torsional natural frequency value is calculated as 350hz, and the mode shape became effective on the crankshaft. Figure 5-c shows that the third torsional natural frequency is 609 hz. Figure 5-d shows that the frequency value of the last mode shape in the operating frequency range is 1179 hz.

Table 1. Comparative results of the first four torsion natural frequencies using the Finite element and Holzer method.

Method	1 st	Converge	2 nd	Converge	3 th	Converge	4 th	Converge
	torsional natural frequency		torsional natural frequency		torsional natural frequency		torsional natural frequency	
Holzer Method	230	99%	340	97%	613,9	99%	965	78%
Finite Element Method	230,76	-	350,04	-	609,41	-	1179,6	-

In Table 1, it is shown how close the Modified Holzer method to the finite element method for the first four natural frequency values. Outside the fourth torsional natural frequency, a satisfactory convergence has been achieved. The divergence of the fourth torsional natural frequency value is that the stiffness and damping coefficients of the materials in the model exhibit viscoelastic behaviour are calculated according to the velocity values in the operating range.

4. CONCLUSIONS

In this study, cranktrain, a complex system subjected to torsional vibration, is discussed. The complexity of the system has been studied discontinuously, making it impossible to examine it continuously. Using the computer-aided finite element method, an equivalent model with a mesh structure with over one million degrees of freedom has been obtained. In addition, another equivalent model with twelve degrees of freedom determined by using the discrete system model according to the motion characteristics was obtained. Natural frequency calculations were made by using finite elements with twelve degree of freedom structure and a complex equivalent model using the Holzer method. The results of the Holzer method, which was created and carried out quite simply, were found satisfactory.

5. REFERENCES

- Hammady, Y. A. (2017). *The Modeling And Simulation For Vibration Of Gas Turbine Shaft* (Issue December). Erciyes University.
- J.S.Rao. (2011). *History of rotating machinery*.
- Jayanathan, P. L., & Shrivankumar, C. (2018). Torsional vibration characteristics of power transmission system. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 402(1).
- M.Kurowski, P. (2017). Finite Element Analysis for Design. In *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* (Vol. 44, Issue 8).
- Quiroga, J., Bohórquez, O., Ardila, J., Bonilla, V., Cortés, N., & Martínez, E. (2019). Torsional natural frequencies by Holzer method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1160(1).
- Sezgen, H. Ç., & Tinkır, M. (2021). Optimization of torsional vibration damper of cranktrain

system using a hybrid damping approach. *Engineering Science and Technology, an International Journal*.

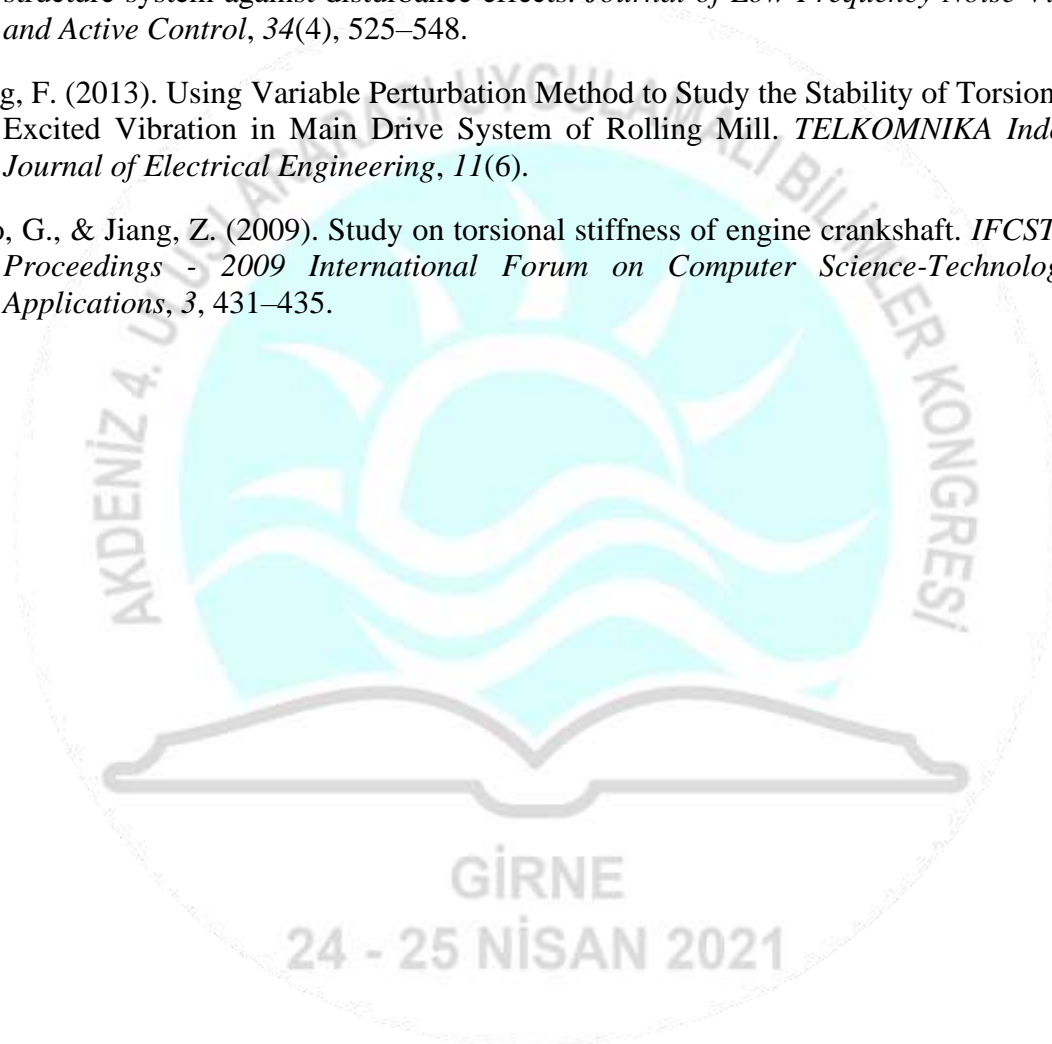
Shah, P. D., & Bhabhor, P. K. K. (2014). Finite Element Approach for Study of Torsional and Bending Effect on Four Cylinder Engine Crankshafts. *International Journal of Thesis Projects and Dissertations*, 2(2), 22–34.

Tamkhade, H. S., & Kondhalkar, G. S. (2012). Design and Development of Viscous Torsional Vibration Damper for Inline Six Cylinder Engine. *International Engineering Research Journal*, 2, 404–415.

Tinkir, M., Kalyoncu, M., & Şahin, Y. (2015). Modelling and controller design for a flexible structure system against disturbance effects. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 34(4), 525–548.

Wang, F. (2013). Using Variable Perturbation Method to Study the Stability of Torsional Self-Excited Vibration in Main Drive System of Rolling Mill. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 11(6).

Zhao, G., & Jiang, Z. (2009). Study on torsional stiffness of engine crankshaft. *IFCSTA 2009 Proceedings - 2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications*, 3, 431–435.



STRUCTURAL ANALYSIS OF EXPANDED METAL PRESS BODY AND MECHANISM

Abdullah ÖZKAN¹, Ahmet Saygın ÖĞÜLMÜŞ², Mustafa TINKIR³

¹ KTO Karatay University, Faculty of Engineering, 0000-0002-6856-8415

² Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, 0000-0001-6498-4318

³ Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, 0000-0002-9259-308X

ABSTRACT

As a result of the continuous development of production, the demand for press manufacturing and metal forming sector is also increasing. Increase in demand in the press industry, the need to develop more efficient and innovative press mechanisms arises. Additionally press mechanisms should be designed with the need for higher quality product processing. The most common mechanisms used in mechanical presses other than hydraulic presses are crank slider and knuckle joint mechanisms. In this study, the structural analysis of the press body and the mechanism as a result of the transformation of a mechanical press operating with a crank slider mechanism into a knuckle joint mechanism was carried out and the effect of the resulting load distribution on the parts was investigated. Since the press bodies and mechanism components are exposed to very high loads in accordance with the designs made, they may encounter structural problems. In order to avoid these problems, innovative designs should be made according to the results of the structural analysis and the safety factors deemed appropriate in the literature. The expanded metal press discussed in this study is a mechanical press that produces 200 tons of force by means of an electric motor drive and flywheel. In addition, in the study, by considering the load conditions to which the expanded metal press is subjected, structural analyses of the body and mechanical components were made using Ansys finite element software and material thicknesses were checked. The material properties of the components have been defined according to the studies in the literature, and the stress and strain contour plots have been obtained. The boundary conditions are determined in accordance with the operating conditions of the machine. The stresses occurring during the operation of the machine with the crank slider mechanism and the optimized knuckle joint mechanism were calculated and compared. The minimum material thicknesses were determined by examining the stress distribution and deformation distribution on the body and mechanism components of the static loads that occur during the work.

Keywords: Mechanical press, structural analysis, knuckle joint mechanism

1. INTRODUCTION

Heavy industry requires high power in the metal forming sector, and accordingly, hydraulic systems have become popular due to reasons such as the presses with crank slider mechanism

not providing the desired power, high torque requirement and the desired variable velocities. Hydraulic systems can be applied to all presses operating with the smallest capacity, from the presses required by large pressures (500-2000 tons). Velocity control can be done as desired, the system is simple and very easy to control, it can generate very large powers, and it can be remotely controlled, enabling hydraulic systems to be used in press benches. Mechanical and hydraulic systems that provide great benefits in steel industry, hot metal workmanship, automobile industry at high temperatures and under high loads are used in all kinds of pressing processes. Hydraulic presses are used in cutting dies where pulsed work is required and they give better results than mechanical presses. It has made it available in almost every branch of the industry (Tinkir and Sezgen 2017). The advantage of hydraulic presses over mechanical presses is that they have adjustable stroke and velocity control. The biggest impact on productivity in the use of presses is the adjustable velocity and adjustable ram stroke along with the processing quality. In mechanical presses, these parameters can be adjusted according to necessity with multi-link mechanisms. To use multi-link mechanisms in presses, the working conditions of the links under load, their mechanical strength and the strength of the body under these loads must be controlled, (Maohua and Dengsong 2014). Otherwise, problems such as cracking, fracture, plastic deformation caused by stresses or high costs depending on the thickness of the material to be used may occur (Dilmeç, Elmas, and Turhan 2019). In this study, in the work done on an expanded metal press with 200 tons capacity; Structural analysis, optimization and kinematic analysis of the optimized mechanism were performed, and the structural analysis of the knuckle joint mechanism optimized with the crank slider mechanism were compared (Özkan 2020). These studies were carried out using Solidworks CAD and Ansys Workbench finite element program. According to the results obtained in the structural analysis graphics; It has been observed that 50% less stress occurs in the eccentric shaft with the use of knuckle joint mechanism in the industrial 200 tons H type eccentric press. It is concluded that the mechanism parts provide working safety with the right material selection.

2. STRUCTURAL ANALYSIS OF PRESS

2.1. Expanded Metal Press Process

Expanded metal plates are needed for use in some areas of the industry. Fryer grills, decorative showcases, architectural applications, industrial separators, vehicle oil filters are some of their usage areas. The purpose of its use, besides being aesthetic, is that it can expand the metal up to three times the length without wastage and without producing sawdust. In Figure 2.1, the appearance and processing style of the expanded metal sheet is given. Expanded metal press performs both cutting and shaping in one-time movement of the ram head due to its mold form. Ram performs both cutting and shaping in one movement owing to the mold attached to the table.

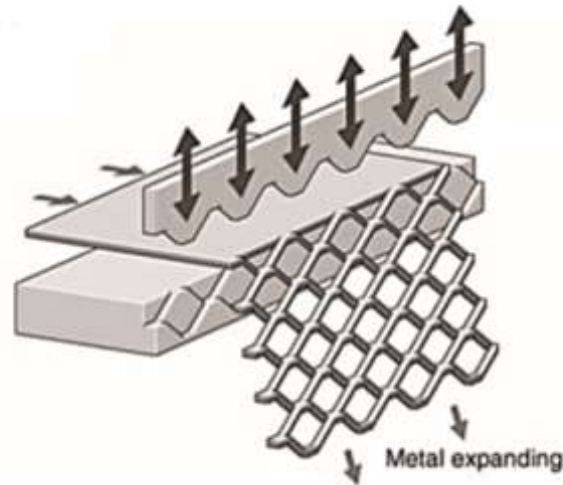


Figure 2.1 Metal Expanding Process

In the study, on the expanded metal press with a capacity of 200 tons; The structural analysis, optimization and kinematic analysis of the optimized mechanism were performed, and the structural analysis of the crank-joint mechanism and the optimized knuckle mechanism were compared. These studies were carried out using Solidworks CAD and Ansys Workbench finite element program. According to the results obtained in the structural analysis and kinematic analysis graphics; With the decrease of 23.6% torque requirement for the industrial 200 ton H type eccentric press, an increase in the production process and conformity in metalworking quality were achieved.

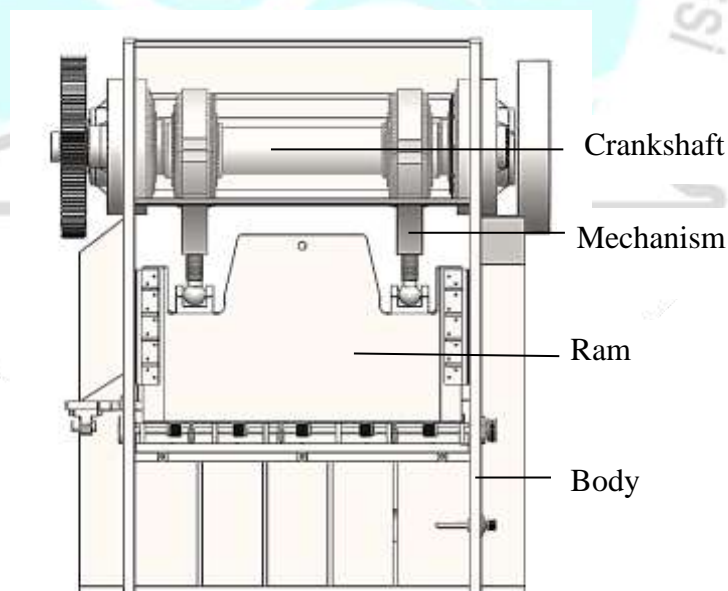


Figure 2.2 Expanding Metal Press Body and Crank-Slider Mechanism

In the studies performed on the 200-ton capacity expanded metal press shown in Figure 2.2; Structural analysis, optimization and kinematic analysis of the optimized mechanism were performed, and the structural analysis of the knuckle joint mechanism optimized with the crank

slider mechanism were compared. These studies were carried out using Solidworks CAD and Ansys Workbench finite element software.

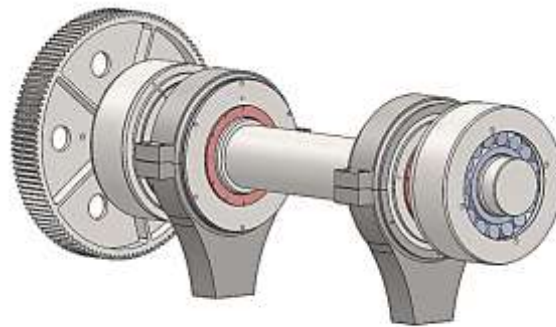


Figure 2.3 Crank-Slider Mechanism and Eccentric shaft

Expanded metal press is given in Figure 2.3 as it is used with eccentric shaft crank slider mechanism. In this study, it is aimed to design a mechanism that can obtain the desired metal forming curve instead of the crank-slider mechanism, and in this direction, a press mechanism with knuckle joints is designed.

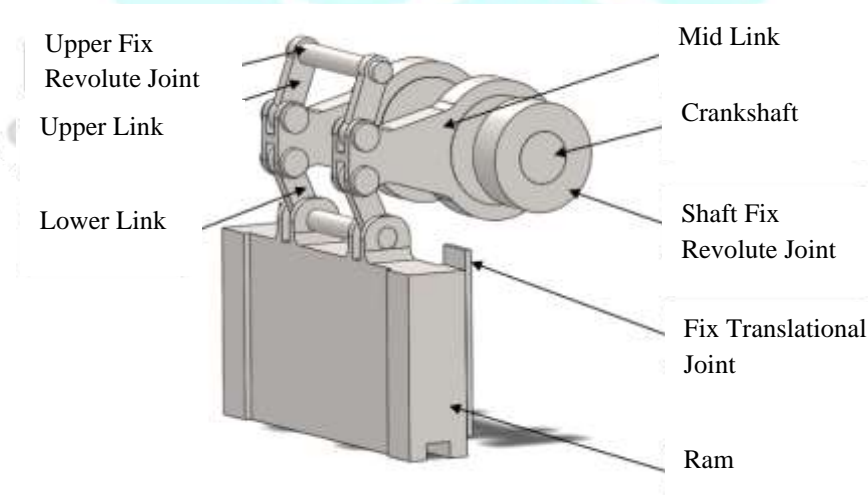


Figure 2.4 Crank-Slider Mechanism and Eccentric shaft

The design of expanded metal press with optimized joint mechanism is given in Figure 2.4. In this study, it is aimed to design a mechanism that can obtain the desired metal forming curve instead of the crank-slider mechanism, and in this direction, a press mechanism with knuckle joints is designed.

2.2 . Determination of Boundary Conditions for Structural Analysis

In order for the expanded metal press to cut and expand the sheet, the press structure must also be resistant against the applied force. The calculations and control of the required strength were made with Ansys finite element software. The general characteristics of the structure with certain boundary conditions are given in Table 2.1.

Table 2.1 . General Features of The Press Used in The Study

Property	Value
Capacity	200 Ton
Strok	50 mm
Sheet dimensions	1500x5mm
Body Weight	8 Ton
Body Material	St37
Ram Material	St37
Connection Rods Material	GG20
Crankshaft Material	CK45

While examining with the finite element method, examining the whole assembly in one go decreases the accuracy. For this reason, the body, crankshaft, ram plate were calculated separately in the static analysis study. Mechanical properties of materials used in press components are given in Table 2.2.

Table 2.2 . Mechanical Properies of Used Products

Material	Property	Value
St37	Yield Strength	235 Mpa
St37	Young Modulus	210 Gpa
St37	Poisson Ratio	0.3
GG20	Yield Strength	275 Mpa
GG20	Young Modulus	190 Gpa
GG20	Poisson Ratio	0.27
CK45	Yield Strength	580 Mpa
CK45	Young Modulus	210 Gpa
CK45	Poisson Ratio	0.28

In Figure 2.5, the appearance of the loads on the press body is shown with the analysis boundary conditions model. A condition of loading 200Ton (1962000 N) in the pressing direction to the lower table in the pressing direction is defined.

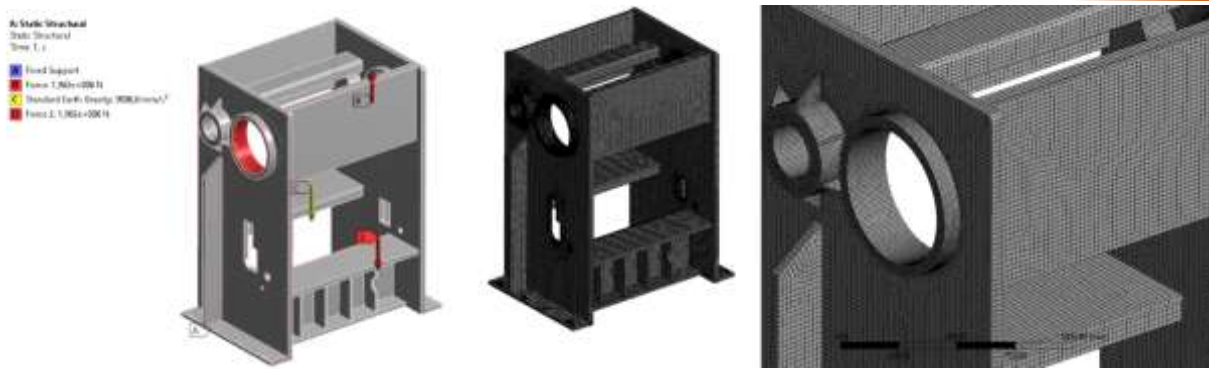


Figure 2.5 Press Body Boundary Conditions and Mesh Details

The element dimensions used in the press body mesh model given in Figure 2.5 are selected as follows.

- Maximum tet element size 30mm.
- Maximum face size 15mm.
- Minimum element size 10mm.
- Growth rate 1,2
- Normal inclination angle 30 degree

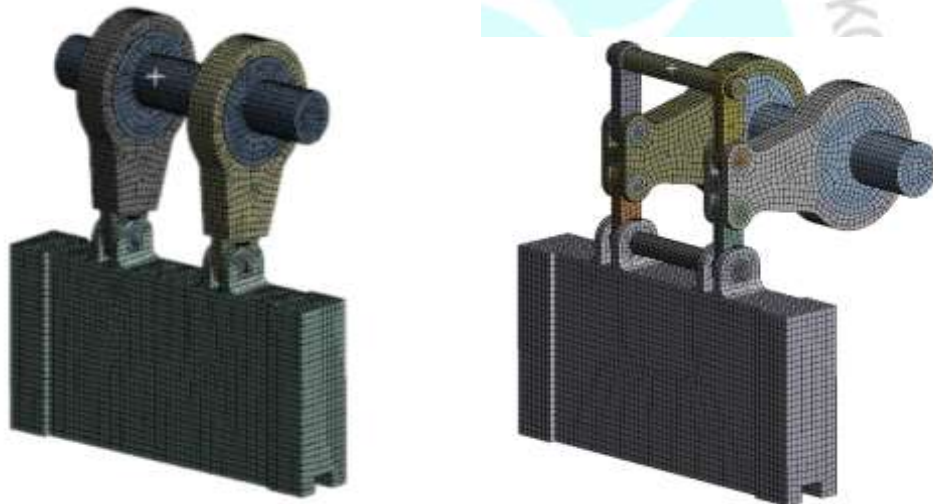


Figure 2.6 Crank Slider and Knuckle Joint Mechanism Mesh Models

The CAD model was created in the Solidworks program, and separate faces were drawn between the assembly parts of the ram head in order to overlap the mesh geometries to each other. As the mesh method, hex dominant type network structure is used. In this method, rectangular elements are used homogeneously.

- Maximum tet element size 30mm.
- Maximum face size 20mm.
- Minimum element size 5mm.
- Growth rate 1,2
- Normal inclination angle 30 degree

In Figure 2.7, the highest load conditions that the mechanism will be exposed to at the time of pressing are applied. For 200 Ton force, 1962000 N load is defined in the direction of force, however, gravity is applied in order not to ignore the effect of the forces due to inertia.

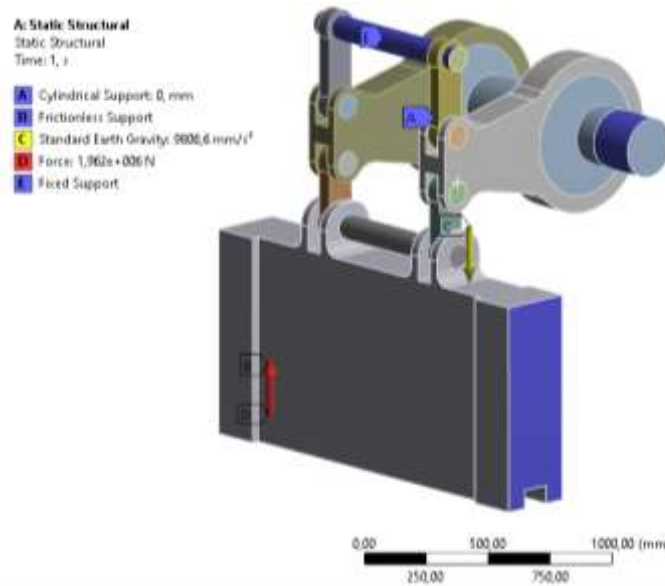


Figure 2.7 Knuckle Joint Mechanism Boundary Conditions

3. RESULTS AND DISCUSSION

The mechanism was analyzed according to the applied boundary conditions. The maximum value seen in Figure 3.1 is due to the stress concentration around the joint shaft connection hole. Since the slider material with a wall of 40mm is cast GG20, the yield stress is approximately 275MPa and the safety coefficient increases approximately 1.4 when compared with the highest stress.

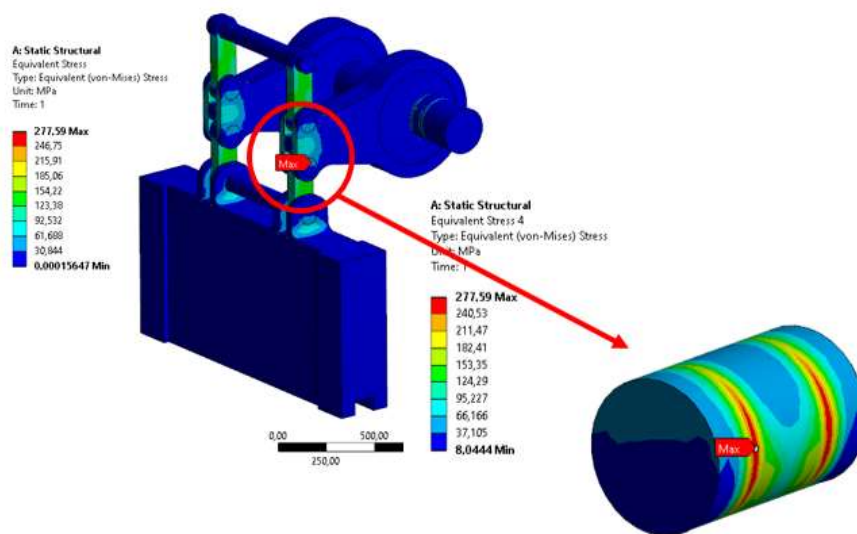


Figure 3.1 Knuckle Joint Mechanism Stress Contour – Review of Connection joint

The upper link, which enables the slider mechanism to be connected to the fixed link with a rotary joint, the stress graph is given in the Figure 3.2. It was observed that under the applied load conditions there was 214MPa stress around the pin hole. In the lower link that connects the slider to the ram plate, it was observed that the highest stress around the pin hole was 214 MPa. If these components are machined from CK45 steel material, a 2.69 times safety factor in the third link and a 2.71 times safety factor in the fourth link are calculated according to the yield strength of 580 MPa.

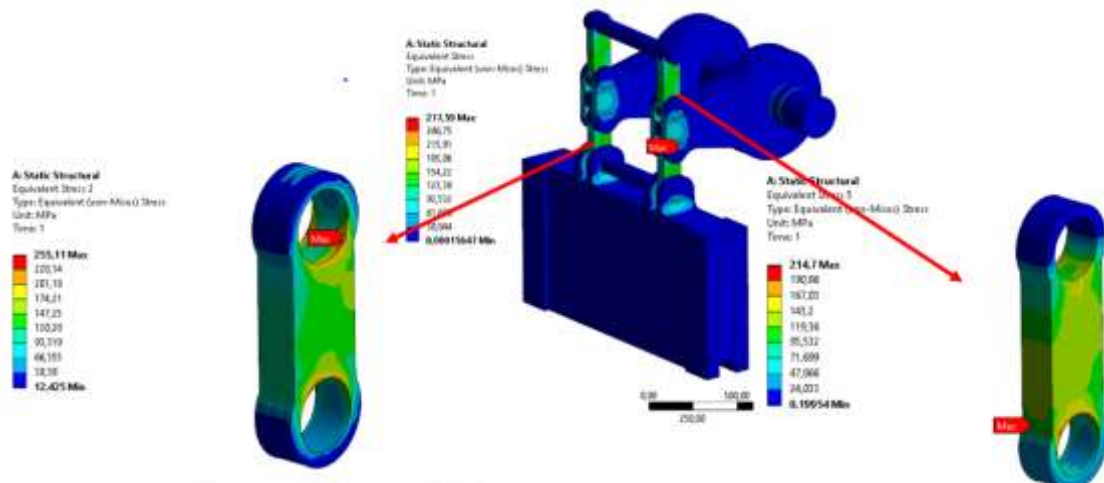


Figure 3.2 Knuckle Joint Mechanism Stress Contour – Review of Connection links

Stress concentration occurs because there is no radius at the point where the stress shown in Figure 3.3 is maximized. There is a radius on one side for comparison, and not on the other. When 20mm radius is made to the Ø100mm joint shaft bearing in the 40mm walled connection bracket, the stress from 213MPa decreases to 70MPa as shown in the figure below. Mesh and geometry simplification is of great importance in finite element solutions.

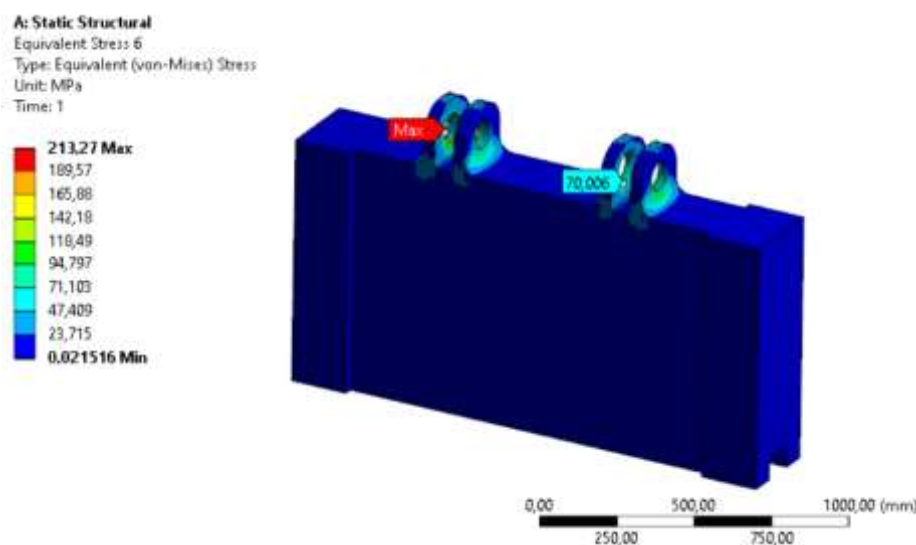


Figure 3.3 Stress contours on knuckle joint mechanism ram and radius effect compare

The crank slider mechanism is generally at a safety level according to the materials whose stress values are assigned. However, it has been observed that the stress value on the joint shaft is higher than the desired value, as in the knuckle joint mechanism, in the region shown with the phrase "Max" shown in Figure 3.4. The stress on the Ø100mm joint shaft is given in the figure below. Since the material of the joint shaft is CK45 steel, its yield strength is 580MPa. Since the highest tensile value is 127MPa, the lowest safety coefficient is 4.56.

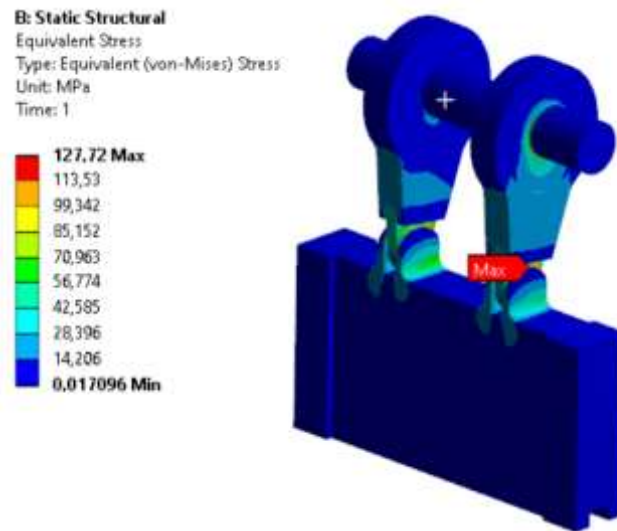
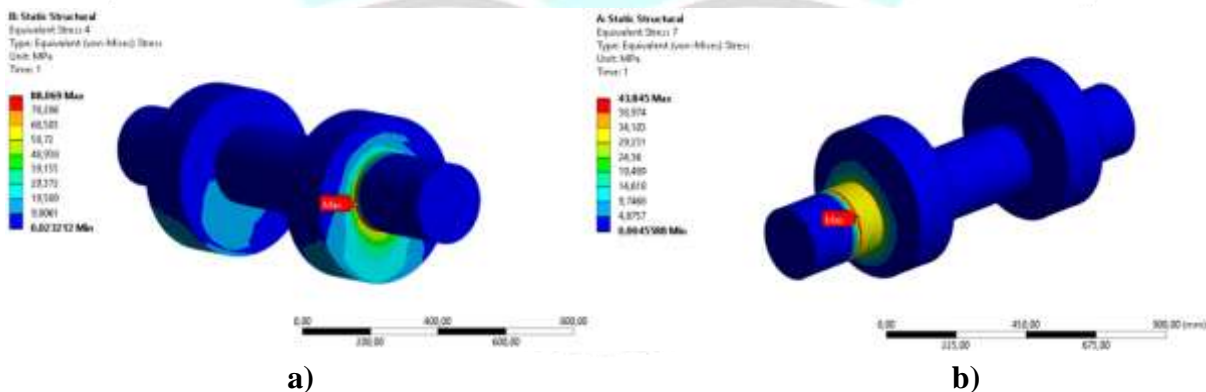


Figure 3.4 Crank slider pres mechanism – stress contour

In the crank slider mechanism, a stress equivalent to 88MPa occurs on the crankshaft under the same loads in Figure 3.5. When compared to the maximum stress calculated in the knuckle joint crankshaft stress distribution of 44MPa, it was observed that the stress created by the crank rod mechanism on the crankshaft under the same load and limit conditions can be reduced by half with the knuckle joint mechanism.



a) Crank Slider mechanism – Crank Shaft Stress Contour
 b) Knuckle Joint mechanism – Crank Shaft Stress Contour

The result of 50% lower stresses on the crankshaft is an important structural advantage of using the knuckle joint mechanism compared to the use of the crank slider mechanism.

4. CONCLUSION

The expanded metal press discussed in this study is a mechanical press that produces 200 tons of force by means of an electric motor drive and flywheel. In addition, in the study, by considering the load conditions to which the expanded metal press is subjected, structural analysis of the body and mechanical components were made using Ansys finite element software and material thicknesses were checked. The material properties of the components have been defined according to the studies in the literature, and the stress and strain contour plots have been obtained. The boundary conditions are determined in accordance with the operating conditions of the machine. The stresses occurring during the operation of the machine with the crank slider mechanism and the optimized knuckle joint mechanism were calculated and compared. By examining the stress distribution and deformation distribution on the body and mechanism components of the static loads that occur during operation, it was determined that the knuckle joint mechanism allows lower stresses on the crankshaft under the same conditions. As a result of comparison, the links of the knuckle joint mechanism, which enables the press to work more efficiently, have been examined, and there is no obstacle to its use instead of the crank slider mechanism for similar applications.

REFERENCES

- Dilmeç, Murat, Fatih Mehmet Mesut Elmas, and Osman Nuri Turhan. 2019. "H Tipi Hidrolik Pres Gövdesinin Yapısal Analizi ve Optimizasyonu." *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(2): 124–35.
- Maohua, Xiao, and Xiao Dengsong. 2014. "The Design of the Drive System of the Crank Underdrive Quick Presses." *Key Engineering Materials* 584.
- Özkan, Abdullah. 2020. "Mekanik Pres Eksantrik Sisteminin Dinamik Analizler İle Optimum Tasarımı."
- Tınkır, Mustafa, and Haşmet Çağrı Sezgen. 2017. 6 Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences *Hidrolik Silindirin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Lineer Statik Analizi*.

GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NOVEL SOL-GEL DERIVED B, CU, ZN-CONTAINING TRICALCIUM PHOSPHATE**Dr.Öğr.Üyesi Dilek ÇANAKÇI**Adıyaman University, Vocational School of Technical Sciences
ORCID ID: 0000-0003-3660-4829**ABSTRACT**

In the present study, novel B, Cu, Zn-containing tricalcium phosphates were synthesized by sol-gel method using calcium nitrate, ammonium phosphate, metal acetates (Cu and Zn) and novel synthesized polymer as B source for production of tricalcium phosphates. The synthesized tricalcium phosphates was characterized using Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) to prove existence of functional groups, scanning electron microscope (SEM) to show surface morphologies, X-ray diffraction (XRD) to prove their formation, and calculate crystalline size of the synthesized samples. Also, the novel monomer and polymer containing boron were characterized by FT-IR, ¹H-NMR spectral and GPC chromatographic studies.

Key Word: Tricalcium phosphates, Surface morphology, Boron

1.Introduction

In recent years, many scientific studies have focused on the preparation of synthetic calcium phosphates, which is quite similar to bone apatite. Calcium phosphates are very required compounds in many interdisciplinary fields of science such as geology, chemistry, biology, and medicine [1]. In biological systems, calcium phosphates are the main inorganic component of bones, teeth, fish enameloid, deer horns, and some shell species [2]. All hard tissues of the human body, except for small portions of the inner ear, consist of calcium phosphates [3]. Structurally, the major calcium phosphate component of bone tissue is not a homogenous material and bone occurs mainly in the form of carbonate substituted apatite and poorly crystallized non-stoichiometric other elements (i.e. F, Na, Mg or Sr) in the form of trace elements [3-8].

The mechanical properties of calcium phosphates are generally insufficient. Therefore, ions such as Zn⁺², Sr⁺², Si⁺⁴ and Mg⁺² are added to the crystal structure of calcium phosphates to produce calcium phosphates with enhanced biophysical and chemical properties [9-12]. Hydroxyapatite (HA), β -Tricalcium phosphate (β -TCP), and biphasic calcium phosphates (BCP, mixtures of HA and β -TCP in various rates) are the most widely used calcium phosphate compounds [13]. HA is the main component of hard tissues and its synthetic forms are widely used in a wide range of bio-applications [14]. But, the poor biodegradability of HA in the human body limits some of these applications. It has been determined that β -TCP exhibits better biodegradability when compared to HA; therefore, it can be absorbed better and replaced by newly generated hard tissues [15, 16]. However, the chemical similarity of β -TCP to the mineral component of bone has enabled it to be used as a filling material in various surgical fields such as orthopedic and dental surgeries [17, 18].

The aim of the present study was to synthesize and characterize β -TCP-metal biocomposite powders by sol-gel method, using calcium nitrate tetrahydrate, phosphorus pentoxide, potassium dihydrogen phosphate, sodium bicarbonate as precursors of β -TCP, and Copper(II) acetate and Zn(II) acetate

reinforcement elements. In addition, a new polymer with B metal in its structure was synthesized and used in β -TCP-methal synthesis.

2. Materials and Methods

2.1. Chemicals, Reagents, and Analysis

The reagents and solvents used in monomer and polymer schiff base synthesis were 2-formylfuran-5-boronic acid ($C_5H_5BO_4$, Merch), 6-amino-m-cresol ($H_2NC_6H_3(CH_3)OH$, Merch), potassium hydroxide (KOH, Merch), hydrochloric acid (HCl, Merch), ethanol (C_2H_5OH , Merch), and Tetrahydrofuran (THF, Merch). The reagents used in preparing the biocomposites of calcium phosphate-metal (B, Cu, Zn) were calcium nitrate ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$), phosphorus pentoxide (P_4O_{10} , Sigma-Aldrich), potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4 , Merch), sodium bicarbonate ($NaHCO_3$, Sigma-Aldrich), Copper(II)acetate ($Cu(CO_2CH_3)_2$, Merch), and Zinc(II)acetate ($Zn(CO_2CH_3)_2$, Merch). The FT-IR data of all synthesized compounds were obtained by using Perkin Elmer-Spectrum 100 FTIR instrument. 1H -NMR spectra of monomer and polymer were recorded on an Agilent 400 MHz WB (Widebore) NMR instrument. The molecular weight of the synthesized polymer was analyzed using Malvern - VISCOTEK 270 max GPC/SEC System. Powder X-ray diffraction experiments were carried out using Rigaku SmartLab X-ray diffractometer with Cu $K\alpha$ radiation ($\lambda = 0.154$ nm) in the 2θ range of $0-100^\circ$. Morphological studies of the synthesized compounds were performed using a JEOL SEM 5300 scanning electron microscope.

2.2. Experiments

2.2.1. Synthesis of monomer schiff base

B-containing schiff base was synthesized according to the following procedure: 2-Amino-p-cresol in ethanol ($1 \cdot 10^{-3}$ mol, 2 mL) was slowly added to a solution of 3-formyl furan boronic acid ($1 \cdot 10^{-3}$ mol) in ethanol/THF solvent mixture (5mL/2 mL) (Figure 1). The stirred reaction mixture was refluxed for 5 h. After cooling, a precipitate was formed which was collected by filtration, washed with cold ethanol and diethyl ether, and dried under vacuum oven.

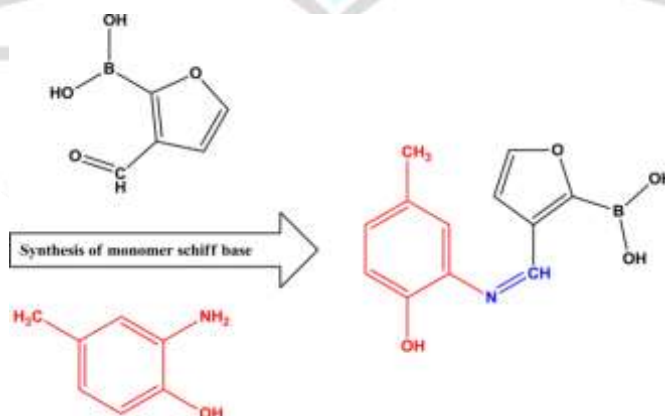


Figure 1. Synthesis of monomer schiff base (Sc).

2.2.2. Synthesis of polymer schiff base

The polymer was synthesized based on the following procedure using the novel synthesized schiff base. After dissolving $1 \cdot 10^{-3}$ mol of schiff base monomer in solution of KOH ($1 \cdot 10^{-2}$ mol of KOH + 10 mL H_2O), it was placed in a three-necked flask (Figure 2). The mixture was heated at $80^\circ C$ for 30 minutes under reflux. Then, 1 mL NaOCl was added dropwise into the reaction

flask. After this procedure, the reaction mixture was stirred at 120 °C for 7 hours. At the end of the period, the mixture was cooled and HCl (35%, 0.5 ml) was added into the mixture to stop polymerization. The resulting polymer was filtered and washed several times with water to remove the salt from the medium and finally it was dried under vacuum over.

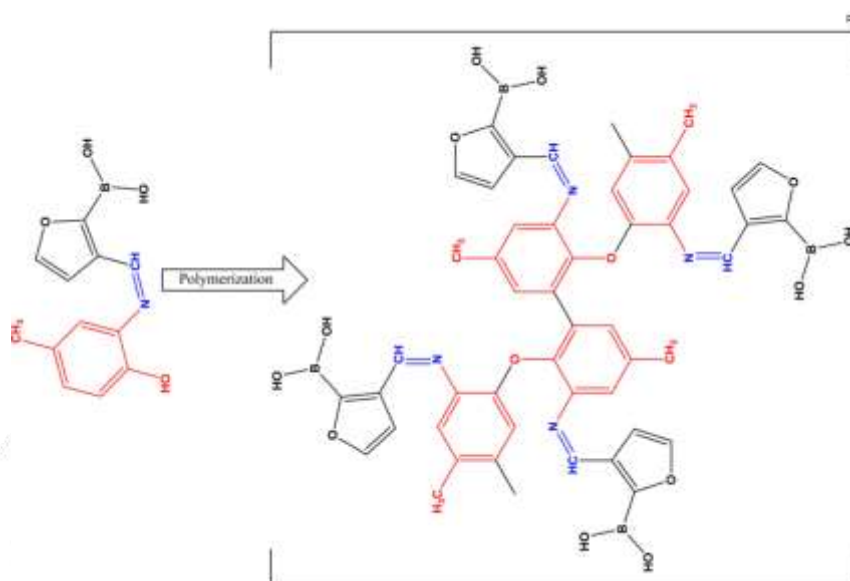


Figure 2. Synthesis of polymer schiff base (PSc).

2.2.3. Preparation of novel tricalcium phosphates by sol-gel method

First, $45 \cdot 10^{-2}$ mol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $2 \cdot 10^{-2}$ mol KH_2PO_4 and $2 \cdot 10^{-2}$ mol NaHCO_3 were weighed in a flask and 10 mL ethanol was added into the mixture. It was stirred for 10 minutes until a completely clear solution formed. In another beaker, $5 \cdot 10^{-2}$ mol polymer, $2 \cdot 10^{-2}$ mol $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ for TCP/B-Cu, and $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ for TCP/B-Zn were weighed and mixed with 20 mL of ethanol. Then, the solution in the beaker was added into the solution in the flask. While mixing the new solution, 5 mL of water soluble P_4O_{10} ($1 \cdot 10^{-2}$ mol) solution was added. While the mixture was mixed using a magnetic stirrer at room temperature, the pH of the mixture was kept between 6-7 using liquid ammonia until gelling was observed. The mixture containing all components was continued to be stirred at room temperature for 1 hour and then at 50 °C for 1 hour. The resulting gel was left to age at room temperature for 24 hours. At the end of the period, the gel was kept in the oven at 105 °C for 12 hours to dry. The dried mixture was calcined at 1100 °C for 3 hours.

3. Results and discussion

3.1. Characterization of monomer and polymer

Figure 3 shows the FT-IR spectra of the synthesized monomer and polymer schiff base. The stretching vibration peak formed by OH groups of boric acid occurred at 3196 cm^{-1} while phenolic OH vibration appeared at 3329 cm^{-1} . The weak peaks in the range of $2968\text{-}2921 \text{ cm}^{-1}$ suggested the C-H stretching vibrations of aromatic rings of the synthesized monomer. In the spectrum of monomer, a sharp band at 1618 cm^{-1} corresponded to a C=N stretching vibration and the band at 1552 cm^{-1} was caused by stretching vibrations of aromatic C=C.

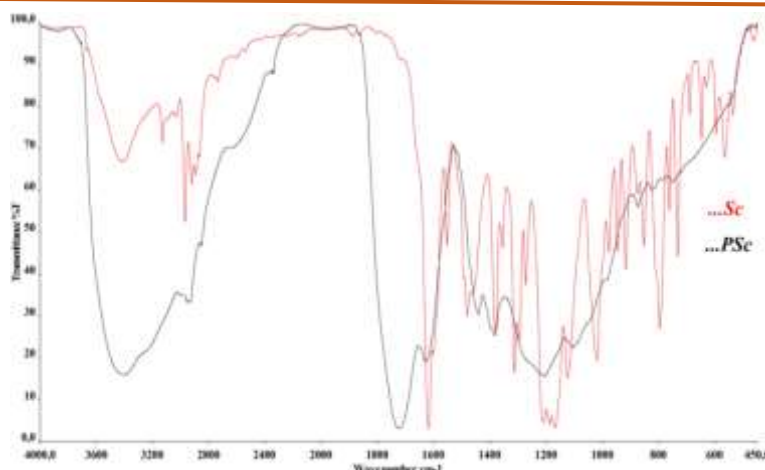


Figure 3. FT-IR spectrum of Sc and PSc.

The C–O stretching and O–H bending vibrations were found to be around 1209 cm^{-1} and 1381 cm^{-1} , respectively. Significant differences were seen in the spectrum of the polymer. The first noticeable matter in the spectrum is the decrease in the number of peaks and the broadening of the peaks. This situation supports formation of polymer. The increase in the number of groups in the polymer structure caused the peaks to overlap. In the spectrum of polymer, broad peak seen at 3399 cm^{-1} belonged to OH stretching vibration peaks of both phenol and boric acid. The bands associated with stretching vibrations of the aromatic C–H bond occurred at 2953 cm^{-1} in the spectrum. Also the peaks of C=N and aromatic C=C stretching vibrations are found around 1719 cm^{-1} , 1626 cm^{-1} respectively. The peaks observed at 1389 and 1207 were caused by the C–O stretching and O–H bending vibrations.

The $^1\text{H-NMR}$ spectra of the schiff base monomer(Sc) and polymer(PSc) were recorded in DMSO-d_6 in Figure 4.

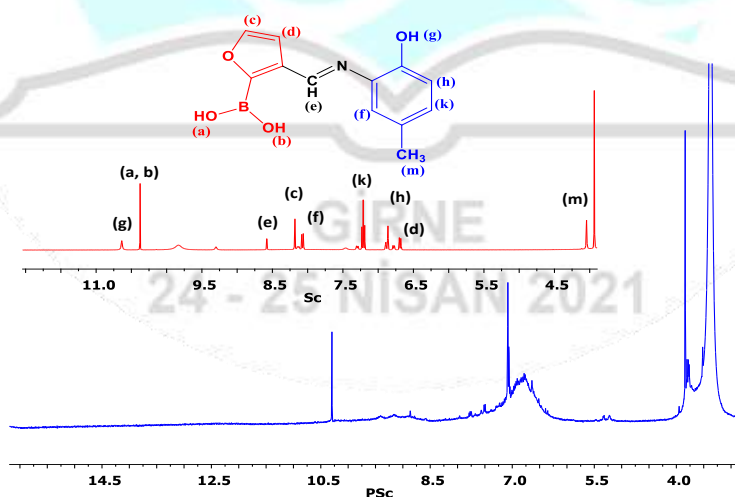


Figure 4. $^1\text{H-NMR}$ spectrum of Sc and PSc.

In the spectra of Sc, the OH peak of phenol appeared in 10.64 ppm as a weak singlet. The signals at 10.38 and 8.59 ppm were assigned to the protons of $(-\text{B}(\text{OH})_2)$ and $(-\text{CH}=\text{N}-)$ groups, respectively. The peaks in the range $8.15\text{--}6.68\text{ ppm}$ were due to protons of phenol and furan rings. Also, peaks at 4.04 ppm were related to $-\text{CH}_3$ group on phenol ring. OH proton peak was

not seen in the spectrum of the polymer. This is because the OH group contributes to the polymer formation together with the benzene ring. The sharp peak observed at 10.30 ppm was assigned to protons of $(-B(OH)_2)$. Due to the increase in the number of aromatic rings as a result of polymer formation, the peaks became overlapped and formed the hill view. The singlet peak at 7.08 ppm and multiplet peak in the range of 7.94-6.54 ppm were assigned to imine $(-CH=N-)$ and aromatic protons in the PSc, respectively. The $-CH_3$ peaks appeared at 3.84 and 3.38 ppm as a broad singlet. The data obtained as a result of GPC analysis show that the polymer(PSc) was formed as a result of the polymerization of approximately 15 monomers. The values obtained for PSc are Number average molar mass(M_n): 2.670, Mass average molar mass(M_w): 3.680 and polydispersity index (PDI): 1.37.

3.2. FT-IR spectroscopy of β -Tricalcium phosphates

Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) was used to chemical characterization of synthesized inorganic compounds. Figure 5 shows the FT-IR spectra of TCP/B sample sintered at 1100 °C. Major functional groups of compounds can be seen in the spectrum.

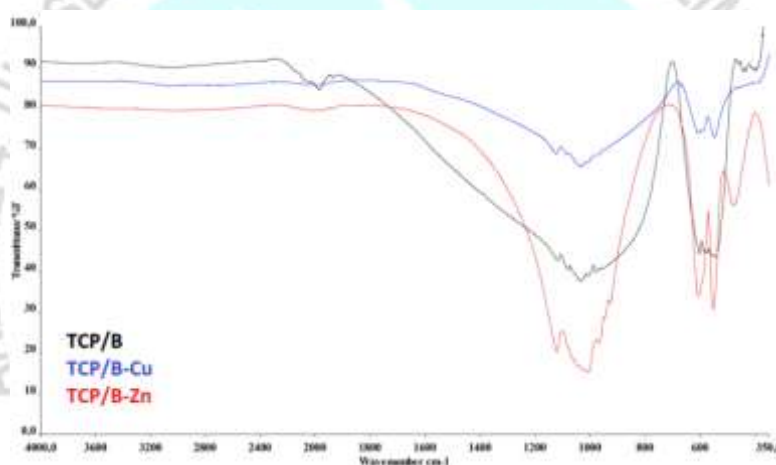


Figure 5. FT-IR spectrum of TCP/B, TCP/B-Cu, TCP/B-Zn.

The first peak observed in the spectrum at 1984 cm^{-1} corresponded to bending stretching of H-O group belonging to strongly adsorbed and/or bound H_2O . The first signal for formation of TCP is in the form of a strong broad FT-IR band in the range of $800\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$ due to asymmetric stretching vibration of PO_4^{3-} group [19]. The peaks at 1033 cm^{-1} and 1079 cm^{-1} occurred from the stretching V_3 mode of the P-O bonds, and the 979 cm^{-1} band arose from V_1 symmetric P-O stretching vibrations of the PO_4^{3-} group. Asymmetric stretching band of phosphate ion at 1118 cm^{-1} verified the formation of TCP [20]. The presence of two peaks at 603 cm^{-1} and 576 cm^{-1} also confirmed the presence of TCP as main phase [21]. There was no carbonate peak in the spectrum. This is because carbonate containing apatite was obtained at low temperatures of the synthesis, and as the temperature approached to $1000\text{ }^\circ\text{C}$, the carbonate turned into carbon dioxide and left the structure. Since the calcination temperature of the compounds was $1100\text{ }^\circ\text{C}$, the carbonate in the structure turned into carbon dioxide. The peaks observed in the range $450\text{-}350\text{ cm}^{-1}$ formed as a result of stretching vibration of M-O bonds. Figure 5 shows the FT-IR spectra of TCP/B-Cu sample. Based on the graph, it can be asserted that there was a broad band between 700 cm^{-1} and 1600 cm^{-1} . The peak at 968 cm^{-1} corresponded to symmetric stretching vibration of PO_4^{3-} . Also, the peaks observed at 1123 ,

1084 and 1032 cm^{-1} occurred due to asymmetric stretching vibration of PO_4^{-3} . The peaks at 606, 587 cm^{-1} and 547 cm^{-1} indicated the bending vibration of PO_4^{-3} . The large separation of these bands reveals the presence of crystalline phase [22]. As a result of the stretching vibration of the M-O bond, two peaks formed at 354 and 368 cm^{-1} of the spectrum. In the TCP/B-Zn spectrum, peaks occurred in regions similar to those of other compound spectrum. Two broad bands were observed in the spectrum, one of them formed in the range of 389-768 cm^{-1} and the other band formed in the range of 720-1768 cm^{-1} . The peaks at 1120 and 1004 cm^{-1} indicated the asymmetric stretching vibration of PO_4^{-3} while peaks at 967 and 926 cm^{-1} showed the symmetric stretching vibration of PO_4^{-3} . However, the peaks of the bending vibration of PO_4^{-3} occurred at 479, 552 and 608 cm^{-1} . In addition, the peaks observed at 359 and 354 cm^{-1} formed as a result of M-O stretching vibration.

3.3. X-ray diffraction

Figure 6 shows the spectrum of X-ray diffraction of the prepared TCP powders. XRD patterns were identified taking the Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) No: 09-0169 for β -TCP, No: 09-0348 for α -TCP, and No: 01-080-2254 for B_6O . 2θ angle values characteristic of β -TCP, α -TCP, and B_6O were shown on XRD patterns. Ca/P ratio of as synthesized TCP/B powder was 1.62, as determined using EDX analysis. This result indicated that the calcination temperature caused the formation of TCP.

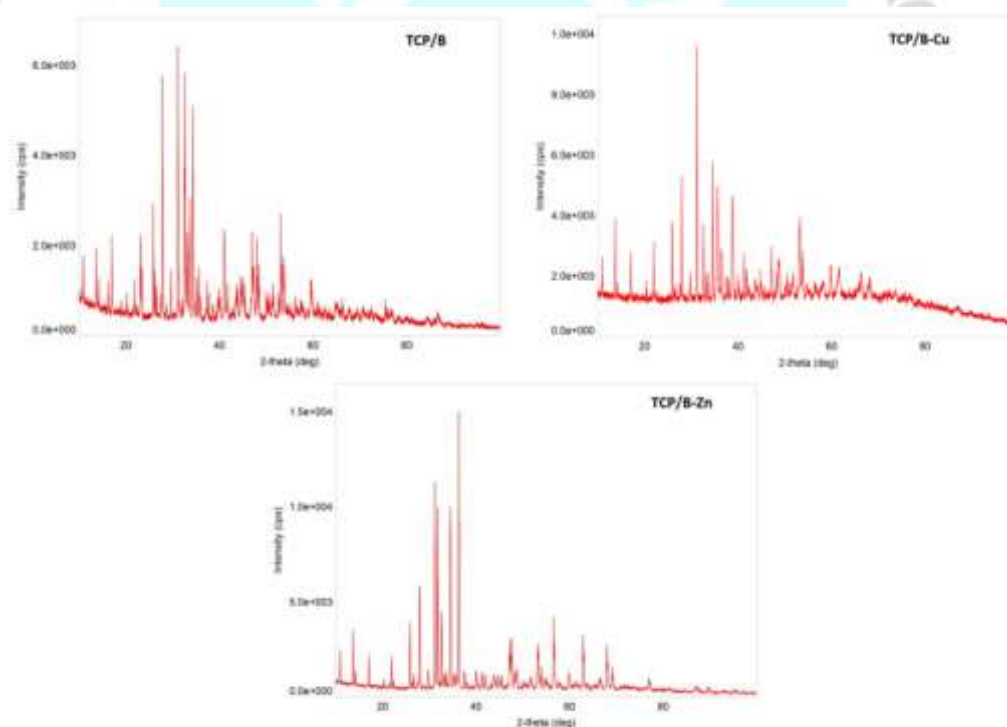


Figure 6. X-ray diffractogram of TCP/B, TCP/B-Cu, TCP/B-Zn.

The fact that all the major peaks of the TCP were seen in the X-ray diffraction pattern proved the presence of TCP. It was also seen in the peaks proving the presence of B_6O in the X-ray diffraction pattern. As seen in the XRD pattern of TCP/B, main phase of the samples was β -TCP. X-ray diffractogram of TCP/B showed narrow peaks which appeared to be highly crystalline in the range of 10-90 degree. The reason for peak formation in a wide area was

polymer containing boron added during powder production. It was observed that B ion substitution resulted in an increase in peak intensities of β -TCP and α -TCP. In XRD patterns, the peaks observed at $2\theta = 14.24^\circ, 20.17^\circ, 23.37^\circ, 33.66^\circ, 34.67^\circ, 39.6^\circ, 41.7^\circ$ and all the peaks observed between 60° and 90° were characteristic peaks of B_6O .

In the XRD pattern of TCP/B-Cu, 49 peaks proving that the main structure consisted of β -TCP and α -TCP formed in the range of $2\theta=10^\circ-74^\circ$. As seen in XRD pattern of TCP/B-Cu, when copper was added to the tricalcium phosphate structure, the peak number of β -TCP and α -TCP decreased, but peak intensities were not affected much. The peak having the highest intensity and proving the presence of β -TCP occurred at $2\theta= 33.12^\circ$ as adjacent to the nearby peaks. The sharp and strong peak observed at 35.28° position with (111) indicated that the TCP/B-Cu contained copper as high crystalline, which was in a good agreement with JCPDS card number 45-0937. In addition, the peaks observed at $59.71^\circ, 66.34^\circ, \text{ and } 68.15^\circ$ belonged to copper.

XRD result of TCP/B-Zn showed that the crystalline structure of TCP/B-Zn was different from both TCP/B and TCP/B-Cu. As a result of the addition of Zn into TCP/B, a more homogeneous crystalline was obtained. Also, the intensity of the peaks was higher than the peaks of other two compounds. Although the peaks occurred between $10^\circ-90^\circ$ as in TCP/B, the number of peaks was lower (60 peaks) than TCP/B. The top five peaks with the highest intensity ($2\theta = 26.63^\circ, 29.77^\circ, 31.78^\circ, 37.61^\circ$ and 44.24°) clearly showed the presence of β -TCP and α -TCP. Also, the peaks of XRD pattern at $2\theta = 31.78^\circ, 47.55^\circ, 56.60^\circ, 62.88^\circ, 69.10^\circ, 76.95^\circ, 89.64^\circ$ proved the presence of Zn (JCPDS file No: 36-1451).

3.4. SEM investigations

Figure 7 shows SEM investigating the morphologies of the prepared TCP compounds under temperature 1100°C (TCP/B, TCP/B-Cu, TCP/B-Zn). SEM images indicated that the metal differences in the contents of the synthesized compounds affected the morphology. The common feature of synthesized TCP compounds was that they had pore structures of different sizes. Although the spherical particles with stacked dispersions are seen in the SEM images of the compounds, the TCP nanoparticles formed were agglomerated. When the pore numbers of the compounds were compared, it was observed that the least pores were determined in TCP/B and the most pores were determined in TCP/B-Zn. The pore sizes of nanoporous TCP/B were micropores ($1-10\ \mu\text{m}$) and submicron pores ($1\ \mu\text{m}$) while TCP/B-Cu particles were macro ($50\ \mu\text{m}$) and micro pores. However, TCP/B-Zn particle formed macro-, micro-, and submicron pores in different sizes. The most obvious difference observed in the TCP/B-Cu compound was the small-layered structures that covered the surface of the particles. Since this structure did not form in the other two compounds, it can be asserted that the layered structure was associated with Cu metal. The transmission electron microscopic analysis confirmed the prepared hydroxyapatite nanoparticles with the particle size of around 60 to 70.

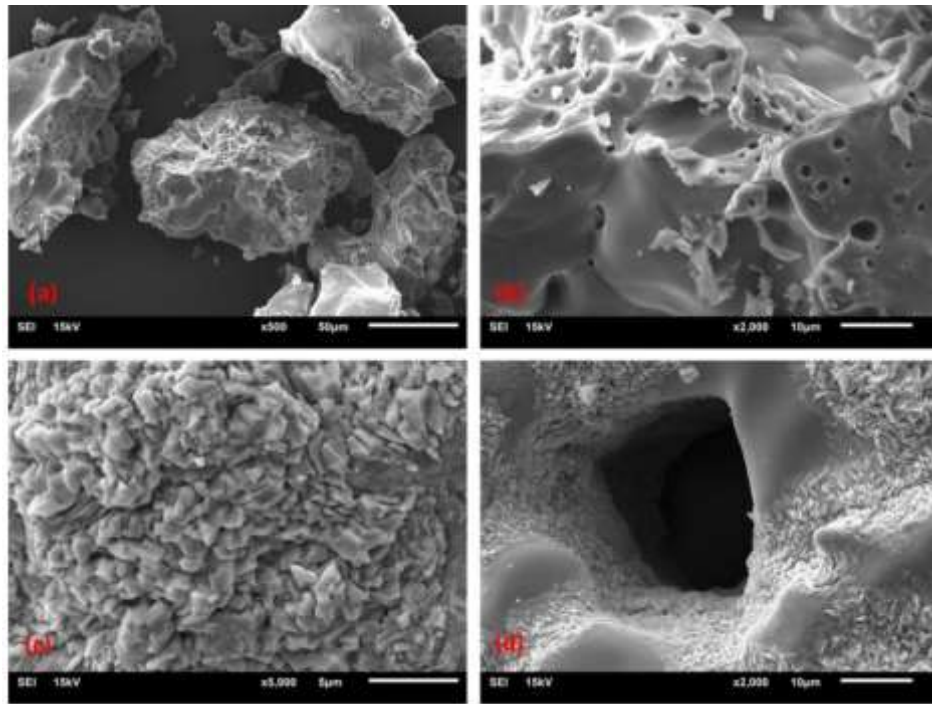


Figure 7. Scanning electron microscopy image of TCP/B (a, b), TCP/B-Cu (c, d) under 15kV.

3.5. EDX analysis

Energy dispersive x-ray spectroscopy (EDX) was performed to confirm that the products obtained from the proposed synthesis processes were TCP compounds (Figure 8-10). EDX data proved that the main elements of the calcium phosphate-based compounds were calcium, phosphorus, oxygen, boron, copper (for TCP/B-Cu) and zinc (for TCP/B-Zn). The results of measurements of elemental composition showed that Ca/P ratio was 1.62 for TCP/B, 1.80 for TCP/B-Cu, and 1.82 for TCP/B-Zn. This result was an indication that the compounds were not composed of a single phase but had different non-stoichiometric phases in their structure.

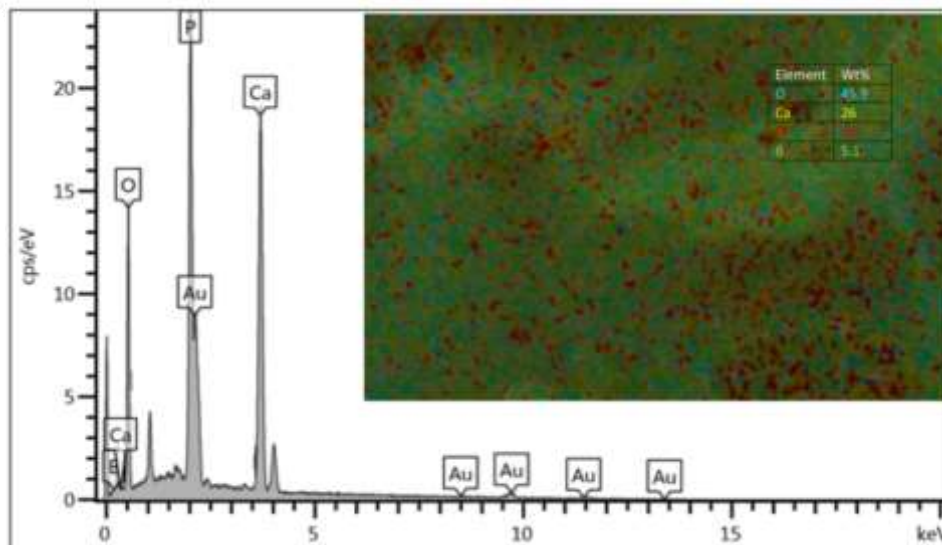


Figure 8. EDX spectra of TCP/B

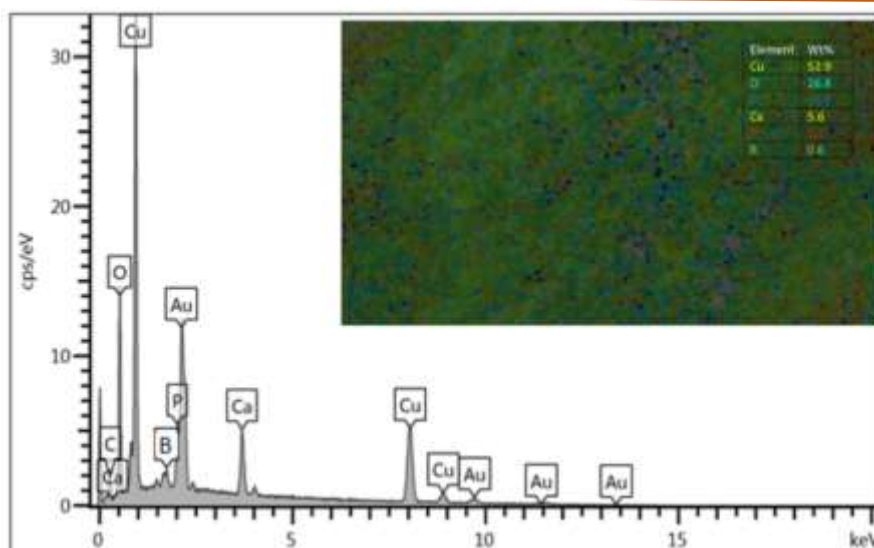


Figure 9. EDX spectra of TCP/B-Cu.

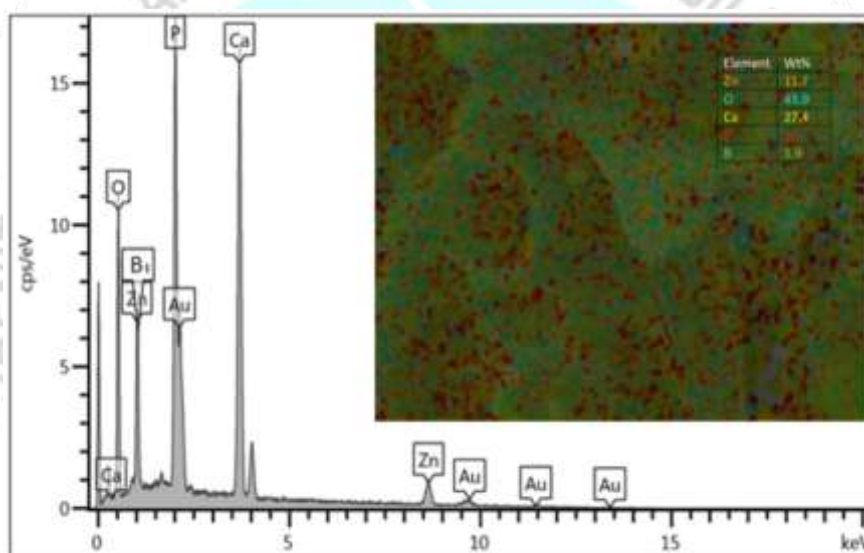


Figure 10. EDX spectra of TCP/B-Zn.

4. Conclusion

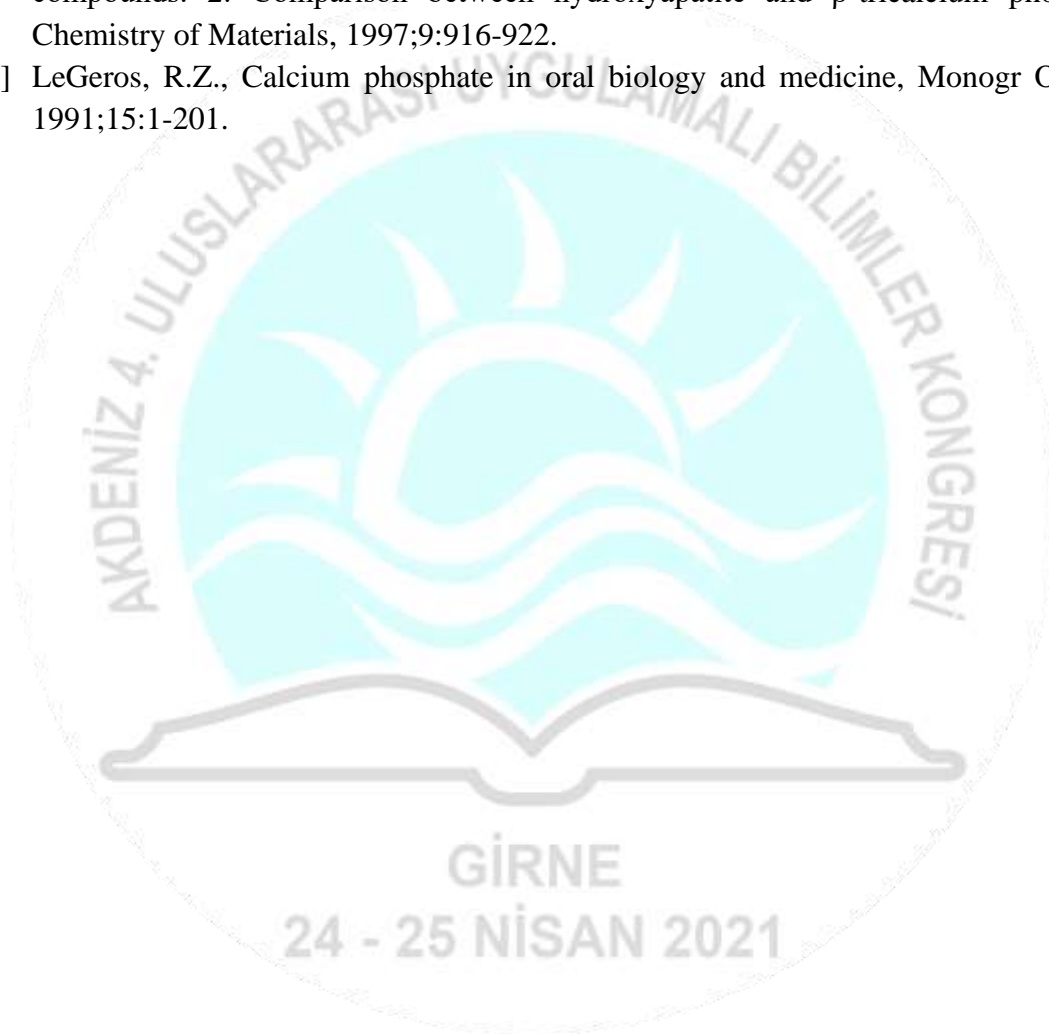
In the present study, three different tricalcium phosphate compounds containing different rates of elements (Ca, P, O, B, Cu and Zn) were synthesized using the sol-gel method. Although the calcination temperature of all synthesized compounds was the same, the differences in the starting compounds led the crystallinity and crystallite sizes of the compounds to differ. This result can be clearly seen in the FT-IR, XRD, SEM and EDX data used in the structural analysis of the compounds. In particular, the TCP/B-Zn compound was more porous than other compounds due to the presence of zinc ions in its structure.

References

- [1] Drouet, C., Morales, J.G., Iafisco, M., Sarda, S., Calcium phosphate surface tailoring technologies for drug delivering and tissue engineering, *Surface Tailoring of Inorganic Materials for Biomedical Applications* 2012;69: 43-111.

- [2] Dorozhkin, S.V., Nanosized and nanocrystalline calcium orthophosphates, *Acta Biomater* 2010;3:715-734.
- [3] Dorozhkin, S.V., Calcium orthophosphates, *Biomater* 2011;1:121-164.
- [4] Bose, S., Fielding, G., Tarafder, S., Bandyopadhyay, A., Trace element doping in calcium phosphate ceramics to Understand osteogenesis and angiogenesis, *Trends Biotechnol* 2013;3:1-25.
- [5] Bandyopadhyay, A., Bernard, S., Xue, W., Bose, S., Calcium Phosphate-Based Resorbable Ceramics: Influence of MgO, ZnO, and SiO₂ Dopants. *J Am Ceram Soc.* 2006;89:2675-2688.
- [6] Li, X., Sogo, Y., Ito, A., Mutsuzaki, H., Ochiai, N., Kobayashi, T., Nakamura, S., Yamashita, K., LeGeros, R.Z., The optimum zinc content in set calcium phosphate cement for promoting bone formation in vivo. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2009;29:969-975.
- [7] Bohner, M., Silicon-substituted calcium phosphates—a critical view, *Biomaterials* 2009;30:6403-6406.
- [8] Fielding, G.A., Bandyopadhyay, A., Bose, S., Effects of SiO₂ and ZnO doping on mechanical and biological properties of 3D printed TCP scaffolds, *Dent Mater.* 2011;28:113-120.
- [9] Kermani, F., Gharavian, A., Mollazadeh, S., Kargozar, S., Youssefi, A., Khakia, J.V., Silicon-doped calcium phosphates; the critical effect of synthesis routes on the biological performance, *Materials Science and Engineering: C Volume,* 2020;111:110828.
- [10] Zhou, H., Yang, M., Hou, S., Deng, L., Mesoporous hydroxyapatite nanoparticles hydrothermally synthesized in aqueous solution with hexametaphosphate and tea polyphenols, *Mater. Sci. Eng. C Mater Biol Appl.* 2017;71:439-445.
- [11] Fuh, L.J., Huang, Y.J., Chen, W.C., Lin, D.J., Preparation of micro-porous bioceramic containing silicon-substituted hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate, *Mater. Sci. Eng. C Mater Biol Appl.* 2017;75:798-806.
- [12] Cacciotti, I., Multisubstituted hydroxyapatite powders and coatings: The Influence of the codoping on the hydroxyapatite performances, 2019;16:1864-1884.
- [13] Xidaki, D., Agrafioti, P., Diomatari, D., Kaminari, A., Tsalavoutas-Psarras, E., Alexiou, P., Psycharis, V., Tsilibary, E.C., Silvestros, S., Sagnou, M., Synthesis of hydroxyapatite, β -tricalcium phosphate and biphasic calcium phosphate particles to act as local delivery carriers of curcumin: Loading, release and in vitro studies, *Materials,* 2018;111:595-628.
- [14] Bakan, F., Kara, G., Cokol Cakmak, M., Cokol, M., Denkbaz, E.B., Synthesis and characterization of amino acid-functionalized calcium phosphate nanoparticles for siRNA delivery. *Colloids Surf B Biointerfaces,* 2017;158:175-181.
- [15] Liu, L., Wu, Y., Xu, C., Yu, S., Wu, X., Dai, H., Synthesis, characterization of nano-tricalcium phosphate and the inhibition on hepatocellular carcinoma cells. *J. Nanomater,* 2018;2:1-7.
- [16] Yang, Y.H., Liu, C.H., Liang, Y.H., Lin, F.H., Wu, K.C.W., Hollow mesoporous hydroxyapatite nanoparticles (hmHANPs) with enhanced drug loading and pH-responsive release properties for intracellular drug delivery. *J. Mater. Chem. B,* 2013;1:2447-2450.

- [17] LeGeros, R.Z., Properties of osteoconductive biomaterials: calcium phosphates, *Clinical Orthopedics and Related Research*, 2002;395:81-98.
- [18] Park, J.P., Lakes, R.S., *Characterization of Materials I. Biomaterials*, Springer-Verlag New York, 1992:29-62.
- [19] Varma, H.K., Babu, S.S., Synthesis of calcium phosphate bioceramics by citrate gel pyrolysis method, *Ceramics Inter.*, 2005;31:109-114.
- [20] Anuar, A., Nabil, M., Salimi, A., Zulkali, M., Daud, M., Yee, Y.F., *Advances in environmental biology, Special issue for international conference of advanced materials engineering and technology (ICAMET 2013)*, Bandung, 3587, Indonesia, 2013.
- [21] Aza, P.N., Guitian, F., Santos, C., *Vibrational investigation of calcium phosphate compounds. 2. Comparison between hydroxyapatite and β -tricalcium phosphate. Chemistry of Materials*, 1997;9:916-922.
- [22] LeGeros, R.Z., *Calcium phosphate in oral biology and medicine, Monogr Oral Sci* 1991;15:1-201.



BEJ MERMER PLAKALARI SELEKSİYONUNUN YÜZEY DESENİNE GÖRE YAPILABİLİRLİĞİ

Abdülkerim PEKİN

Balıkesir Üniversitesi, <https://orcid.org/0000-0003-3549-7486>

ÖZET

Tortul olarak oluşmuş CaCO_3 bileşimindeki kalker türü mermerlerin birçoğu tektonik hareketler nedeni ile değişik yönlerde çatlaklı ve kırıklı yapı içerirler. Bünyelerinde serbest kuvars, silikat, feldispat, demir oksit, mika gibi mineraller ve fosil bulundurabilirler. Bu çeşitli özellikteki mineral veya fosiller kesilerek elde edilen mermer plaka yüzeylerinde, farklı yoğunlukta ve yönlerde damarlar şeklinde renk ve desen oluşumuna neden olur. Belirli bir zemin alanına uygulanan mermer plakalarında kullanım alanına göre standart fiziksel ve mekanik özellikler arandığı gibi renk ve desen homojenliği de istenir. Bu nedenle mermer işleme prosedürünün son aşamasında fiziko-mekanik özelliklerinden başka kenar kırığı, gözenek boşluğu, boyut, cila, renk ve desen gibi kriterlere göre de seleksiyon işlemi yapılır. Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile görüntü işleme yöntemi tıp, biyoloji, jeoloji, mineral tayini, tane boyutu, uzay, savunma, güvenlik, meteoroloji gibi bir çok alanda yaygın olarak uygulanmaktadır. Maden işletmeciliği alanında patlatma sonucu oluşan paraca boyut dağılımı, mermer sektöründe görüntü işleme yöntemi ile mermer renklerinin sayısallaştırılması, tanımlanması ve sınıflandırılması, mermer kalitesinin, plaka boyutlarının belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada renkten bağımsız olarak benzer renkte farklı geometrik yapıdaki mermer plakalarının renkli görüntüleri imageJ programına yüklenerek incelendi. Görüntüler işlenerek siyah-beyaz ikili yapı oluşturuldu. Elde edilen bu ikili yapılardan mermer plakalarının desen yapısına göre seleksiyonun yapılabilişliği araştırıldı. İncelenen benzer renkli, cilalı, farklı desene sahip mermer örneklerinin yüzey desen şeklinin belirlenmesi ve buna göre sınıflandırılması için plaka yüzey boyutu, yüzeydeki damarlı yapının oluşturduğu desenin alanı, % alanı, desen şeklini oluşturan partiküllere uydurulan elips büyük-küçük eksen boyutları, oranı ve büyük eksenin yatay ile yaptığı açı, dairesellik ve değişim katsayıları hesaplandı. Elde edilen analiz sonuçları ile homojen desen sınıflarının oluşturulabileceği değerlendirildi.

Anahtar kelimeler: Mermer seleksiyonu, desen homojenliği, dairesellik katsayısı.

1. GİRİŞ

Mermer ocağında blok olarak üretilen, fabrikada plaka ve fayans boyutunda kesilen, parlatılan mermerler doğal jeolojik koşullar sonucu oluşuklarından, plaka yüzeyleri birbirinden farklı renk ve desen yapısı gösterebilmektedir. Mermerde görülen renklerin kaynağı farklı kimyasal bileşimdeki minerallerin farklı renk özelliği göstermeleridir. Bu nedenle yüzey renk dağılımı farklı olmaktadır [1,2]. Yüzeydeki renk yoğunluğunun farklılığı, yüzeyde oluşan fiziksel yapının farklı olması sonucunu vermektedir [3].

Mermer plaka veya fayanslarının renk dağılımı homojen veya heterojen özellik gösterebilmekte ve mermerin albenisini etkilemektedir. Özellikle kurum, ofis veya iş merkezleri gibi alanlarda mermer plakalarının döşeme veya kaplama amacıyla uygulanması durumunda albenisi, desen homojenliği estetik görünüm açısından daha çok önem arz etmektedir. Satışa sunulan mermer plaka veya fayansların homojen renk ve desenden oluşması pazarlama açısından önemlidir. Bu gibi nedenlerle mermer fabrikasında levha veya fayans hattına verilecek mermer bloğu, albenisi olan desenli plaka elde edebilecek şekilde kesime verilir. Mermer kesme, cilalama ve boyutlandırma işlemlerinden sonra standart renk ve desende ürün elde etmek için paketlenmeden önce seleksiyon işlemi gerçekleştirilir [4]. Seleksiyon birbirine benzer standart renk ve desene sahip plakaların gruplandırılmasıdır. Kalite kontrol masasında mermer plakalarındaki boyut, boşluk, cila gibi hatalar gözle yapılabilir [4]. Mermer plaka boyutlarının belirlenmesi, renklerin sayısallaştırılması ile elde edilen verilere göre kalite kontrol ve sınıflandırma konularında verimliliği arttırmak için bilimsel çalışmalar yapılmıştır. [5,6,7].

Bu çalışmada, rozalya olarak isimlendirilen mermer plaka örnekleri incelenmiştir. Örnek görüntülerinin siyah-beyaz desen farklılığına göre gruplandırılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla ImageJ görüntü işleme programı kullanılmıştır. Program ile mermer plaka yüzeyindeki desenin şekli, yoğunluğu, yüzeyde kapladığı alan belirlenmeye çalışılmıştır. Bu şekil parametreleri ile yüzeydeki desen farklılığı ortaya çıkarılarak mermer plakalarının sınıflandırılabilirliği araştırılmıştır.

ImageJ programında yüzey şeklinin tanımlaması (Shape Descriptors); dairesellik (circularity), en boy oranı AR (aspect ratio) gibi katsayılar ile yapılabilmektedir. Mermer yüzeyindeki deseni oluşturan alan (area) ve % alan hesaplanarak bu değerlerin desene göre sınıflandırmada kullanılabileceği değerlendirilmiştir [8].

Dairesellik (Circularity) :

$$\text{Dairesellik} = 4\pi * [\text{alan} / (\text{çevre})^2] \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Deseni oluşturan alanın şeklini gösterir. Katsayı 1.0 değerine yaklaştıkça şekil yüzeyde her yönde dağılırken 0.0 değerine yaklaştığında bir yönde uzayarak devam eden bir şekil olduğunu gösterir [8].

Alan (Area): Desenin mermer plaka yüzeyindeki piksel² cinsinden toplam alanıdır. Alan, yüzey şeklini tanımlayan en önemli biçim parametrelerinden biridir [9].

%Alan: Desen toplam alanının toplam yüzey alanına oranıdır.

$$\% \text{Alan} = \frac{\text{Desen toplam alanı}}{\text{Toplam yüzey alanı}} * 100 \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Çevre (Perimeter) – Mermer plaka yüzeyinin dış kenar toplam uzunluğudur.

En boy oranı AR (aspect ratio): Deseni oluşturan parçacıkların uydurulmuş elipsinin en boy oranıdır.

$$AR = \frac{\text{Elips büyük eksen}}{\text{Elips küçük eksen}} \quad (3)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Eksen uzunlukları, oranı ve açısı yüzey şeklini oluşturan desenli yapının mermer plakası yüzeyindeki yatayla saat ters yönündeki açısına göre uzanımını, yada homojen dağılıp dağılmadığını göstermektedir. AR 1'e eşit veya 1'den büyük değerler alır. AR 1'e

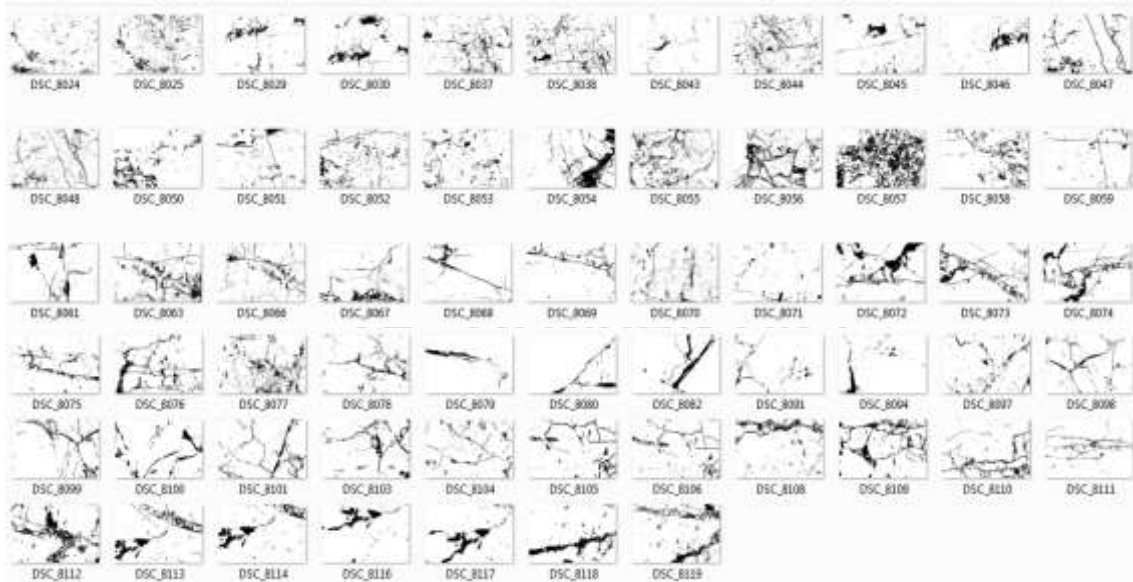
yaklaştıkça deseni oluşturan parçacıkların her yönde dağılım gösterdiğin, $AR>1$ yönünde değerler aldıkça desenin belirli bir yönde uzayarak devam ettiğini ifade etmektedir.

2. Yöntem

Bilecik, Rozalya mermeri olarak adlandırılan plakalardan yüzey deseni bakımından aralarında farklılıklar bulunan mermer örneklerinin görüntüleri dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. 150 piksel/cm ölçeğindeki 62 adet renkli görüntü ImageJ programına ayrı ayrı yüklenmiştir (Görsel 1). Örneklerin mermer plakası yüzeyi desen analizi yapılabilmesi için renk derinliği 8 bit gri ton tipine dönüştürülmüştür. Mermer yüzey görüntüsündeki renk ve ton farkı minimum seviyeye indirgenerek ikili görüntü elde edilmiştir. Bu işlem ile mermer yüzeyindeki desen oluşumu beyaz ve siyah olarak daha belirgin bir şekilde iki farklı renk olarak elde edilmiştir (Görsel 2).



Görsel 5 ImageJ programına yüklenen mermer plaka örneğinin ölçekli görünümü



Görsel 6 Mermer plaka örneklerinin desen sınırları belirlenmiş binary görüntüsü

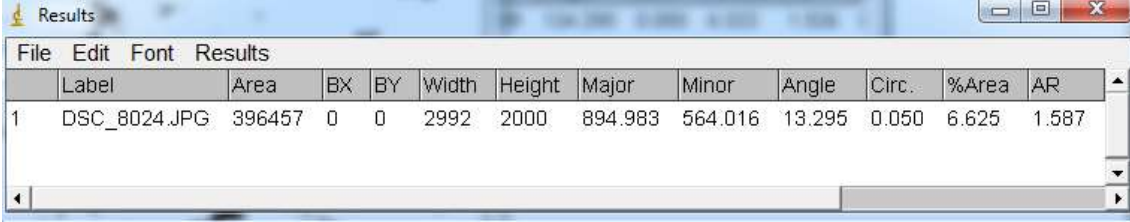
Görsel'de verilen mermer örneklerinin desen homojenliğini sağlayacak şekilde gruplandırılması amacı ile imageJ programında aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

- a)Renkli görüntü programa yüklenir.
- b) Programa yüklenen renkli görüntüden 8 bit gri biçimi oluşturulur.
- c)Bu gri şeklindeki görüntüden siyah-beyaz binary format şekli elde edilir.

Programda hesaplama ile ilgili parametreler Analyze / Set Measurements komutu ile açılan pencereden belirlenmektedir. Yüzey deseni analizi yapabilmek için, oluşturan siyah görüntülü kısımların alanı, dairesellik katsayısı, mermer plaka boyutu, desen için uydurulan elipsin eksen uzunlukları, büyük eksenin yatay eksenle yaptığı açı, eksen oranları hesaplanır. Dairesellik katsayısı desen şeklinin yüzeydeki yoğunluğunu ve dağılımını ifade eder. Görüntü yüzeyindeki beyaz alan görüntünün alt yapısı varsayılmaktadır.

Siyah-beyaz görüntülerin eşik değeri 255 renk kotudur. Hesaplamalar piksel birimi ile yapılmıştır. Ölçek ve partikül analiz ayarlarında, bilinen mesafe 0 değeri için piksel mesafesi 0 , partikül analizinde boyut 0-sonsuz aralığı, dairesellik 0-1 aralığı alınmıştır. Hesaplanan partiküllere uyan elips parametreleri, elips kutucuğu seçeneği seçilerek belirlenmiştir.

Bir örneğin hesaplamasına ait program çıktısı görüntüsü görsel 3' te verilmiştir.



Label	Area	BX	BY	Width	Height	Major	Minor	Angle	Circ.	%Area	AR
1 DSC_8024.JPG	396457	0	0	2992	2000	894.983	564.016	13.295	0.050	6.625	1.587

Görsel 7 Örnek bir mermer plaka yüzeyi desen analiz sonuçları program çıktısı görüntüsü

3. Bulgular

İncelenen Rozalya mermer örneklerinin yüzey desen analizi için alan, örneklerin yüzey boyutu, deseni oluşturan partiküllerin uydurulmuş elips majör-minör eksen uzunluk değerleri, majör eksenin x yatay eksen ile saat ters yönünde yaptığı açı, dairesellik, % alan, ve majör/minör eksen oranı hesaplanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Sınıf sayısı ve aralıkları, sınıfın homojenlik derecesini veren değişim katsayısına göre belirlenmiştir. Değişim katsayısı (D K) sınıfın homojenliğini gösteren istatistiksel bir yaklaşımdır.

$$D K = \left[\frac{\text{Standart Sapma}}{\text{Ortalama}} \right] * 100 \quad (4)$$

eşitliği ile % olarak hesaplanır [10].

Değişim katsayısı 0 ise örnek desen yapıları arasında tam iyi bir homojenlik, benzerlik ve sıfırdan büyük değer ile uzaklaştıkça mermer yüzey desenleri arasındaki benzerliğin azaldığı, heterojen özellik gösterdiği şeklinde ifade edilebilir.

Çizelge 1'deki örneklerin tümü (62 adet örnek) bir sınıf olarak alınarak hesaplanan dairesellik ve % alan değerleri için maksimum, minimum, ortalama, standart sapma ve değişim katsayısı değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 3 Mermer örneklerinin yüzey ölçüm analiz sonuçları

Örnek	Alan (piksel) ²	Genişlik (piksel)	Yükseklik (piksel)	Büyük Eksen (piksel)	Küçük Eksen (piksel)	Açı (derece)	Dairesellik	%Alan	Eksen En Boy Oranı
DSC_8024	396457	2992	2000	894.983	564.016	13.295	0.050	6.625	1.587
DSC_8025	683311	2992	2000	1037.097	838.898	18.783	0.086	11.419	1.236
DSC_8029	380458	2992	2000	821.177	589.902	5.140	0.048	6.358	1.392
DSC_8030	604450	2992	2000	1041.039	739.271	28.553	0.076	10.101	1.408
DSC_8037	605695	2992	2000	1122.965	686.749	167.982	0.076	10.122	1.635
DSC_8038	714410	2992	2000	1252.071	726.488	171.087	0.090	11.939	1.723
DSC_8043	133549	2992	2000	535.709	317.411	28.083	0.017	2.232	1.688
DSC_8044	701039	2992	2000	1127.302	791.794	2.348	0.088	11.715	1.424
DSC_8045	386879	2992	2000	809.053	608.847	165.224	0.049	6.465	1.329
DSC_8046	352498	2992	2000	1024.373	438.136	14.287	0.044	5.891	2.338
DSC_8047	599556	2992	2000	1083.594	704.487	13.521	0.076	10.019	1.538
DSC_8048	573462	2992	2000	1053.981	692.759	21.629	0.072	9.583	1.521
DSC_8050	570273	2992	2000	1313.620	552.743	26.822	0.072	9.530	2.377
DSC_8051	383318	2992	2000	773.218	631.200	143.994	0.048	6.406	1.225
DSC_8052	627973	2992	2000	1164.379	686.684	14.195	0.079	10.494	1.696
DSC_8053	488574	2992	2000	956.984	650.034	177.344	0.062	8.165	1.472
DSC_8054	973406	2992	2000	1270.178	975.752	47.676	0.123	16.267	1.302
DSC_8055	820785	2992	2000	1178.607	886.688	177.949	0.103	13.716	1.329
DSC_8056	1078696	2992	2000	1460.255	940.547	0.925	0.136	18.026	1.553
DSC_8057	2132591	2992	2000	2129.247	1275.239	6.400	0.269	35.638	1.670
DSC_8058	600437	2992	2000	1117.553	684.084	147.285	0.076	10.034	1.634
DSC_8059	218959	2992	2000	607.732	458.734	179.659	0.028	3.659	1.325
DSC_8061	439598	2992	2000	906.515	617.434	132.759	0.055	7.346	1.468
DSC_8063	805640	2992	2000	1367.252	750.244	166.505	0.102	13.463	1.822
DSC_8066	487291	2992	2000	1079.974	574.494	164.445	0.061	8.143	1.880
DSC_8067	522308	2992	2000	1039.305	639.873	13.434	0.066	8.728	1.624
DSC_8068	309044	2992	2000	1042.536	377.433	148.227	0.039	5.165	2.762
DSC_8069	317172	2992	2000	1063.665	379.665	169.650	0.040	5.300	2.802
DSC_8070	487556	2992	2000	922.963	672.590	175.602	0.061	8.148	1.372
DSC_8071	225608	2992	2000	626.966	458.163	154.342	0.028	3.770	1.368
DSC_8072	914850	2992	2000	1420.978	819.734	6.946	0.115	15.288	1.733
DSC_8073	686475	2992	2000	1474.334	592.842	168.402	0.087	11.472	2.487
DSC_8074	763257	2992	2000	1184.707	820.295	1.704	0.096	12.755	1.444
DSC_8075	378911	2992	2000	1103.614	437.150	168.188	0.048	6.332	2.525
DSC_8076	707319	2992	2000	1214.493	741.533	1.317	0.089	11.820	1.638
DSC_8077	807338	2992	2000	1226.447	838.140	164.600	0.102	13.492	1.463
DSC_8078	392237	2992	2000	907.335	550.416	174.468	0.049	6.555	1.648
DSC_8079	253152	2992	2000	1274.736	252.855	161.849	0.032	4.230	5.041
DSC_8080	246842	2992	2000	703.742	446.597	29.001	0.031	4.125	1.576
DSC_8082	432025	2992	2000	1120.995	490.699	52.610	0.054	7.220	2.284
DSC_8091	214446	2992	2000	736.225	370.867	171.362	0.027	3.584	1.985

DSC_8094	227335	2992	2000	758.035	381.845	45.547	0.029	3.799	1.985
DSC_8097	359535	2992	2000	771.166	593.613	6.482	0.045	6.008	1.299
DSC_8098	365666	2992	2000	845.534	550.635	171.006	0.046	6.111	1.536
DSC_8099	462848	2992	2000	1049.791	561.366	142.328	0.058	7.735	1.870
DSC_8100	451134	2992	2000	1045.503	549.402	5.796	0.057	7.539	1.903
DSC_8101	484618	2992	2000	966.019	638.740	4.991	0.061	8.099	1.512
DSC_8103	513234	2992	2000	952.710	685.906	168.580	0.065	8.577	1.389
DSC_8104	399920	2992	2000	884.953	575.391	177.249	0.050	6.683	1.538
DSC_8105	515412	2992	2000	1123.775	583.963	158.252	0.065	8.613	1.924
DSC_8106	412154	2992	2000	1022.435	513.256	161.069	0.052	6.888	1.992
DSC_8108	584207	2992	2000	1170.005	635.754	172.329	0.074	9.763	1.840
DSC_8109	854744	2992	2000	1363.821	797.974	7.777	0.108	14.284	1.709
DSC_8110	575404	2992	2000	1182.927	619.334	2.673	0.073	9.616	1.910
DSC_8111	289717	2992	2000	944.099	390.721	1.784	0.037	4.842	2.416
DSC_8112	968637	2992	2000	1493.657	825.696	158.530	0.122	16.187	1.809
DSC_8113	676914	2992	2000	1448.939	594.831	22.780	0.085	11.312	2.436
DSC_8114	566670	2992	2000	1622.780	444.611	21.002	0.071	9.470	3.650
DSC_8116	430961	2992	2000	932.372	588.517	11.993	0.054	7.202	1.584
DSC_8117	529338	2992	2000	1231.994	547.060	27.110	0.067	8.846	2.252
DSC_8118	655921	2992	2000	1473.033	566.956	12.789	0.083	10.961	2.598
DSC_8119	762188	2992	2000	1048.844	925.255	153.235	0.096	12.737	1.134

Çizelge 4 Tüm örneklerin yüzey analiz parametrelerinin istatistiksel sonuçları

Parametre	Maksimum	Minimum	Ortalama	Std. Sap.	D.K.(%)
Dairesellik	0.269	0.017	0.070	0.036	51.940
% Alan	35.638	2.232	9.300	4.826	51.886
AR	5.041	1.134	1.832	0.621	33.891

Çizelge 2 incelendiğinde 62 adet örnek desenlerinin Görse 1’de de görüldüğü gibi değişim katsayısına göre % 52 oranında birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu örneklerde daha yüksek oranda homojen desenlerden oluşan mermer sınıfları oluşturulabilir.

Mermer örneklerinden dairesellik ve % alan katsayısına göre 3 sınıf oluşturulmuştur. Sınıf aralıkları, sınıfların daha yüksek oranda desen homojenliğini sağlayacak şekilde küçükten büyüğe doğru oluşturulmuştur.

Dairesellik ve % alan sınıf aralıkları aşağıda verilmiştir.

1. sınıf aralığı	0.01 <= dairesellik <0.050	2.00 <= % Alan < 6.60
2. sınıf aralığı	0.05 <= dairesellik <0.010	6.60 <= % Alan < 13.00
3. sınıf aralığı	0.10 <=dairesellik	13.00 <=% Alan

Sınıflarda oluşan örnek numaraları Çizelge 3’ te verilmiştir. 1. sınıf aralığında 18, 2. sınıf aralığında 35, 3. Sınıf aralığında 9 adet örnek oluşmuştur. Sınıflardaki örneklerin toplam 62 örnek içindeki yüzdelik oranları, 1.sınıfta %29.03’ünü, 2.sınıfta %56.45’ini, 3. sınıfta %14.52’sini teşkil etmektedir. Belirlenen sınıf aralılarındaki plaka sayısı ve yüzdesi desen

dağılımına göre farklılık gösterir. Örnekler mermer ocağını temsil edecek şekilde olduğunda bu oranlar mermer ocağının benzer renkteki genel desen dağılımı konusunda üreticiye fikir verebilir. Dairesellik ve % alan katsayılarına göre yapılacak grup aralığı talep doğrultusunda, istenilen homojenlik derecesine göre üretici tarafından değiştirilebilir.

Çizelge 5 Mermer örneklerinin sınıflara göre numaraları

Sınıflar	Örnek No
1.sınıf	DSC_8029, DSC_8043, DSC_8045, DSC_8046, DSC_8051, DSC_8059, DSC_8068, DSC_8069, DSC_8071, DSC_8075, DSC_8078, DSC_8079, DSC_8080, DSC_8091, DSC_8094, DSC_8097, DSC_8098, DSC_8111
2.sınıf	DSC_8024, DSC_8025, DSC_8030, DSC_8037, DSC_8038, DSC_8044, DSC_8047, DSC_8048, DSC_8050, DSC_8052, DSC_8053, DSC_8058, DSC_8061, DSC_8066, DSC_8067, DSC_8070, DSC_8073, DSC_8074, DSC_8076, DSC_8082, DSC_8099, DSC_8100, DSC_8101, DSC_8103, DSC_8104, DSC_8105, DSC_8106, DSC_8108, DSC_8110, DSC_8113, DSC_8114, DSC_8116, DSC_8117, DSC_8118, DSC_8119
3.sınıf	DSC_8054, DSC_8055, DSC_8056, DSC_8057, DSC_8063, DSC_8072, DSC_8077, DSC_8109, DSC_8112

Sınıflardaki örnekler için desen homojenliği ile ilgili istatistiksel veri sonuçları Çizelge 4'te sunulmuştur. Çizelgede sınıfların dairesellik parametresi için değişim katsayısı sıra ile %24.967, %18.7, %38.106'dır. Tüm örneklerin desen homojenliği %49 oranında iken dairesellik katsayısına göre sınıflandırıldığında 1.sınıf örnekleri %75, 2.sınıf örnekleri %81.3, 3.sınıf örnekleri %61.89 oranında desen homojenliğine yükselmiştir.

Çizelge 6. Sınıfların dairesellik, % alan ve AR parametrelerinin istatistiksel sonuçları

Sınıflar	Parametre	Maksimum	Minimum	Ortalama	Std. Sap.	D.K. (%)
1	Dairesellik	0.049	0.017	0.038	0.010	24.967
	% Alan	6.555	2.232	5.046	1.271	25.191
2	Dairesellik	0.096	0.050	0.071	0.013	18.700
	% Alan	12.755	6.625	9.412	1.753	18.628
3	Dairesellik	0.269	0.102	0.131	0.050	38.106
	% Alan	35.638	13.463	17.373	6.619	38.097

Yüzde alan parametresine göre yapılan sınıflandırmaya göre sınıf örneklerinin desen homojenliği, dairesellik katsayısına göre yapılan sınıflandırmadaki desen homojenliği ile paralellik göstermektedir. Sınıflara ait desen görüntüleri Görsel 3'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre benzer renk, fakat farklı desenli mermer plakalarının desen homojenliği için sınıflandırma işleminin dairesellik veya % alan parametresi ile yapılabileceği sonucu elde edilmiştir.

Mermer plakalarındaki desen şeklini oluşturan partiküllere fit edilen elipsin büyük-küçük eksen oranı (AR) 1'den büyük değerler aldığıda deseni oluşturan şeklin daha çok büyük eksen yönünde uzanımının devam ettiğini ifade eder. Büyük eksenin yatayla saat tersi yönündeki açısı da şeklin uzanımının yönünü gösterir. AR, 1 sayısına yaklaştıkça şekli oluşturan partiküllerin yüzeyin değişik yönlerinde dağıldığı şeklinde yorumlanabilir.

Mermer plaka örneklerinin minimum ve maksimum AR kat sayısı Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgedeki AR en küçük katsayı 1.134, DSC_8119 numaralı örnekte elde edilmiştir. AR en büyük katsayı 5.041 ise DSC_8079 numaralı örnekte görülmektedir. Bu örneklere ait görüntüler aşağıda verilmiştir.



Dairesellik katsayısına göre oluşturulan bir grupta deseni oluşturan partiküller yüzeyin belirli bir yönünde uzanım gösterebildiği gibi, yüzeyin her yönüne de dağılabilir. Ar katsayısı aynı sınıf örneklerinde 1'e yakın veya 1'den uzak değerler alabilir. Mermer yüzey deseninin AR katsayısına göre sınıflandırıldığında homojen desenli sınıfların oluşturulması mümkün görülmektedir.

Sınıf	Örnekler
1	
2	
3	

Görsel 8 Dairesellik katsayısına göre oluşan sınıf örnekleri

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada benzer renkli, farklı desendeki mermer plakalarının desen homojenliğini sağlayacak şekilde sınıflandırılabilirliği araştırılmıştır. Damarlı yapı gösteren rozalya mermer örnek plakalarının dairelilik ve % alan katsayıları ile deseni oluşturan partiküllerin yüzeydeki yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu katsayılar ile oluşturulan sınıfların homojenlik derecesi değişim katsayısı ile belirlenmiştir. Oluşturulan sınıfların desen homojenlik derecelerinin olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Yüzey desenini oluşturan partiküllere uydurulan elipsin büyük ve küçük eksen oranı (AR) ve açısına göre, partiküllerin yüzey üzerinde belli bir yönde veya yüzeyin her tarafına dağılıp dağılmadığını gösteren bir katsayı olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır. Damar şeklindeki desenli mermer plakalarından AR katsayısına göre homojen desenli sınıflar elde edilememiştir.

Bir mermer sahasında aramadan üretim safhasına kadarki aşamalarda alınan örnekler üzerinde yapılan fiziko-mekanik, kimyasal, kesilebilirlik, cila alma gibi deneylerle birlikte ocaktan elde edilecek plakaların desen yapısına göre homojen sınıflandırmanın hangi oranlarda yapılabileceği ile ilgili konularında üreticiye yol gösterici olabilir.

KAYNAKÇA

- [1]. Ozuloğul, A. ve Erdoğan, M., *Mermerlerde yüzey parlaklığının görüntü analiz yöntemi ile ölçülmesi*, Türkiye 1. Mermer Sempozyumu, 37-44, Afyon, (1995).
- [2]. Sarı, D. ve Yavuz, H., *Mermer parlaklığının nicel tanımı*, Türkiye 3. Mermer Sempozyumu, 265-275, Afyon, (2001).
- [3]. Bayırlı, M., *ImageJ yazılımı kullanılarak morfolojik görüntülerin tanımlanması*, Akademik Bilişim 2013-Konferans Bildirileri Kitapçığı, 133-136, (2013).
- [4]. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mermer%20Plaka-fayans%20Kalite%20Kontrol%20Ve%20Renk%20Seleksiyonu.pdf
(Erişim tarihi: 22.03.2021)
- [5]. GÖKAY, M.K. ve GÜNDOĞDU, İ.B., Mermer renklerinin sayısal analiz yoluyla sınıflandırılması ve mermer işleme tesislerindeki kullanılabilirliği, Madencilik, 40, 3-4, (2001).
- [6]. GÖKAY, M. K. ve GÜNDOĞDU, İ. B., *Mermer yüzey rengindeki homojenlik, mermer desenlerinin sayısal incelenmesi*, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu, 231-241, Afyon, (2003).
- [7]. AKKOYUN, Ö., *Görüntü işleme yöntemlerinin mermer kalite seçiminde uygulanabilirliği üzerine bir değerlendirme*, Türkiye 7. Mermer Sempozyumu, 1-2, Afyon, (2010).
- [8]. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>
(Erişim tarihi: 22.03.2021)
- [9]. EDİZER, E., *Sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2006).
- [10]. https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/20_21_Bahar/istatistik/9/index.html#konu-2
(Erişim tarihi: 22.03.2021)

TERMOREAKTİF DİFÜZYON YÖNTEMİYLE CrC KAPLANMIŞ AISI D2 TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ

Ercüment ÜNAL¹, Prof. Dr. Şaduman ŞEN²

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0003-2276-6819

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0002-9809-2139

ÖZET

Krom esaslı kaplamalar, esas olarak yüksek aşınma direnci, korozyon dayanımı ve oksidasyon direnci ve sağlamış olduğu yüksek sertlik dayanımları nedeniyle tekstil makine parçaları, takım uçları, kaymalı yatak uygulamaları gibi geniş bir kullanım alanlarına sahiptir. Bu tür kaplamalar endüstriyel olarak kimyasal buhar biriktirme (CVD), fiziksel buhar biriktirme (PVD), vb. gibi yöntemlerle üretilmektedir. Çelik malzemelerin yüzey özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılan yöntemlerden birisi de termo reaktif difüzyon (TRD) yöntemidir. Bu yöntemde elde edilen karbür, nitrür ve borür esaslı kaplama tabakaları yüksek sertlik değerlerine sahip ve oldukça yüksek yoğunluklu olup altlık malzemeye metalurjik olarak sıkı sıkıya bağlıdır. Termo reaktif difüzyon yöntemi, yüksek sıcaklıkta, etrafını kuşatan ortamdan belirli bir veya birkaç elementin difüzyonu ile malzemenin yüzey bileşiminin değiştirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır [1].

Bu çalışmada, termo reaktif difüzyon yöntemi kullanılarak AISI D2 soğuk iş takım çeliğinden imal edilmiş numuneler üzerinde CrC (Krom karbür) tabakası oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, öncelikle metalografik olarak yüzeyleri kaplamaya hazır hale getirilmiş çelik numuneler termo reaktif difüzyon yöntem ile kaplama işlemleri 1000°C sıcaklıkta 2 saat süreyle, ferro krom, alümina ve amonyum klorürden oluşan bir katı ortamda gerçekleştirilmiştir. Termo reaktif difüzyon yöntemi ile kaplanmış çeliğin kaplama verimliliklerinin ortaya çıkarılması adına karakterizasyon işlemleri yapılmıştır. Yüzey morfolojisi ve faz analizi, optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve x-ışınları difraksiyon analizi (XRD) yardımıyla yapılmıştır. Kaplama tabakasının sertliği Vickers indentasyon tekniği ile belirlenmiştir. Yapılan analiz ve ölçümler sonucunda AISI D2 çelik yüzeyinde elde edilen krom karbür esaslı kaplama tabakasının sertlik değeri oldukça yüksek olup, kaplama tabakasının da homojen, kompakt bir biçimde oluştuğu ve krom karbür fazlarından oluştuğu tespit edilmiştir [2].

Anahtar Kelimeler: Krom karbür, Termo Reaktif Difüzyon, Sertlik, Karbürleme, AISI D2

1. GİRİŞ

Aşınma ve korozyondan kaynaklanan hasarlar ile beraber çelik malzemelerde kalıcı veya performans düşürücü olumsuzluklar meydana gelmektedir [3]. Ortaya çıkan bu olumsuzluklar ile beraber zaten kısıtlı olan hammadde stoğu ile beraber, aksayan parçalar ile beraber sistemin bozulması, zaman ve nakit kayıplar yaşanmaktadır [4]. Bütün bu olumsuzları ortadan

kaldırmak veya bozulma sürelerini uzatmak adına termo reaktif difüzyon yöntemi en önemli yöntemlerden birisidir [5]. Termo reaktif difüzyon yönteminde yüksek sıcaklığın etkisiyle kaplama banyosu içerisinde bulunan elementler malzeme yüzeyinde birikerek karbür ve nitrür esaslı kaplamalar elde edilebilmektedir. Elde edilen bu kaplamalar malzemenin aşınma ve korozyon dayanımlarını iyileştirirken kullanım sürelerinin uzamasına olanak sağlamaktadır [6-7].

Bu tez çalışmasında, yüzeyleri zımparalama ve parlatma işlemlerinden geçirilmiş numunelerin yüzeylerinde krom karbür esaslı kaplamaların oluşturulması planlanmıştır. Çalışmalarda elde edilen kaplama tabakaların yüzey özellikleri ve homojenliği mikro yapı analizleri ve faz analizleri ile belirlenirken kaplamaların sertlik analizleri de incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada 20 x 6 milimetre boyutlarında AISI D2 takım çeliğine ait numuneler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan numunelerin kimyasal kompozisyonuna ilişkin bilgiler çizelge 1’de gösterilmiştir. CrC kaplama işleminde kullanılması için 1040 çeliğinden imal edilmiş çelik potalardan faydalanılmıştır. Çelik potaların boyutları ise 30x50x60 milimetredir.

Çizelge 1. AISI D2 Çeliğinin kimyasal kompozisyonu

Elementin Adı	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
Kimyasal Bileşimi (%Ağ)	1,580	0,33	0,44	0,018	0,0003	11,65	0,73	0,900

AISI D2 takım çeliğine ait numuneler kaplama işlemlerinden önce metalografik yüzey temizleme işlemlerine tabii tutulmuştur. Kaplama öncesi yüzey temizleme işlemlerine tabii tutulan numuneler daha sonra bünyesinde düşük karbon içeriğine sahip ferro krom, alüminyum oksit, nişadır ve naftalin içeren toz karışımı içerisinde gömülmüştür. Tüm işlemler esnasında sıcaklık 1000°C’de olarak belirlenmiş işlem süresi ise 2 saat olarak ayarlanmıştır. Her kaplama numunesi için bu işlemler bütünü tekrarlanmıştır. Kaplama işlemlerinin tamamlanmasının ardından numuneler çelik pota içerisinden çıkarılarak havada soğutulması sağlanmıştır. Havada soğutma işlemleri tamamlanan numunelerin yüzeylerinde oluşabilecek banyo kalıntıları ise alkol çözeltisi içerisinde temizlenmiş, kurulanmıştır.

Termo reaktif difüzyon yöntemi ile kaplanmış çeliğin kaplama verimliliklerinin ortaya çıkarılması adına karakterizasyon işlemleri yapılmıştır. Karakterizasyon işlemlerinin tamamı Sakarya Üniversitesi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yüzey morfolojisi ve faz analizi, optik mikroskop, SEM ve x-ışınları difraksiyon analizi (XRD) yardımıyla yapılmıştır. Kaplama tabakasının sertliği ise Vickers indentasyon tekniği ile belirlenmiştir.

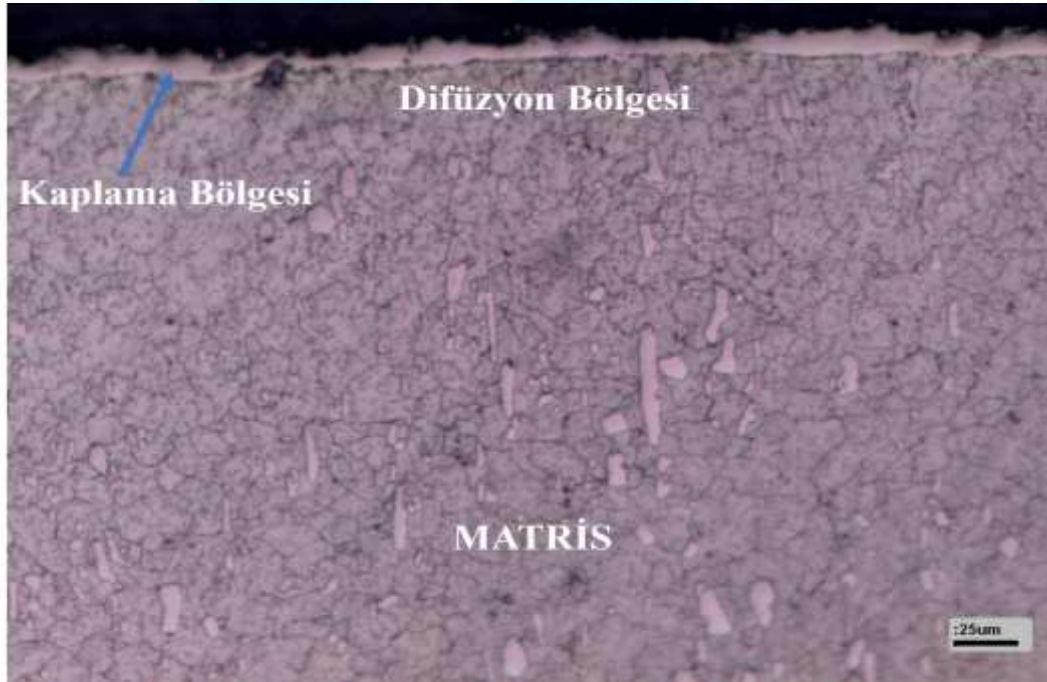
3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Mikro yapı incelemeleri

AISI D2 çeliği yüzeyinden termo reaktif difüzyon yöntemiyle oluşturulan CrC kaplamaların optik mikro yapı görüntüleri Görsel 1.'de gösterilmiştir. Mikro yapı görüntülerinde homojen bir kaplama tabakasının varlığından söz edilebilir.



(a)



(b)

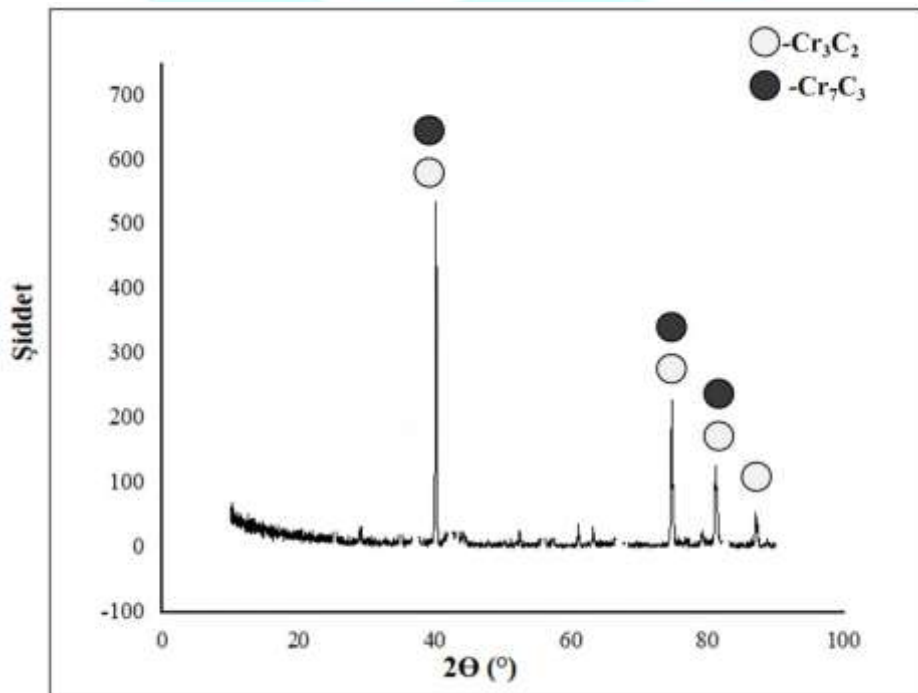


(c)

Görsel 1. AISI D2 çeliğinin CrC kaplama işlemi sonucunda oluşan a)5x büyütme b)10x büyütme ve c)20x büyütmede optik mikro yapı görüntüleri

3.2. X-Işınlari Analiz İncelemeleri

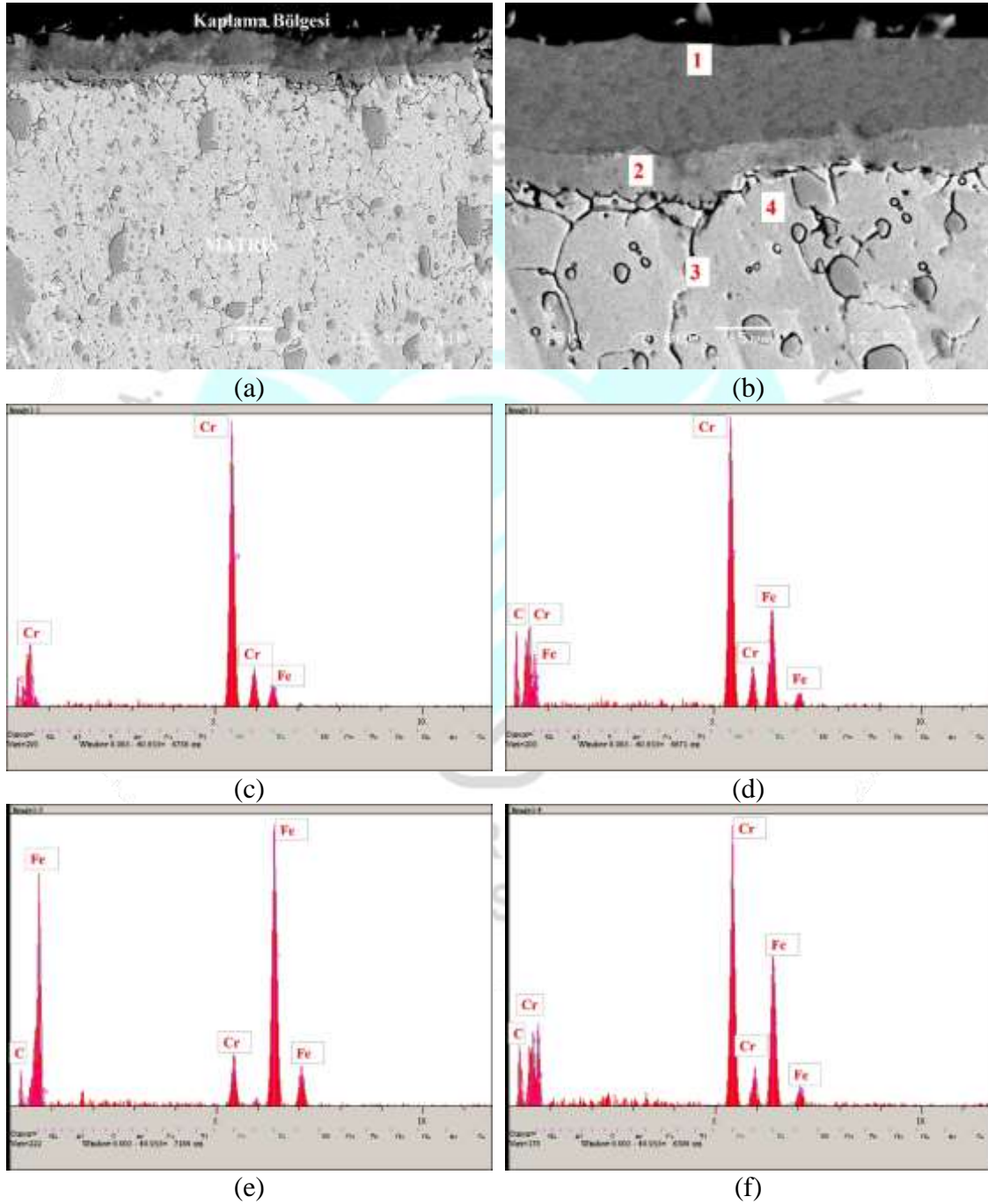
Termo reaktif difüzyon yöntemiyle AISI D2 çelik yüzeylerinde oluşturulan CrC kaplamalara ait numunelerin yüzeylerinden alınan X-ışını analiz değerlendirmeleri Görsel 2.'de gösterilmiştir. Her bir numune için alınan X-ışını pikleri yorumlandığında numunenin yüzeyinde Cr_7C_3 ve Cr_3C_2 karbür fazların oluştuğu gözlemlenmiştir.



Görsel 2. AISI D2 çeliğinin CrC kaplama işlemi neticesinde elde edilen X ışını analiz grafiği

3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Elementel Analiz İncelemesi

Altlık malzeme olarak kullanılan AISI D2 çelik yüzeyinde termo reaktif difüzyon yöntemi ile oluşturulan CrC esaslı kaplamaların taramalı elektron mikroskobu ve EDS analizleri Görsel 3.'de gösterilmiştir. Kaplamaların seçilmiş 4 farklı bölgesinden EDS analizleri alınmıştır. EDS analizleri incelendiğinde kaplama tabakasının ana bileşenlerinin krom, karbon ve demir elementleri içerdiği sonucuna varılmıştır.



Görsel 3. AISI D2 çeliğinin CrC kaplama işlemi neticesinde elde edilen oluşan (a ve b) SEM mikro yapı görüntüleri, (c), (d), (e), ve (f) sırasıyla 1,2,3,4 bölgelerinden alınmış EDS analizleri

3.4. Mikro Sertlik Analizler ve Sonuçlarının İncelemesi

CrC kaplamaların gerçekleştirildiği AISI D2 çeliğine ait numunelerin sertlik değerleri Vickers indentasyon tekniği ile belirlenmiştir. Altlık malzeme olarak kullanılan AISI D2 çeliğine ait numunelerin sertliği 535 HV (00,1) olarak hesaplanmıştır. CrC kaplama işlemleri neticesinde elde edilen kaplamaların sertlik değeri ise 1780 HV (0.025) olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-7-24-287 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

- Yapılan incelemelerin neticesinde AISI D2 çeliğinin yüzeyinde CrC esaslı kaplamanın elde edildiği ortaya çıkarılmıştır.
- Altlık malzeme olarak kullanılan AISI D2 çeliğine ait numunelerinin yüzeylerinde elde edilen CrC esaslı kaplama tabakalarının oldukça homojen ve sürekli olduğu ortaya çıkarılmıştır.
- Elde edilen CrC esaslı kaplamaların sertlik değerlerinin altlık malzemeye nazaran oldukça iyi değerlere sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır.
- Kaplama neticesinde elde edilen sertlik değeri ile altlık malzeme olarak kullanılan AISI D2 çeliğine ait numuneler kıyaslandığında CrC kaplamanın sertliğinin oldukça yüksek olduğu gösterilmiştir.
- Termo reaktif difüzyon yöntemi ile CrC kaplanmış çeliklerin yüzeylerinde oluşan kaplama tabakasında Cr_3C_2 ve Cr_7C_3 fazlarının varlığına rastlanmıştır.



GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

KAYNAKÇA

- [1] ABAKAY, E., “Termo-Reaktif Difüzyon (Trd) Yöntemi ile Çeliklerin Nb-Al-N Kaplanması” Yüksek Lisans tezi, S.A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2013
- [2] ARSLAN, D. “Kutu Borlama İşlemi Uygulanmış Çeliklerin Yüksek Sıcaklık Yorulma Dayanımlarının İncelenmesi” Yüksek Lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2017
- [3] ÖNDER, E. “Termoreaktif Difüzyon (Trd) Yöntemiyle Krom Karbür Ve Vanadyum Karbür Kaplanan A1sı D3 Seri Soğuk İş Takım Çeliğinin Mikroyapı Ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi” Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2012
- [4] TEOMAN, Z., “H13 Sıcak İş Takım Çeliklerinin Aşınma Dayanımına Düşük Sıcaklıklarda Nitrasyon İşleminin Etkisi” Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018
- [5] AYDIN, B., “Nitrasyon Parametrelerinin Sıcak İş Takım Çeliği Darbeli Kayma Aşınma Davranışına Etkisi” Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018
- [6] KAMIŞ, T., “Pvd Kaplanmış Biomalzeme Olarak Kullanılan A1sı 316 L Paslanmaz Çeliğinin Sodyum Hyaluronat Ve Kuru Ortamdaki Aşınma Davranışlarının İncelenmesi” Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2017
- [7] ÖZTÜRK, M., “A1sı 4140 Düşük Alaşımli Çeliklerin Modern Yüzey İşlemleri Sonrası Yorulma Çatlak İlerleme Ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi” Yüksek Lisans tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2019

TERMOREAKTİF DİFÜZYON YÖNTEMİYLE CrN KAPLANMIŞ AISI D2 TAKIM ÇELİĞİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ

Ercüment ÜNAL¹, Prof. Dr. Şaduman ŞEN²

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0003-2276-6819

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0002-9809-2139

ÖZET

Makineleşme ve teknolojik ilerlemenin her geçen gün arttığı bu bilim çağında karşılaştığımız en büyük problemlerden biri, giderek azalan hammadde olanaklarıdır. Dünya üzerinde en çok kullanılan malzemelerden biri olan çelikler içinde en büyük problem kısıtlı hammadde stoklarıdır. Çelik malzemelerin gerek kullanım şartları gerekse de kullanım ortamları nedeniyle mekanik ve kimyasal etkilerle sıklıkla karşı karşıya kalmaktadırlar. Maruz kaldıkları bu etkiler performanslarını düşürüp belli bir zaman sonrada kullanılamaz hale gelerek bozulmalarına neden olarak kısıtlı hammadde stoklarının verimsiz kullanılmasına yol açmaktadır. Termo reaktif difüzyon yöntemi de tam olarak bu problemlere çözüm olmak adına geliştirilmiş en etkili yöntemlerden biridir [1].

Termo reaktif difüzyon yöntemi ile çelik yüzeylerinde elde edilen nitrür-borür-karbür esaslı tabakalar çeliklerin yüzey özelliklerini geliştirip kullanım verimliliklerini oldukça iyileştirir. Elde edilen kaplama tabakaların sertlik değerleri ile aşınma ve korozyon dayanımları da oldukça yüksektir [1-2].

Bu çalışma 2 temel aşamadan meydana gelmiş olup birinci aşamada AISI D2 çeliği numune hazırlama işlemleri ile kaplamaya uygun hale getirilip 580°C, sıcaklıkta ,480 dakika sürede gaz nitrürleme işlemine tabii tutulmuştur. 2. aşamada ise termo reaktif difüzyon yöntemi kullanılarak AISI D2 çeliği yüzeyinde CrN (Krom nitrür) tabakası oluşturulması hedeflenmiştir. İşlem sıcaklığı olarak 1000°C belirlenmiş olup işlem süresi ise 120 dakikadır. Kaplanmış çeliğe ait numunelerin yüzey özellikleri ve faz analizleri, optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve x ışınları difraksiyon analizleri (XRD) ile incelenmiştir. Kaplama yüzeyinde elde edilen kaplama tabakalarının sertlik değerleri ise Vickers indentasyon tekniği yardımıyla belirlenmiştir. Yapılan tüm yüzey analizleri ve ölçümlerinin neticesinde AISI D2 takım çeliği yüzeyinde oluşturulan kaplama tabakasının sertlik değerinde iyileştirme sağlanmış, homojen ve kompakt olduğu ve ayrıca krom nitrür fazlarından oluştuğu ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Krom nitrür, Takım Çeliği, Sertlik, AISI D2 çeliği, Faz Analizi, Kromlama, Nitrürleme

1. GİRİŞ

Çelik malzemelerin sıklıkla tekrarlı yükler altında kullanılması performanslarında istenmeyen aksaklıklar yaşanmasına yol açmaktadır [2]. Yaşanan bu aksaklıkların neticesinde çelik malzemeler kolaylıkla bozulup işlevlerini yitirmektedir. Bu tip sorunların ortadan kaldırılması için çelik malzemelerin yüzeyleri çeşitli ve değişik birçok yolla kaplanması yapılarak yüzey özelliklerinin iyileştirmesi sağlanmaktadır [3].

Termo kimyasal bir işlem olan bu kaplama prosesinde yüksek sıcaklıklarda kaplama banyosu içerisinde bulunan elementlerin altlık malzeme yüzeyinde birikerek ince bir film tabakası halinde oluşumu sağlanmaktadır [4].

Çelik malzeme yüzeyinde oluşan bu ince film malzemenin aşınma dayanımı, korozyon dayanımını gibi özelliklerinin iyileştirmesine olanak sağladığı gibi kaplama banyosunda bulunan karbür yapıcı ve nitrür yapıcı elementler nedeniyle yüksek sertlik değerlerine de sahiptir [5].

İş bu çalışmada sanayide kullanımı oldukça yaygın olan AISI D2 takım çeliğinin yüzeyinde Termo reaktif difüzyon yönteminden faydalanarak CrN (Krom nitrür) esaslı kaplamaların oluşturulması hedeflenmiştir. Elde edilen kaplama tabakasının karakterizasyon testleri (optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu), faz analizleri (x- ışınları testi) ve sertlik testleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

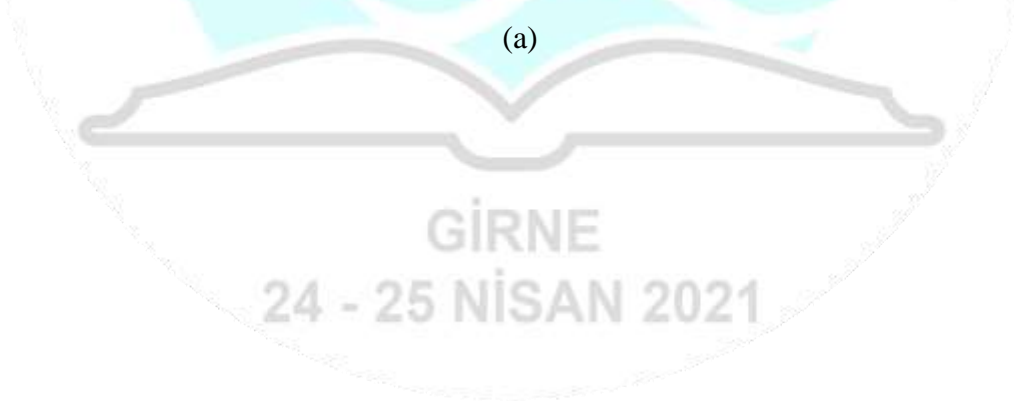
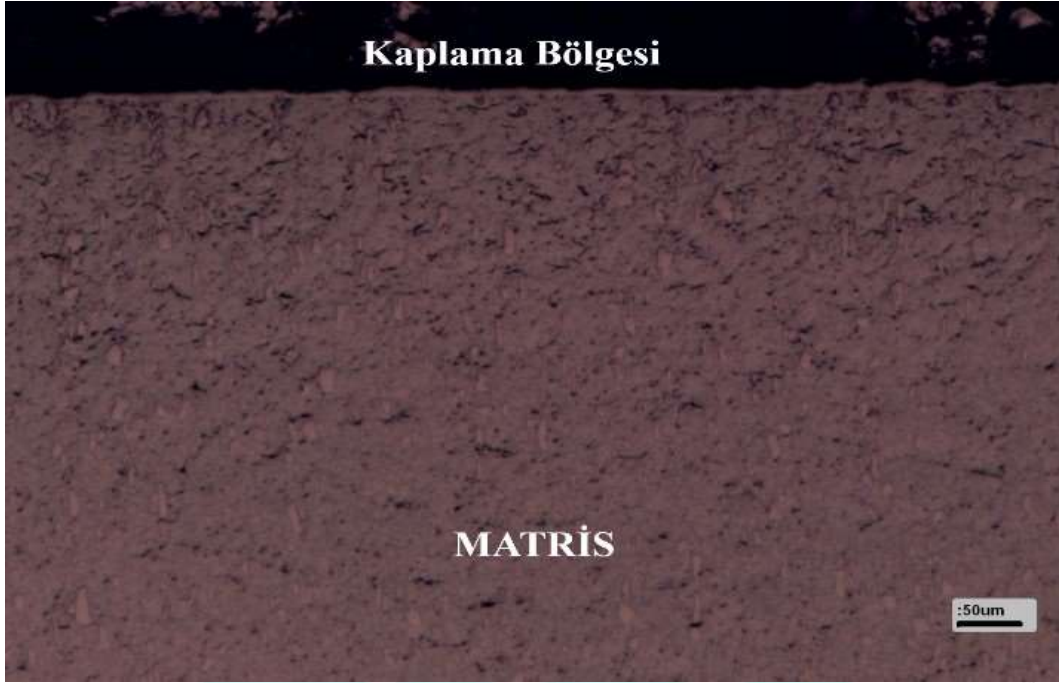
Bu çalışmada sanayide kullanımı oldukça yüksek olan AISI D2 takım çeliğinden yararlanılmıştır. AISI D2 takım çeliğine ait parçalar 25 mm çapta ve 6 mm kalınlığa sahip olacak şekilde işlenmiştir. CrN (Krom nitrür) kaplama prosesinde kaplama kutusu olarak ise paslanmaz çelik potalardan yararlanılmıştır. AISI D2 takım çeliğine ait işlenmiş olan numuneler kaplama işlemlerinden hemen önce yüzeyleri 60-1000 gridlik zımparalar ile temizlenmiş ardından parlatma işlemlerine geçilmiştir. Yüzeyleri temizlenen numunelerinin 580°C'de 480 dakika sürede gaz nitrüleme işlemine tabii tutulmuştur. Nitrüleme işleminin tamamlanmasının ardından numuneler ağırlıkça oran 1:1:2:1 olacak şekilde alümina, naftalin, ferrokrom ve amonyum klorür barındıran banyonun içerisine yerleştirilerek termo reaktif difüzyon yöntemi ile kaplanması sağlanmıştır. 1000°C sıcaklıkta gerçekleşen işlemlerde işlem süresi ise 120 dakika ile sınırlandırılmıştır.

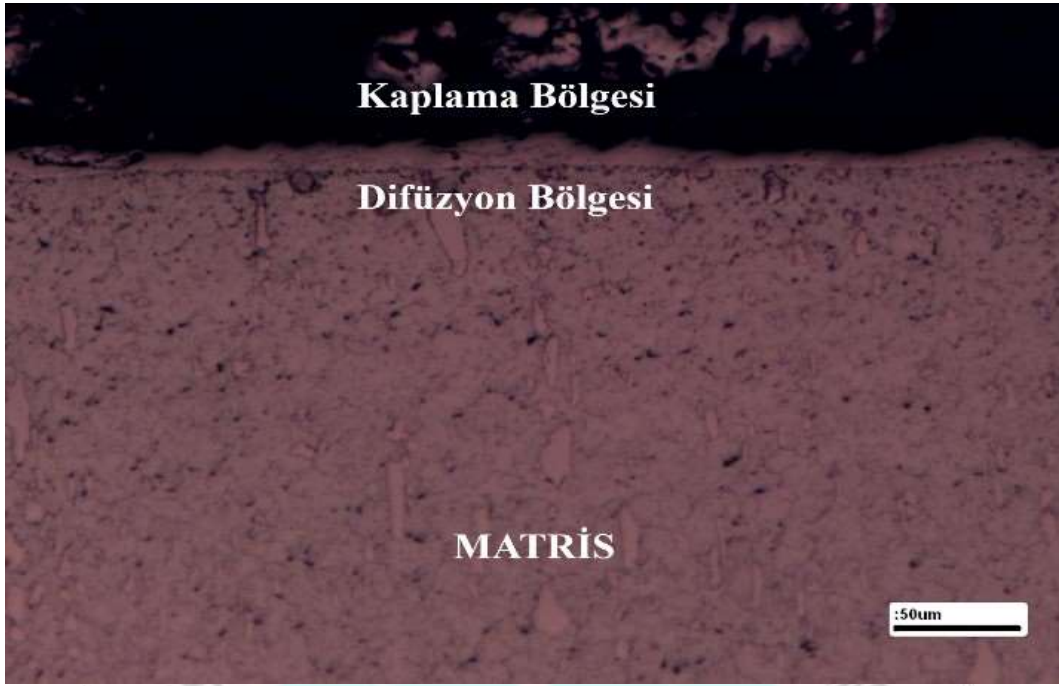
Kaplama işlemlerinin tamamlanmasının ardından numunelerin yüzeylerinde oluşabilecek kalıntılar ise sıcak su ortamında temizlenmiştir. Temizlenen numunelerde kaplama özelliklerinin incelenmesi için bakalite alınmıştır. Bakalite alınan çeliklerin metalografik yüzey temizleme işlemlerinden ardından %3 'lük nital çözelti içerisinde dağlanması yapılmıştır. Kaplama özellerinin belirlenmesinde optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu, XRD analizinden faydalanılmıştır. Kaplamalar neticesinde elde edilen sertlik değerinin hesaplanmasında ise Vickers indentasyon tekniğinden yararlanılmıştır.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. Mikro yapı incelemeleri

AISI D2 çeliği yüzeyinden 580°C’de gaz nitrüleme yöntemi neticesinde elde edilen kaplamaların optik mikro yapı incelemeleri Görsel 1.’de gösterilmiştir. Mikro yapı analizlerinde nitrüleme işlemi ile altlık malzeme yüzeyinde ince ve oldukça homojen bir kaplama tabakasının elde edildiği anlaşılmaktadır.





(b)



(c)

Görsel 1. AISI D2 çeliğinin nitrasyon kaplama işlemi sonucunda oluşan a)5x büyütme b)10x büyütme ve c)20x büyütmede optik mikro yapı görüntüleri

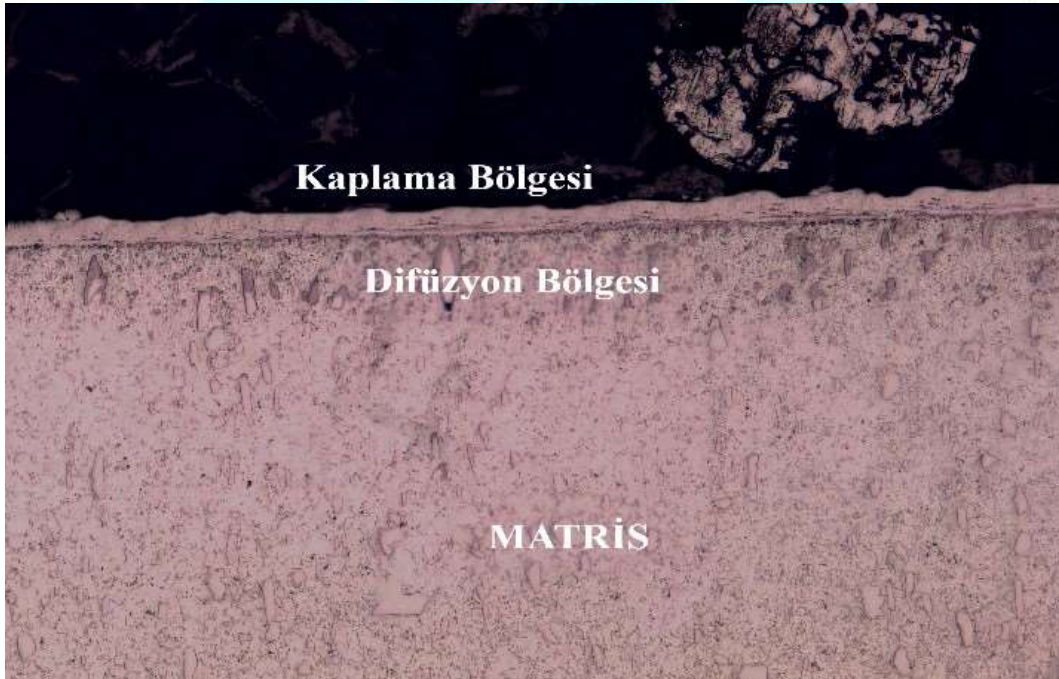
AISI D2 çeliğinin nitrürlenme işleminin ardından 1000°C sıcaklıkta 120 dakika sürede gerçekleşen termo reaktif difüzyon yöntemi ile kaplanmasına ilişkin optik mikro yapı incelemeleri ise Görsel 2.'de verilmiştir. Nitrürlenme işleminin ardından yapılan CrN (Krom

nitür) kaplamalarının altlık malzeme yüzeyinde sürekli, homojen ve düzenli bir kaplama tabakasının elde edildiği anlaşılmaktadır.

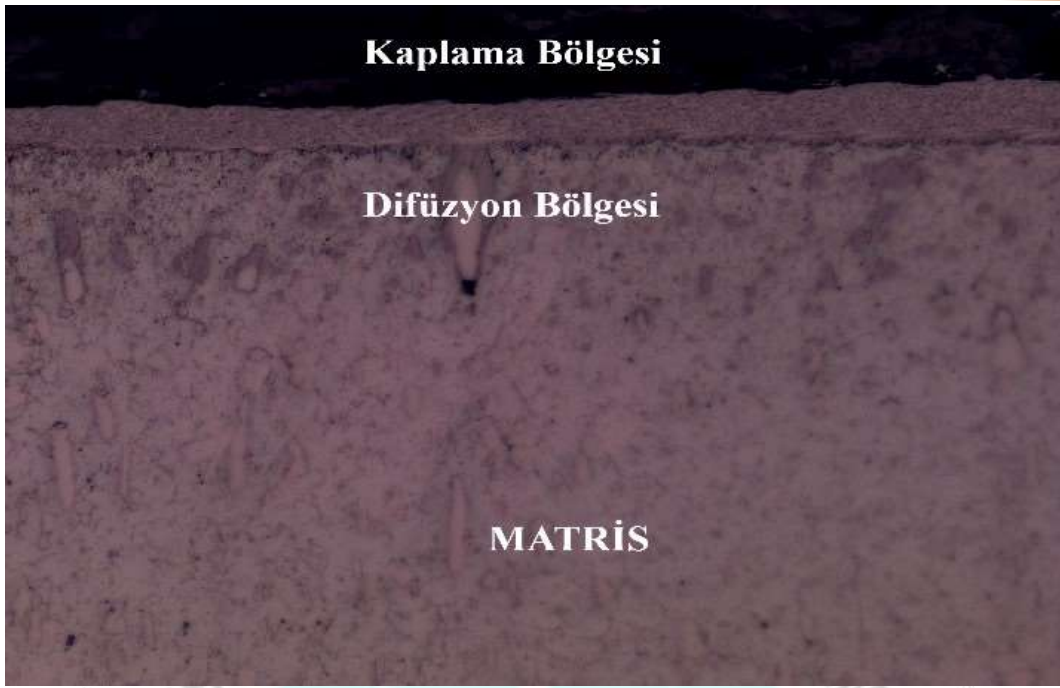
Altlık malzemeye sıkı sıkıya bağlı oldukça düzenli ve homojen kaplama tabakalarının elde edildiği anlaşılan görsellerde kaplama kalınlıklarının da belirli bir çizgide ilerlediği gözlemlenmiştir.



(a)



(b)

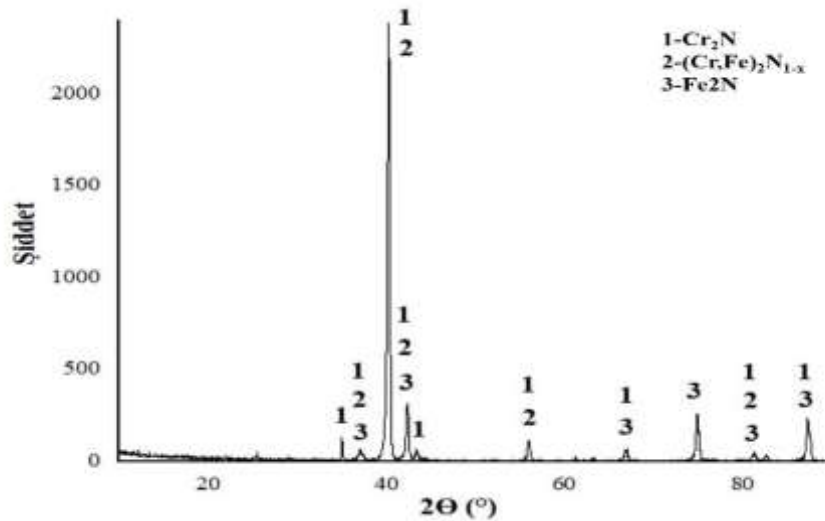


(c)

Görsel 2. AISI D2 çeliğinin CrN kaplama işlemi sonucunda oluşan a)5x büyütme b)10x büyütme ve c)20x büyütmede optik mikro yapı görüntüleri

3.2. X-Işınları Analiz İncelemeleri

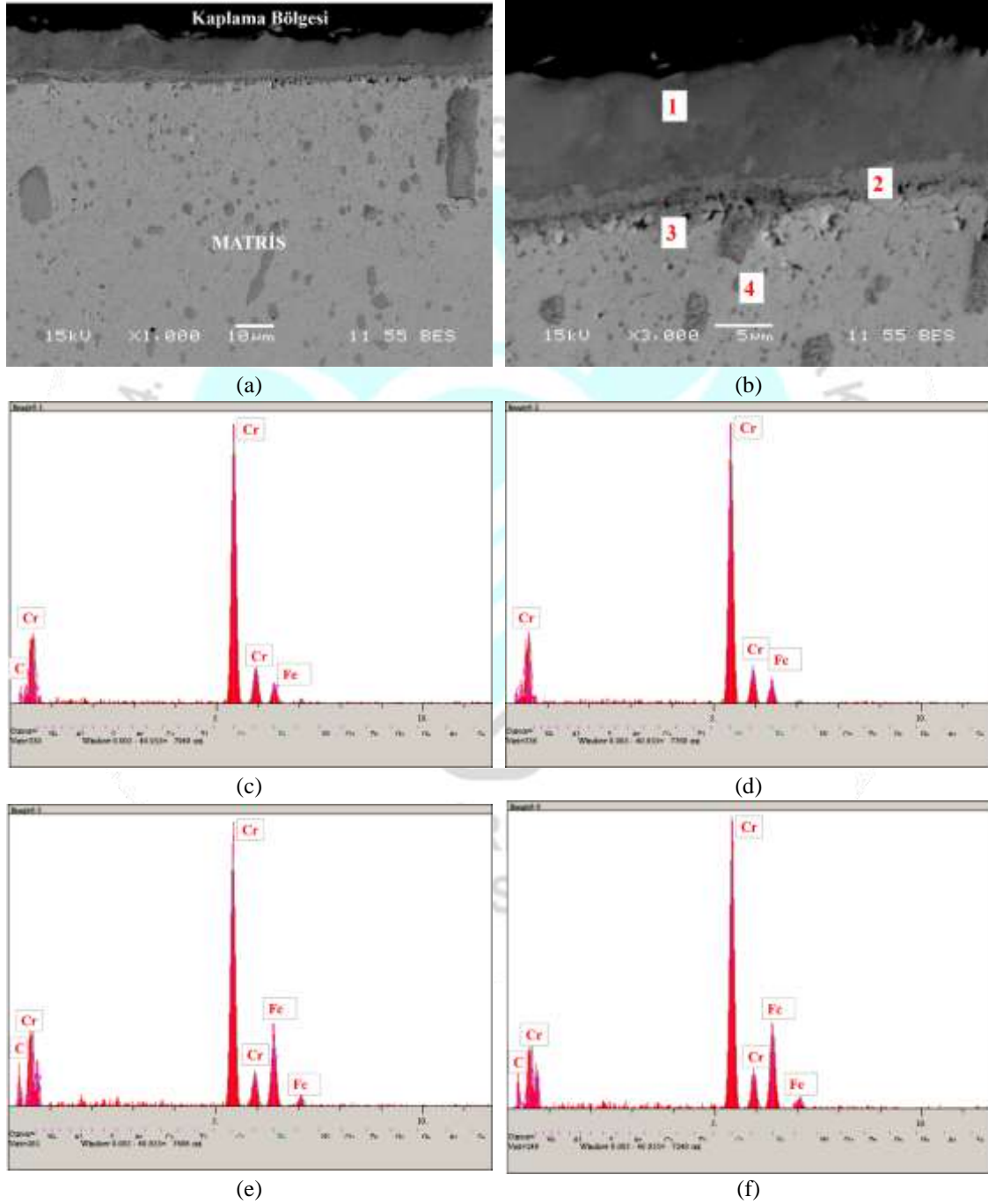
Termo reaktif difüzyon yöntemiyle AISI D2 çelik yüzeylerinde oluşturulan CrN kaplamalara ait numunelerin yüzeylerinden alınan X-ışını analiz değerlendirmeleri Görsel 3.'de gösterilmiştir. Her bir parametre için alınan X-ışını pikleri yorumlandığında numunenin yüzeyinde Cr_2N , $(\text{Cr, Fe})_2\text{N}_{1-x}$ ve Fe_2N fazlarının oluştuğu gözlemlenmiştir.



Görsel 3. AISI D2 çeliğinin CrN kaplama işlemi neticesinde elde edilen X ışını analiz grafiği

3.3. SEM ve Elementel Analiz İncelemeleri

AISI D2 çeliği üzerine 1000 °C sıcaklıkta 120 dakikada gerçekleşen işlemler neticesinde elde edilen CrN kaplamaların taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ise Görsel 4.'de gösterilmiştir. Sem analizinde 2 farklı katmandan oluşan bir kaplamanın varlığı söz konusudur. Bu yapıların bünyesinde neler içerdiğinin analizini yapmak için 4 farklı yerden EDS analizleri yapılmıştır. Kaplamaların Cr, Fe, C elementlerini içerdiği anlaşılmıştır.



Görsel 4. AISI D2 çeliğinin CrN kaplama işlemi neticesinde elde edilen oluşan (a ve b) SEM mikro yapı görüntüleri, (c), (d), (e), ve (f) sırasıyla 1,2,3,4 bölgelerinden alınmış EDS analizleri

3.4. Mikro Sertlik Sonuçlarının İncelemesi

CrN kaplamaların gerçekleştirildiği AISI D2 çeliğine ait numunelerin sertlik değerleri Vickers indentasyon tekniği ile belirlenmiştir. Altlık malzeme olarak kullanılan AISI D2 çeliğine ait numunelerin sertliği 545 HV (00,1) olarak hesaplanmıştır. Nitrüleme işlemine tabii tutulmuş AISI D2 numunelerin sertliği 900 HV (00,1) olarak hesaplanırken CrN kaplama işlemleri neticesinde elde edilen kaplamaların sertlik değeri ise 1580 HV (0.025) olarak belirlenmiştir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

-Nitrüleme işlemi neticesinde elde edilen kaplama tabakasının altlık malzeme yüzeyinde homojen ve sürekli bir yapıda elde edildiği anlaşılmaktadır.

-Nitrüleme işleminin tamamlanmasının ardından yapılan termo reaktif difüzyon yöntemi sayesinde krom-nitrür esaslı kaplama tabakası çelik yüzeyinde başarıyla elde edilmiştir.

- Elde edilen CrN (Krom nitrür) esaslı kaplamalar altlık malzeme yüzeyinde oldukça homojen ve sürekli olduğu anlaşılmaktadır.

-AISİ D2 çeliği, nitrülenmiş iş parçası ve CrN (Krom nitrür) kaplanmış numunelerinin sertlik analizleri yapıldığında CrN kaplamanın sertlik değerinin diğerlerinden oldukça yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır.

- Termo reaktif difüzyon yöntemiyle CrN kaplama işlemi yapılmış AISİ D2 çeliğinin yüzeyinde elde edilen kaplama tabakasının Cr_2N , $(Cr, Fe)_2N_{1-x}$ ve Fe_2N fazlarını içerdiği ortaya çıkarılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2019-7-24-287 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] ARSLAN, D. “Kutu Borlama İşlemi Uygulanmış Çeliklerin Yüksek Sıcaklık Yorulma Dayanımlarının İncelenmesi” Yüksek Lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2017
- [2] ÇELİKEL, T. “Katodik Ark Fbb Yöntemi Kullanılarak Çelik Yüzeylerin Alüminyumlanması” Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2020
- [3] TEOMAN, Z., “H13 Sıcak İş Takım Çeliklerinin Aşınma Dayanımına Düşük Sıcaklıklarda Nitrasyon İşleminin Etkisi” Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018

- [4] Meletliođlu, E., "Ti-6Al-4V İmplant Malzemesinin Yorulma ve Fretting Yorulması Davranışı Üzerine Ball Burnishing Mekanik Yüzey İşleminin Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2014
- [5] AYDIN, B., "Nitrasyon Parametrelerinin Sıcak İş Takım Çeliği Darbeli Kayma Aşınma Davranışına Etkisi" Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018



FLEXIBLE PATCH ANTENNA DESIGN BY USING PAPER IN DIELECTRIC SUBSTRATE

Sevim SÖKMEN¹, Fatih Özkan ALKURT², Muharrem KARAASLAN³

¹ Dept. of Electrical and Electronic Eng., Iskenderun Technical University, 31200, Iskenderun, Hatay, Turkey, <https://orcid.org/0000-0002-6008-5080>

² Dept. of Electrical and Electronic Eng., Iskenderun Technical University, 31200, Iskenderun, Hatay, Turkey, <https://orcid.org/0000-0002-9940-0658>

³ Dept. of Electrical and Electronic Eng., Iskenderun Technical University, 31200, Iskenderun, Hatay, Turkey, <http://orcid.org/0000-0003-0923-1959>

ABSTRACT

In this paper, authors suggest a flexible patch antenna which uses a paper in its substrate layer as dielectric material. The operating frequency is chosen as most used communication band as 2.4GHz wireless communication band. Designed flexible patch antenna was analysed in both horizontally and vertically concave-convex bending processes. The observed resonance frequency is stable in both horizontal and vertical concave-convex bending scenarios which is in 2.4GHz. The return losses of proposed flexible patch antenna are also observed between -8.8dB and -13dB that is also a good return loss characteristic of proposed antenna. Moreover, designed antenna was fabricated and experimentally tested in microwave laboratory. Obtained return loss characteristics by vector network analyser shows experimental results are in a good harmony with simulated results. Finally, proposed flexible patch antenna, which uses paper dielectric in substrate layer, could be used in flexible antenna applications such as wearable antenna industry.

Keywords: patch antenna; paper dielectric; flexible antenna; wearable antenna; wireless band

1. INTRODUCTION

Nowadays, electronics and antenna industry need flexibility of components instead of using rigid dielectric materials because of easy integration for various applications. According to recent developments in antenna industry, flexible antennas have a great potential in implantable electronics [1], sensor [2], medical [3] and wearable applications [4] due to its low-cost materials, lightweight and easy integration properties. According to the literature, it is possible to use inkjet technology to fabricate flexible antenna on flexible dielectric substrate [5].

In addition, the PI and PET film based flexible patch antenna was introduced to the literature for 1.58GHz applications [6]. Also, it is possible to design flexible patch antenna for Wimax applications especially 3.55GHz bands and in this design kapton polyamide material for used as flexible substrate layer [7]. Moreover, a textile material-based patch antenna was presented to the literature which has flexibility and breathable characteristics [8]. Furthermore, PET based thin planar patch antenna was investigated for 5G applications [9]. Finally, other literature

studies indicate that the feasibility of flexible antennas in IOT and bio-integrated electronic applications [10, 11].

In this conference study, paper dielectric-based patch antenna is presented for flexible antenna applications. The rectangular patch model was chosen in design process and paper is used for substrate layer to create flexibility. The operating frequency is 2.4GHz which is commonly used frequency band in communication systems. The antenna is investigated under various conditions as horizontal and vertical convex-concave bending processes. An experimental test is conducted to show feasibility of designed flexible antenna. As a result, simulated and experimentally measured results are in a good harmony that presents the paper dielectric used flexible patch antenna could be used in various application areas such as medical, textile, IOT and etc. applications.

2. DESIGN AND SIMULATION RESULTS

In design process, a standard rectangular patch antenna model is chosen and the design parameters of this antenna is given in Figure 1a. The back ground layer of patch antenna is covered by copper metal. Also, the patch layer is chosen as copper which has conductivity of 5.8×10^7 S/m and thickness of 0.035mm. In the substrate layer, paper is chosen as dielectric material which has permittivity of 2.31. The aim of using paper dielectric in substrate is to create flexibility and also it is easy to obtain paper for experimental tests. The planar form of this patch antenna is investigated and return loss and far-field radiation pattern is given in Figure 1b and Figure 1c. As shown, this planar patch antenna configuration has return loss value of -10.4dB in 2.4GHz centre frequency which is the mostly used communication band. Moreover, 7.88dBi radiation gain is directed as plotted in Figure 1c. This simulation results show that proposed patch antenna can be used for communication applications.

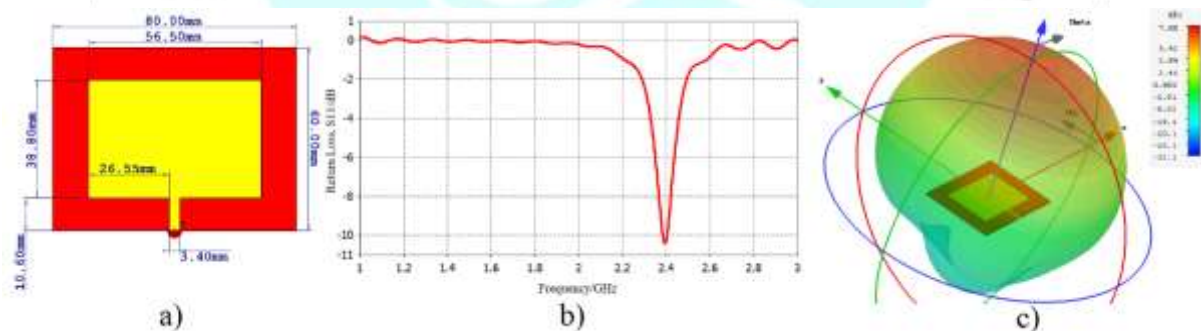


Figure 1. Planar patch antenna design a) front view with design parameters, b) S11 characteristics and c) 3D far-field

Furthermore, as shown in Figure 2a, b, c, and d; four possible bending processes were investigated. Horizontal concave, horizontal convex, vertical concave and vertical convex scenarios was examined as illustrated in Figure 2. As plotted in Figure 2.e; horizontal concave, horizontal convex, vertical concave and vertical convex has return losses of -12.8dB, -9.4dB, -8.8dB and -12dB, respectively. These results indicate that proposed paper dielectric flexible patch antenna has stable radiation characteristics and could be used in flexible antenna industry.

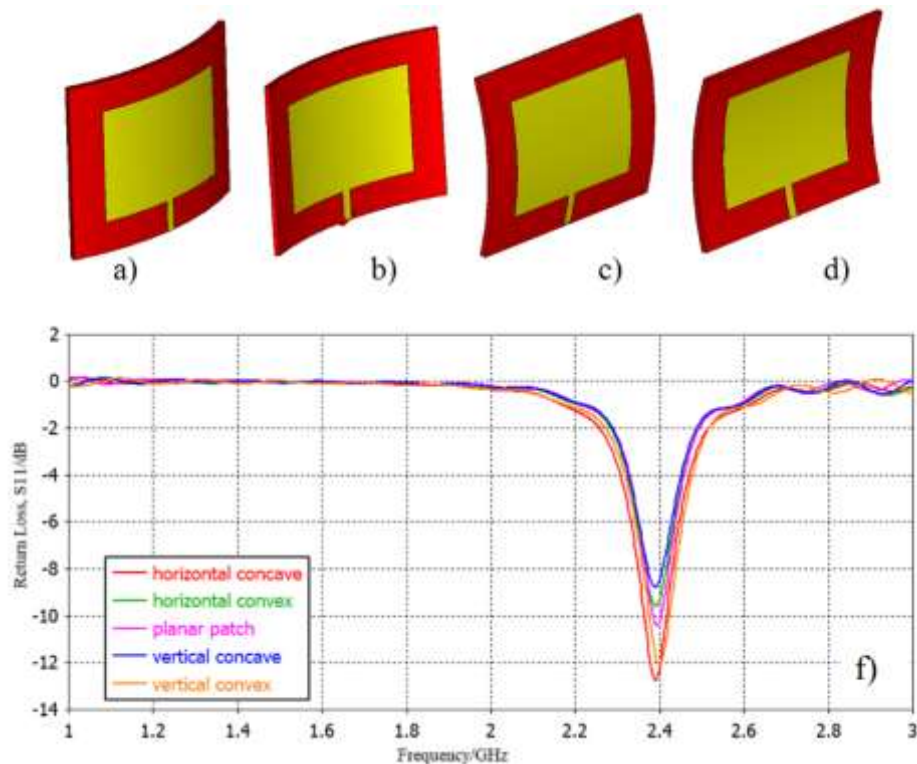


Figure 2. a) vertical convex, b) vertical concave, c) horizontal convex, d) horizontal concave and f) return loss characteristics of flexible antennas

In addition, far-field radiation patterns of all bending scenarios have been obtained and investigated as plotted in Figure 3. As shown in radiation patterns, radiation directions are not changed in bending processes, that causes this flexible patch antenna is in stable condition under horizontal and vertical convex-concave bending. This property paved the way that the proposed paper dielectric flexible patch antenna could be a candidate for flexible antenna studies especially wearable antenna applications.

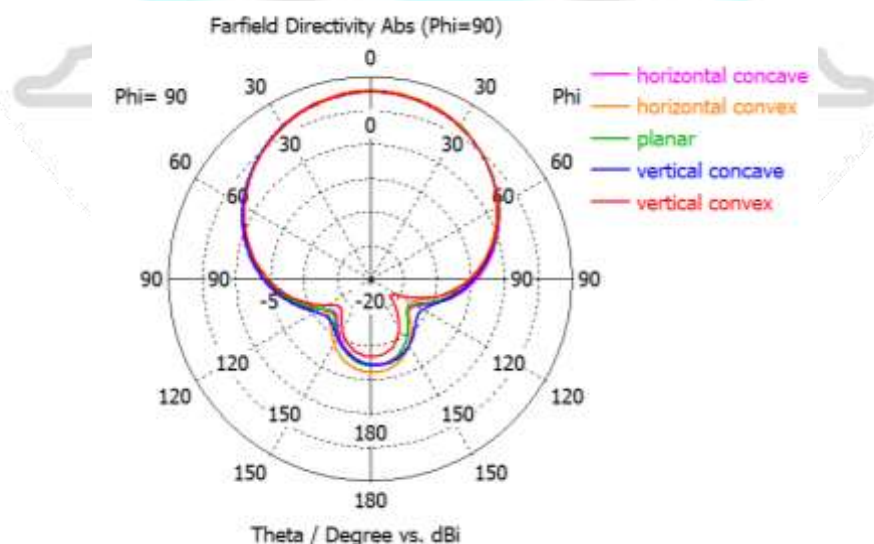


Figure 3. Far-field characteristics of flexible patch antenna design

3. EXPERIMENTAL TESTS

The designed paper dielectric flexible patch antenna was fabricated and experimentally tested. In fabrication process, a copper tape and paper are used and combined with each other. After antenna fabrication process, an SMA port is soldered and vector network analyser is used for antenna parameter measurement. The horizontal and vertical convex-concave bending images are illustrated in Figure 4. And, measured return loss values are plotted and given in Figure 4. According to measured return loss values, the resonance frequency is near to 2.4GHz centre frequency. The experimental tests show that fabricated flexible antenna has a good radiation characteristic and could be used in flexible antenna applications.

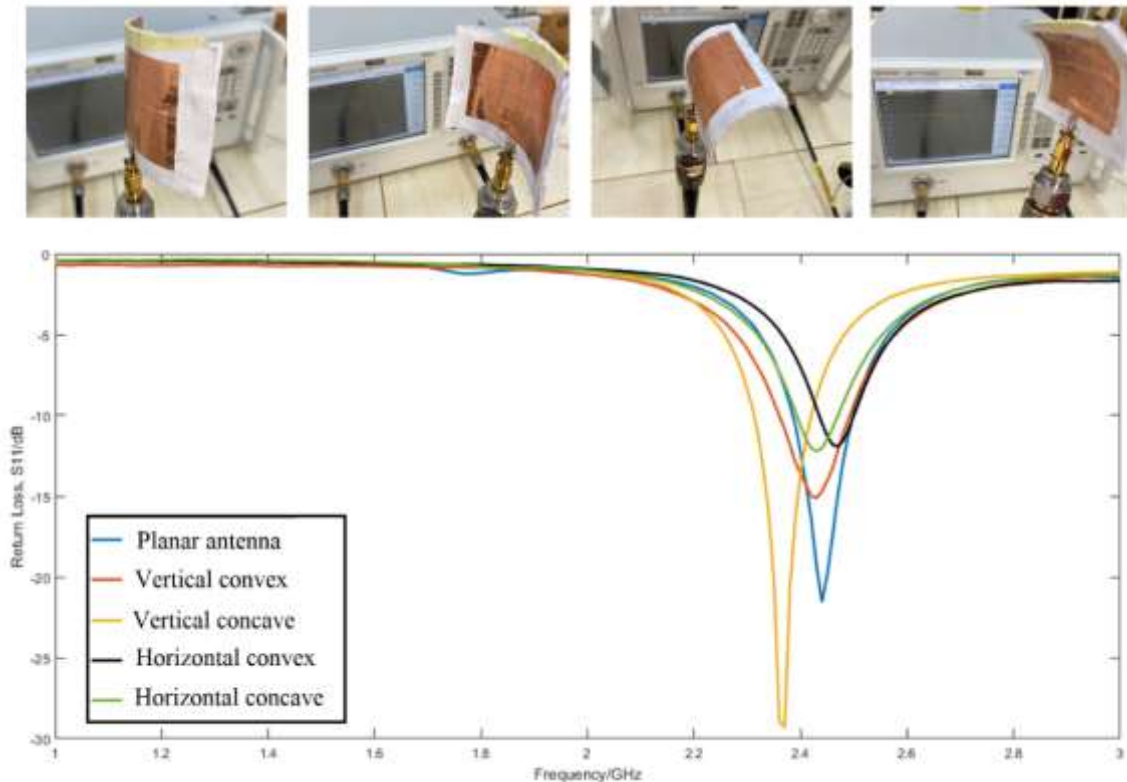


Figure 4. Experimental tests and measured return loss S11 characteristics

4. CONCLUSIONS

In this study, authors propose a flexible patch antenna design which uses a paper in its substrate layer as dielectric material. The operating frequency was chosen as 2.4GHz commonly used frequency band. The aim of using the paper in substrate layer is to create flexible characteristics. This antenna is investigated in horizontal and vertical concave-convex bending scenarios. For each bending scenario, antenna resonance frequencies are in 2.4GHz and it has stable characteristic. Moreover, far-field radiation characteristics also obtained for each bending scenario to see stability of radiation directions. In addition, designed paper dielectric flexible patch antenna was fabricated by using copper tape and paper combination. The experimental investigations were carried out for each bending scenario, the vector network analyser was used for return loss measurement. According to measured return loss values, 2.4GHz resonance frequency is stable in various bending configurations. The proposed paper dielectric flexible patch antenna is a candidate for various antenna areas especially wearable antenna and IOT applications.

REFERENCES

- [1] JUNG, Yei Hwan, et al. A compact parylene-coated WLAN flexible antenna for implantable electronics. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2015, 15: 1382-1385.
- [2] BENCHIROUF, A., et al. Electromagnetic simulation of flexible strain sensor based microstrip patch antenna. *International Journal of Microwave and Optical Technology*, 2015, 16.6-I: 397-401.
- [3] LI, Y. J.; LU, Z. Y.; YANG, L. S. CPW-fed slot antenna for medical wearable applications. *IEEE Access*, 2019, 7: 42107-42112.
- [4] GALEHDAR, Amir; THIEL, David V. Flexible, light-weight antenna at 2.4 GHz for athlete clothing. In: 2007 IEEE antennas and propagation society international symposium. IEEE, 2007. p. 4160-4163.
- [5] LI, Wen Tao, et al. Inkjet printing of wideband stacked microstrip patch array antenna on ultrathin flexible substrates. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 2018, 8.9: 1695-1701.
- [6] HEIKKINEN, Jouko J.; LAINE-MA, Teija T.; KIVIKOSKI, Markku A. Flexible fabric-base patch antenna with protective coating. In: 2007 IEEE antennas and propagation society international symposium. IEEE, 2007. p. 4168-4171.
- [7] KUMAR NAIK, Ketavath; GOPI, Dattatreya. Flexible CPW-fed split-triangular shaped patch antenna for WiMAX applications. *Progress In Electromagnetics Research*, 2018, 70: 157-166.
- [8] SHAHARIAR, Hasan; SOEWARDIMAN, Henry; JUR, Jesse S. Fabrication and packaging of flexible and breathable patch antennas on textiles. In: SoutheastCon 2017. IEEE, 2017. p. 1-5.
- [9] TIGHEZZA, Mohammed; RAHIM, S. K. A.; ISLAM, M. T. Flexible wideband antenna for 5G applications. *Microwave and Optical Technology Letters*, 2018, 60.1: 38-44.
- [10] LE GOFF, D., et al. Low-cost and highly flexible antenna for 2.4 GHz IoT applications. In: 2019 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting. IEEE, 2019. p. 871-872.
- [11] XIE, Zhaoqian, et al. Flexible and stretchable antennas for biointegrated electronics. *Advanced Materials*, 2020, 32.15: 1902767.

MEDIUM RANGE AIR DEFENCE MISSILE MODELİNG AND LINEAR PARAMETRIC VARIABLE CONTROL

Serdar ERDOĞAN¹, Prof. Dr. Coşku KASNAKOĞLU²

¹ TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0001-8740-8030

² TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0002-9928-727X

ABSTRACT

Missiles are weapons systems that can autonomously direct to their target with the help of sensors (image, thermal, radar, inertial, GPS), try to neutralize them with the warhead on them, and can reach higher speeds according to the speed of the target. They are classified according to their intended use, range and conditions of release. Surface-to-air, air-to-surface, air-to-air and surface-to-surface missile types are the most widely used concepts. In order for a missile to hit its target effectively, it must have a high-performance guidance and autopilot algorithm. Air defense missiles are agile missiles that can reach high speeds and have high maneuverability. Thanks to the effectiveness of guidance algorithms, they minimize the distance between them and the target. Air defense missiles are usually launched vertically from the ground and first try to reach the altitude where their target is. In this paper, autopilot and guidance structures of a canard-controlled air defense missile were designed. The nonlinear model was linearized around the selected design points. For the linear missile model obtained, the autopilot algorithm was designed based on LQR with the practical suboptimal tracker (PST) method. In order to improve the designed autopilot, the system has been made linear parametric (LPV model) and its performance has been evaluated over the miss distance. True proportional navigation guidance and pursuit guidance, one of the guidance methods in the literature, have been included in the system and their performances have been examined together with the designed autopilots. The designed linear missile model, autopilot and guidance algorithms were simulated using MATLAB/Simulink application. According to simulation studies showing better performance on autopilot and guidance algorithms and verified results are given information about how they will develop better in the future.

Keywords : Missile, guidance, control, autopilot, LQR, LPV

1. INTRODUCTION

Air defence missiles are divided into three, according to their range, as short-range, medium-range and long-range. Medium and long range air defense missiles are usually launched vertically from the platform. Short-range air defense missiles, on the other hand, are portable missiles that can be launched from the shoulder.

It is very important for a country to protect its airspace completely independently and effectively against threats from the air. Today, there is a need for advanced air defense systems as well as advanced air platforms. Then from abroad, primarily in Turkey to meet the needs of local and national air defence system with extensive facilities located in the media. Hisar-A and Hisar-O systems developed by Aselsan / Roketsan for low and medium altitude requirements

are included in the inventory. Mid-range and long-range missiles are today launched vertically as shown in Figure 1 in order to keep the coverage area wide[1].



Figure 9. Air Defence Missile Launching Moment[2]

2. MATHEMATICAL MODELING

Mathematical modeling of a missile includes different definitions such as equations of motion, aerodynamic model, coordinate systems, control actuation system. There are 6 kinematic and 6 dynamic motion equations that describe the motion of the missile. These kinematic and dynamic equations are divided into translational and rotational equations of motion. Euler angles are used to describe the transformation between coordinate systems. Euler Angles also make connections between rotation kinematics and rotation dynamics. Dynamic equations are basically described using Newton's second law of motion, which relates translational accelerations to forces and rotational accelerations with moments. In this section, a nonlinear mathematical missile model is obtained using equations of motion that include the aerodynamic model that generates aerodynamic forces and moments. These equations are simplified and linearized around equilibrium conditions. At the end of these stages, state space models and transfer functions required for autopilot design are obtained. The missile geometry examined in this study is given below in Figure 2.



Figure 10. Missile Geometry

The conditions under which the aerodynamic coefficients are taken from the missile's flight envelope and the Missile Datcom program are given below.

$$\alpha = \{-20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20\}$$

$$\beta = \{-20, -15, -10, -5, 0, 5, 10, 15, 20\}$$

$$Mach = \{0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0\}$$

The force and moment coefficients used in this study are given below[3].

C_X = Axial force coefficient, C_Y = Lateral force coefficient, C_Z = Normal force coefficient

C_l = Rolling moment coef., C_m = Pitching moment coef., C_n = Yaw moment coef.

Non-dimensional form of these force and moment coefficients can be found as follows.

$$C_X = -C_a(\alpha, M, \beta) \tag{1}$$

$$C_Y = C_{Y\beta}\beta + C_{Y\delta_a}\delta_a + C_{Y\delta_r}\delta_r + C_{Yp}p\frac{d}{2V} + C_{Yr}r\frac{d}{2V} \tag{2}$$

$$C_Z = C_{Z\alpha}\alpha + C_{Z\delta_e}\delta_e + C_{Zq}q\frac{d}{2V} \tag{3}$$

$$C_l = C_{l\beta}\beta + C_{l\delta_a}\delta_a + C_{l\delta_r}\delta_r + C_{lp}p\frac{d}{2V} + C_{lr}r\frac{d}{2V} \tag{4}$$

$$C_m = C_{m\alpha}\alpha + C_{m\delta_e}\delta_e + C_{mq}q\frac{d}{2V} \tag{5}$$

$$C_n = C_{n\beta}\beta + C_{n\delta_a}\delta_a + C_{n\delta_r}\delta_r + C_{np}p\frac{d}{2V} + C_{nr}r\frac{d}{2V} \tag{6}$$

For a stable missile, stability, control and dynamic derivatives of aerodynamic coefficients must have proper signs[4]. Table 1 shows the proper signs for canard controlled missile.

Table 1. For a stable missile, uncoupled terms of aerodynamic stability, control and dynamic derivatives

Stability	Sign	Control	Sign	Dynamic	Sign
$C_{Y\beta}$	-	$C_{Y\delta_r}$	+	C_{Yr}	+
$C_{N\alpha}$	+	$C_{N\delta_e}$	-	C_{Nq}	+
$C_{l\beta}$	-	$C_{l\delta_a}$	+	C_{lp}	-
$C_{m\alpha}$	-	$C_{m\delta_e}$	-	C_{mq}	-
$C_{n\beta}$	+	$C_{n\delta_r}$	+	C_{nr}	-

Some of the aerodynamics data taken from MissileDatcom are given below in Figure 3[5].

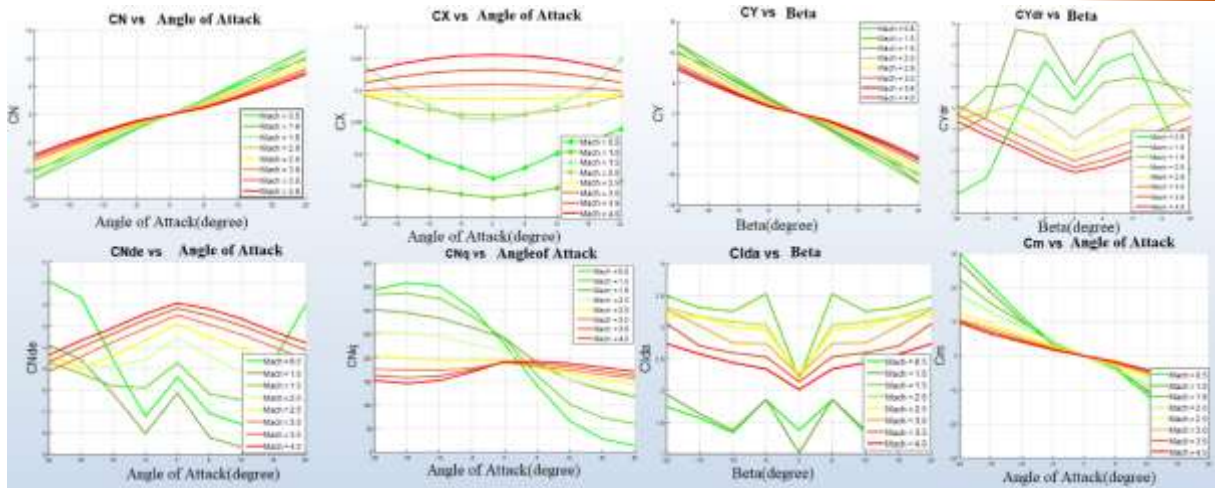


Figure 3. Aerodynamic Coefficients

Missile control surfaces positive direction identifications when look from behind the missile are given figure below in Figure 4.

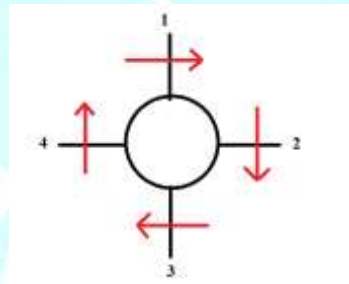


Figure 4. Missile Control Surfaces Positive Directions Identifications

Fin deflections are named according to the fin number stated as $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ ve δ_4 . These fins cause rotation of the missile.

$\delta_a =$ aileron angle(Rolling)

$\delta_e =$ elevator angle(Pitching)

$\delta_r =$ rudder angle(Yawing)

Second order control actuation system model is given below.

$$\frac{\delta(s)}{\delta_c(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2} \tag{7}$$

$\omega_n =$ natural frequency(rad / s), $\xi =$ damping ratio

Control actuation system model block diagram is given below in Figure 5.

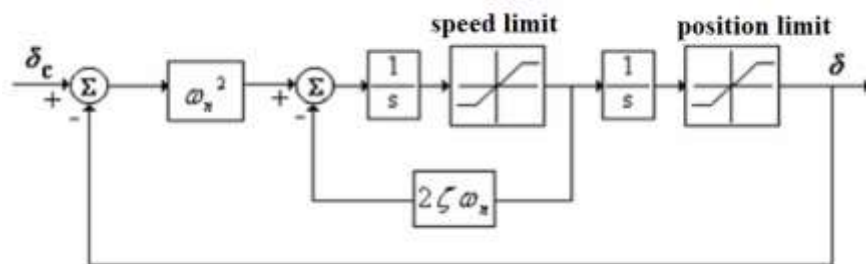


Figure 5. Control Actuation System Block Diagram

Pitch plane state space model is given below.

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{\theta} \\ \dot{q} \\ \dot{\delta}_e \\ \dot{\delta}_e'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_\alpha & 0 & Z_q + 1 & Z_{\delta_e} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ M_\alpha & 0 & M_q & M_{\delta_e} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & -\omega_n^2 & -2\xi\omega_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \theta \\ q \\ \delta_e \\ \delta_e'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_n^2 \end{bmatrix} \delta_{ec} \quad (8)$$

Roll and Yaw plane state space model is given below.

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\phi} \\ \dot{\psi} \\ \dot{p} \\ \dot{r} \\ \dot{\delta}_a \\ \dot{\delta}_a'' \\ \dot{\delta}_r \\ \dot{\delta}_r'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_\beta & 0 & 0 & Y_p & Y_r - 1 & Y_{\delta_a} & 0 & Y_{\delta_r} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ L_\beta & 0 & 0 & L_p & L_r & L_{\delta_a} & 0 & L_{\delta_r} & 0 \\ N_\beta & 0 & 0 & N_p & N_r & N_{\delta_a} & 0 & N_{\delta_r} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\omega_n^2 & 2\xi\omega_n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\omega_n^2 & -2\xi\omega_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \phi \\ \psi \\ p \\ r \\ \delta_a \\ \delta_a'' \\ \delta_r \\ \delta_r'' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \omega_n^2 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \omega_n^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_{ac} \\ \delta_{rc} \end{bmatrix} \quad (9)$$

3. AUTOPILOT DESIGN

Missiles launched from surface to air generally do not have roll motion. Therefore, it is possible to decouple the longitudinal and lateral dynamics. Moreover, mission of the roll autopilot is keeps roll angle zero. In this study two autopilot methods were used. The first one is practical suboptimal tracker and the second one is LPV controller. These autopilots have two loops which are rate autopilot and acceleration autopilot. Design specifications of autopilots are given below.

Rate autopilot:

- Gain Margin > 8 dB,
- Phase Margin > 40°,
- Control surface deflection rate < 250°/s,
- Settling Time (%2) < 2s (for roll autopilot < 1s).

Acceleration autopilot:

- Gain Margin > 8 dB,
- Phase Margin > 40°,
- Control surface deflection rate < 250°/s,
- Settling Time (%2) < 2s (for roll autopilot < 1s).

3.1. Practical Suboptimal Tracker

The linear quadratic regulator (LQR) is a one of the optimal control design technique. In this technique feedback gains operates a system at minimum cost. Practical suboptimal tracker method is related to LQR(Linear Quadratic Regulator). Its gains are derived from LQR method[6]. The linear system can be defined as follow.

$$\dot{x} = Ax(t) + Bu(t) \tag{10}$$

$$y = Cx(t) + Du(t) \tag{11}$$

If all states of the system are measurable; state feedback can be written as equality given below.

$$u = -Kx \tag{12}$$

Jacobian formula is given below.

$$J = \int_{t=0}^{\infty} [x^T Q x + u^T R u] dt \tag{13}$$

Block diagram of practical suboptimal tracker is given below.

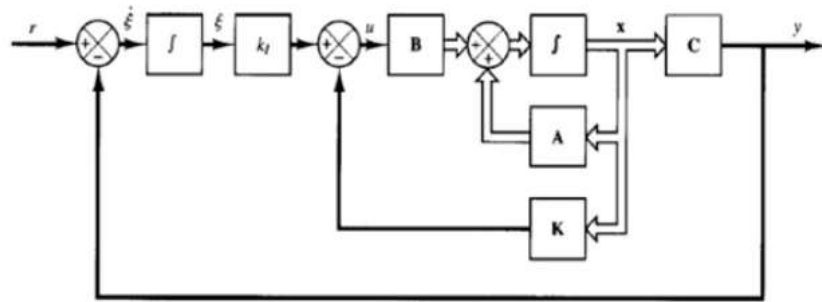


Figure 6. Practical Suboptimal Tracker Block Diagram

State space model of this tracker is given below. Integral of the error is added to system.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\xi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \xi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} u + \begin{bmatrix} 0 \\ I \end{bmatrix} r \tag{14}$$

For pitch autopilot state space representation is given below.

$$\begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{q} \\ \dot{\delta}_e \\ \dot{e}_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_\alpha & Z_q + 1 & Z_{\delta_e} & 0 & 0 \\ M_\alpha & M_q & M_{\delta_e} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega_n^2 & -2\xi\omega_n & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \delta_e \\ \delta_e \\ \int e_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \omega_n^2 \\ 0 \end{bmatrix} \delta_{ec} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} q_c \tag{15}$$

$$y = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} \alpha \\ q \\ \delta_e \\ \delta_e \\ \int e_q \end{bmatrix} \tag{16}$$

$$e_q = q_c - q \tag{17}$$

Weight matrix of states Q and weight matrix of input R are selected as

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 25 \end{bmatrix} \tag{18}$$

$$R = 1 \tag{19}$$

Pitch autopilot structure is given below.

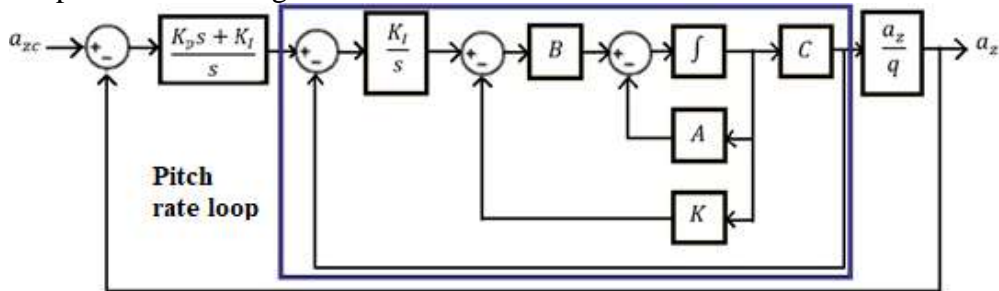


Figure 7. Pitch Autopilot Structure

Transfer function between acceleration and angular rate is defined as follow.

$$\frac{a_z}{q} = V \left(\frac{Z_{\delta_e} s^2 + (Z_q M_{\delta_e} - M_q Z_{\delta_e}) s + Z_{\alpha} M_{\delta_e} - M_{\alpha} Z_{\delta_e}}{M_{\delta_e} s + M_{\alpha} Z_{\delta_e} - Z_{\alpha} M_{\delta_e}} \right) \tag{20}$$

Structure given above was used for designing roll and yaw autopilot separately. In this autopilot design point is given below.

- Mach = 3
- Angle of Attack = 0
- Beta = 0
- Altitude = 35 000 ft

Outputs of design process of autopilot given below.

GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

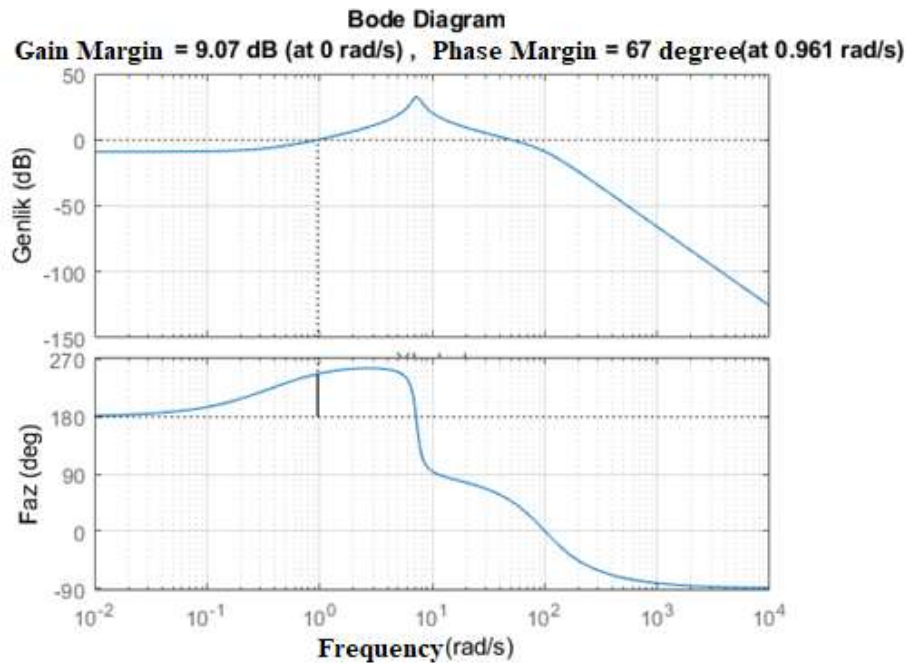


Figure 8. Bode Diagram of Pitch Autopilot

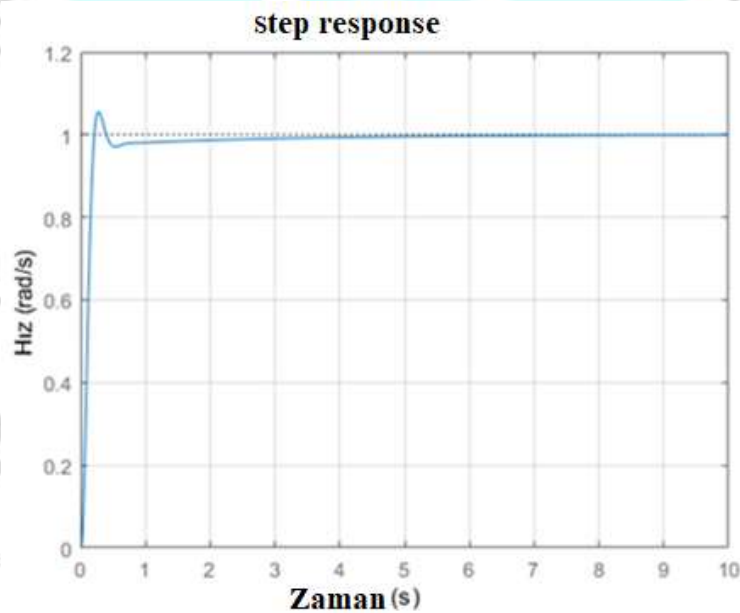


Figure 9. Unit Step Response of Autopilot

3.2. Linear Parametric Varying Tracker

The method that makes the model of a system dependent on one or more parameters and updates itself depending on the parameter of the model and adapts it to the working conditions is called the linear parametric variable method [7]. In this study, the parameter that most affects the system state space models is the Mach number. Therefore, system models have been made dependent on the Mach number. If the models are updated with more than one number of parameters, these parameters can be altitude, angle of attack and sideslip angle [8]. These methods called linear parametric varying (LPV) method in literature. It can be defined as follow.

$$\dot{x} = A(M)x(t) + B(M)u(t) \quad (20)$$

$$y = C(M)x(t) + D(M)u(t) \quad (21)$$

Gains of the PST method also have been made linear parametric varying.

$$u = -K(M)x \quad (22)$$

The state space model of the system was obtained at the values given below depending on the Mach number.

$$Mach = \{0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0\}$$

The effect of the Mach number in the system model is on A matrix. Linear parametric system matrix for pitch autopilot is given below.

$$A_{pitching}(M) = \begin{bmatrix} Z_{\alpha}(M) & Z_q(M) + 1 & Z_{\delta_e}(M) & 0 & 0 \\ M_{\alpha}(M) & M_q(M) & M_{\delta_e}(M) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega_n^2 & -2\xi\omega_n & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (23)$$

Gains of autopilot depending on Mach Number are used in lookup tables. They are given below.

Table 2. Lookup Table For Pitch Autopilot

Mach	K_{α}	K_q	K_{δ_e}	$K_{\dot{\delta}_e}$	K_{ϵ_q}
0.5	0.5357	-1.2933	0.0753	$5.22 \cdot 10^{-4}$	4.4721
1.0	0.4150	-0.6295	0.1789	0.0012	4.4721
1.5	0.7214	-0.4646	0.2141	0.0012	4.4721
2.0	1.0016	-0.3999	0.2143	0.0014	4.4721
2.5	1.0338	-0.3729	0.2286	0.0015	4.4721
3.0	1.0634	-0.3505	0.2421	0.0016	4.4721
3.5	1.0878	-0.3312	0.2548	0.0017	4.4721
4.0	1.1215	-0.3133	0.2664	0.0018	4.4721

4. RESULTS OF SIMULATION STUDIES

Simulations were made to compare two autopilots. Four scenarios were established to observe performance of autopilots. These scenarios include 3-D missile-target engagements. In these scenarios there are four types of target model. These target models are stationary target, target with constant speed, target with constant acceleration and increasingly accelerated target. Missile was launched from surface and it tried to hit target. Proportional navigation guidance algorithm was used in guidance section of missile. Miss distance was calculated for each

scenario and performance comparison of two autopilots was investigated. Results of autopilots performance gives below.

Table 3. Stationary Target Engagement Results

Practical Suboptimal Tracker		Linear Parametric Varying Tracker	
Time (s)	Miss Distance (m)	Time (s)	Miss Distance (m)
22.19	4.94	21.76	4.69

Table 4. Target With Constant Speed Engagement Results

Practical Suboptimal Tracker		Linear Parametric Varying Tracker	
Time (s)	Miss Distance (m)	Time (s)	Miss Distance (m)
19.09	22.87	19.08	19.33

Table 5. Target With Constant Acceleration Engagement Results

Practical Suboptimal Tracker		Linear Parametric Varying Tracker	
Time (s)	Miss Distance (m)	Time (s)	Miss Distance (m)
19.45	24.26	19.16	21.42

Table 6. Increasingly Accelerated Target Engagement Results

Practical Suboptimal Tracker		Linear Parametric Varying Tracker	
Time (s)	Miss Distance (m)	Time (s)	Miss Distance (m)
17.3	39.66	17.32	25.66

5. GENERAL EVALUATION AND RESULTS

Two autopilots have been tried in simulation studies. Missile has been run in four type scenarios. These scenarios include stationary target, target with constant speed, target with constant acceleration and increasingly accelerated target. When these simulations are investigated, LPV tracker perform good performance in term of miss distance and engagement time. Finally, it can be said that linear parametric varying state-space models and controller gains improve overall performance of the system.

REFERENCES

- [1] Hava ve Füze Savunma Sistemleri. Erişim adresi: https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/23202091333907_stm_hava_ve_fuze_savunma_sistemleri.pdf.(Erişim tarihi: 16.04.2021)
- [2] Hisar-A ve Hisar-O'ya Asya'dan sipariş. Erişim adresi: <https://www.savunmasanayist.com/hisar-a-ve-hisar-oya-asyadan-siparis/>.(Erişim tarihi: 16.04.2021)
- [3] Etkin, B., Reid, L. D., (1995). *Dynamics of Flight: Stability and Control*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [4] Ulu, M., *Sliding Mode Guidance of an Air to Air Missile*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [5] Blake, W., *Missile Datcom User's Manual*, 2008
- [6] Ogata, K., *Modern Control Engineering*, 5th Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [7] Bamieh, B., Giarre, L., Identification of linear parameter varying models, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, vol.12, pp.841-853, 2002.
- [8] Barkat, A., Hanif, A., Hamayun, M., Model Identification and Control of a Lab Based Inverted Pendulum System Using Robust Control Technique, 2018 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT), vol. 1, 1-6, 2018.
- [9] Yanushevsky, R., *Modern Missile Guidance*, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, 2008.



GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

TAŞIYICI SİSTEM TASARIM HATALARINA DAİR BİR SAHA İNCELEMESİ

Assoc. Prof. Varol KOÇ

OMÜ

0000-0003-4810-3845

Özet

Bu çalışma kapsamında 339 adet bina, depreme dayanıklı tasarım için uygun olmayan 14 adet düzensizlik açısından incelenmiştir. Hangi düzensizliğin binalarda hangi yüzde ile ağırlıklı olarak tercih edildiği belirlenmiştir. Böylece piyasa koşullarında mimari tercihlerin depreme dayanıklı tasarım açısından ne yönde olduğuna dair eğilimler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu düzensizlikler, geniş bir literatür taraması yapılarak çıkarılmış ve şu şekilde numaralandırılmıştır: 1- Kolon-perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması 2- Süreksiz giriş- kolon- perde yapılması 3- Asma kat 4- Yüksek giriş 5- Yumuşak kat etkisi 6- Kısa kolon davranışı 7- Zayıf kolon kuvvetli giriş etkisi 8- Asimetrik yapı tasarımı 9- Bitişik nizamda kat düzeyi ve kot farkı 10- Çıkmalı yapıda köşe kolon 11- Yatayda-düşeyde girintili ve çıkıntılı yapılar 12- Kot farkı olan arazide temel kot farkı 13- Rijit merdiven 14- Saplama giriş- saplamanın saplaması.

Düzensizliklerin tercih edilme nedenleri ve yetkin mimarlık- mühendislik ve kalifiye işçilik hizmeti olmadan hayata geçirilmesi durumunda ne tür hasarlar olabileceği kısaca özetlenmiştir. Söz konusu düzensizlikler ile ilgili saha incelemelerinden derlenen örnek fotoğraflar sunulmuştur. Düşük dereceli deprem bölgelerinde ve sağlam zeminlerde gerçekleştirilmiş uygulamalarda hasar ihtimali düşük olmakla birlikte, yüksek dereceli deprem bölgelerinde ve nispeten zayıf zeminlerde mimari tasarımda düzensizlik yönünde yapılan uygulamalar, deprem sonrası hasarları büyütebilmektedir. Depremler sonrası yapılan bina hasar incelemelerinde bu durumlar ile ilgili sayısız vaka kaydedilmiştir. Bu yüzden tasarımda bu tarz yaklaşımlardan kaçınmak ya da mühendislik ve uygulama kalitesini yüksek tutmak şarttır. Saha incelemesi Samsun ili Atakum İlçesi ile sınırlı olmakla birlikte, tüm dünya çapında Literatürde bulunan deprem sonrası inceleme çalışmalarından görüleceği üzere elde edilen bulgular hemen hemen tüm yeni gelişmiş ve gelişmekte olan ülke yapılaşmalarını kapsar niteliktedir.

Anahtar kelimeler: Betonarme yapılar, Bina incelemesi, Deprem araştırmaları, Taşıyıcı sistem, Asimetrik yapı tasarımı

A FIELD INVESTIGATION ON CARRIER SYSTEM DESIGN FAULTS

Abstract

In this study, 339 buildings were examined in terms of 14 irregularities that are not suitable for earthquake resistant design. It has been determined that which irregularity is predominantly preferred in the buildings with which percentage. Thus, it has been tried to obtain trends in the

direction of architectural preferences in terms of earthquake resistant design in market conditions. These irregularities have been obtained through a wide literature review and are numbered as follows: 1- Failure to distribute column-curtain stiffness in x and y directions in the plan 2- Discontinuous beam-column-curtain construction 3- Mezzanine floor 4- High entrance 5- Soft story effect 6- Short column behavior 7- Weak column strong beam effect 8- Asymmetric structure design 9- Floor level and elevation difference in adjacent structures 10- Corner column in cantilever of structure 11- Horizontally-vertically recessed and protruding structures. 12- Basic elevation difference in the land with elevation difference. 13- Rigid ladder 14- Stud beam- stud of stud.

The reasons for the preference of irregularities and what kind of damages can occur if they are implemented without competent architectural-engineering and qualified workmanship services are briefly summarized. Sample photographs compiled from field investigations regarding these irregularities are presented. Although the probability of damage is low in applications performed in low-grade earthquake zones and solid grounds, applications in the direction of irregularity in architectural design in high-grade earthquake zones and relatively weak grounds can magnify post-earthquake damage. Numerous cases of these situations have been recorded in building damage investigations after earthquakes. Therefore, it is imperative to avoid such approaches in design or to keep the engineering and application quality high. Although the field study is limited to Atakum District of Samsun province, as it can be seen from the post-earthquake studies in the literature all over the world, the findings obtained cover almost all newly developed and developing country structures.

Keywords: Reinforced concrete structures, Building investigation, Earthquake research, Structural system, Asymmetric structure design

1. Giriş

Depreme dayanıklı yapı, mimari tasarım aşamasında istenmeyen düzensizliklerden elden geldiğince kaçınmakla başlar. Bu düzensizlikler kısaca şöyle özetlenebilir [1], [2]:

1- Kolon ve perde gibi, yatay deprem yüklerini karşılayan düşey taşıyıcı elemanların rijit kenarları planda x ve y doğrultusunda dengeli dağıtılmaz ise, yapı sadece x ya da sadece y yönünde depreme karşı daha rijit davranır. Tersinir ve anlık yön değiştiren deprem etkisi, bu durumda, yapıyı rijitliği daha az olan yönden etkilediğinde, hasar kaçınılmaz olabilir [3].

2- Özellikle düşey taşıyıcıların temelden çatıya aynı düşey aks ve kesit ebatlarında sürekli devam etmesi gerekir. Benzer şekilde kirişlerin de aynı yatay aks, genişlik ve yükseklikte devamı önemlidir [4].

3- Bina giriş katları yüksek yapılar olarak giriş kat yüksekliğinin yaklaşık 3'de 2'sinden ek bir döşeme atılıp asma kat yapılabilmektedir. Bu ek asma kat döşemesi de normal kat döşemesi alanının yaklaşık 3'de 2'si olarak yapılır. Bu durum deprem yatay yüklerini depreme paralel doğrultuları çok uzun olduğu için rijit bir diyafram gibi karşılayıp düşey taşıyıcılara ileten

döşemelerde düzensizlik, zemin kat düşey taşıyıcılarında büyük ve dengesiz zorlanmalar oluşturur [5].

4- Zemin kat yüksekliklerinin ve dolayısıyla düşey taşıyıcı boylarının diğer katlara oranla daha uzun, ama kesitlerinin tüm katlarda aynı olması, zemin kat düşey taşıyıcılarını narinleştirecek, bu da özellikle yatay yükler altında fazla eğilmelerine ve düşey yükler altında nispeten daha çok burkularak 2. mertebe momentlerini artırmalarına neden olacaktır [6].

5- Yine özellikle zemin kat, ya da daire sahiplerinin isteklerine göre ara kat iç – dış bölme duvarları güçlendirme yapılmadan kaldırılmakta, aynı düşey hatta, diğer katlarda bulunan bölme duvarlar o katlara yatay yükler altında rijitlik kazandırırken, bölme duvarları kaldırılan katlarda rijitlik düşmesi oluşturmaktadır [7].

6- Bodrum katlar başta olmak üzere, bant pencereler nedeniyle tam örülmeyen bölme duvarlar, kolonların kısa bir bölümünün bölme duvar desteğinden mahrum olmasına neden olmaktadır. Bu bölüm kısa bir kolon olarak çalışır. Kesit alanı diğer katlardaki ortak düşey hat kolonları ile aynı iken, kolon boyları onlardan çok daha kısa hale gelmiş olur. Bu durum, aşırı derecede düşük narinliğe ve dolayısıyla yüksek rijitliğe sahip olmalarına neden olur. Deprem yatay yüklerini, bu yüksek rijitliklerinden dolayı çok daha fazla kendi üstlerine çekerek, özellikle gevrek ve ani olduğu için istenmeyen kesme kırılmasına uğrayabilirler [8].

7- Bina hacmini ayakta tutan asıl unsurlar düşey taşıyıcılardır. Yatay taşıyıcı olan döşeme ve kirişler, düşey yükler altında eğilme elemanı olarak çalışır. Eğilme davranışı sünek bir davranıştır. Düşey elemanlar ise gevrek göçme oluşturabilecek basınç zorlanmasına maruzdur. Ayrıca yatay yükler altında döşemeler ve kirişler çok daha rijit davranırken, kolon ve perdeler çok daha kritik konumdadır. Bu nedenle her zaman için düşey taşıyıcıların geometrik kesit olarak yatay taşıyıcılardan daha güçlü yapılması gerekir [9].

8- Yapı hep planda hem de cephede tam simetriye yaklaştıkça, yatay yüklerin dağılımı çok daha dengeli ve istenir şekilde olmakta, tam simetriden uzaklaştıkça dengesizleşmektedir [10].

9- Bitişik binalar, genelde kütle ve yükseklik farklarından dolayı farklı salınımlar yapacaktır. Özellikle kat döşeme hizaları aynı kotlarda değilse, rijit diyafram olarak çalışan döşemelerin, diğer binanın kolonlarına çarpma ve o binada büyük hasar oluşturma potansiyeli vardır [11].

10- Konsol sistemi her yükleme için kritik bir davranış sergiler. Özellikle yapılması yasak olduğu halde, konsol ucunda uç kolon ya da uç kiriş varsa, konsol ve konsolu taşıyan zemin kat kolonunda zorlanmalar artacaktır [12].

11- Deprem enerjisi, özellikle çıkıntılarda ve boşluklarda yoğunlaşır. Bu nedenle planda ya da cephede girinti çıkıntı ve boşluk hacimleri oluşturan mimari tasarımlardan kaçınmak yerinde olur [13].

12- Eğimli arazilere bina yapılırken bina temel taban hattının değişmemesi ve aynı kotta olması önemlidir. Aksi halde temel gibi en önemli taşıyıcı sistem elemanında, düzensiz zorlanmalar oluşacaktır [14].

13- Merdiven plağı da döşemeler gibi, yatay yüklere karşı rijit bir diyafram olarak çalışıp bağlantıda olduğu elemanları aşırı zorlayacaktır. Bu nedenle bir ucundan hareketli mesnet tarzında birleşim ile imalatı yapılmalıdır [15].

14- Saplama kiriş, lokalize olmuş yükleri ana kirişe noktasal yük gibi yükleyerek ana kirişin aşırı zorlanmasına neden olacaktır. Özellikle kendisi zaten saplama olan bir kirişe de tekrar başka bir yönden gelen saplama kirişler, kritik davranışı artırmaktadır [16].

2. Araştırma Yapılan Bölge ve Örnek Fotoğraflar

Samsun ili Atakum ilçesi sınırları içinde, Türkış ve Ömür evleri semtleri ile, raylı sistem güzergahı ile sahil yolu sınırları arasında kalan bölgede (Şekil 1) 339 adet bina, gözle muayene yöntemiyle incelenmiştir. İstenmeyen düzensizliklere sahip olan binalar ve hangi düzensizliklere sahip oldukları çıkarılmıştır. Binalardaki olası tasarım uygulama hataları örnekleri Şekil 2, 3 ve 4 de sunulmuştur.



Şekil 1. Araştırma yapılan bölge



Şekil 2. Asma kat, Yüksek giriş, Yumuşak kat örnekleri



Şekil 3. Kısa kolon, Saplama kiriş-saplamanın saplaması, Asimetrik yapı, Bitişik nizamda kat düzeyi ve kot farkı, Yatayda düşeyde girintili çıkıntılı yapılar, Rijit merdiven örnekleri



Şekil 4. Kolon perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması, Süreksiz kolon- kiriş- perde, Çıkmalı yapıda köşe kolon veya uç kiriş, Zayıf kolon kuvvetli kiriş, Kot farkı olan arazide temel kot farkı örnekleri

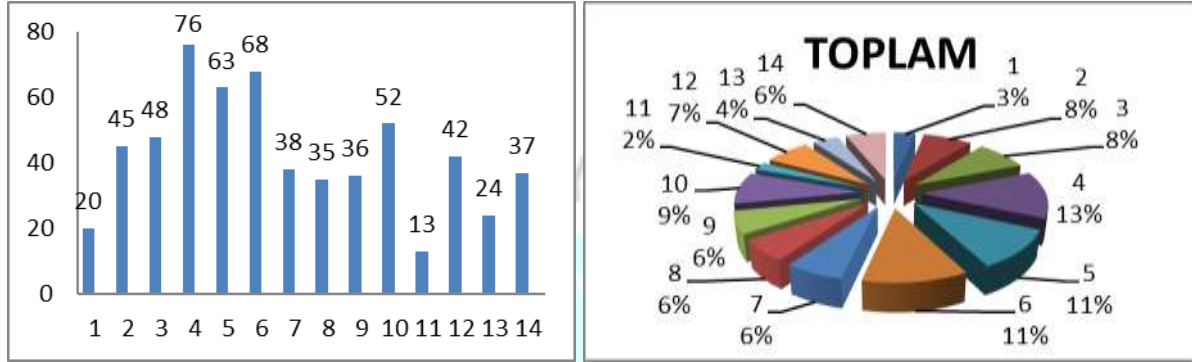
3. Araştırma Sonuçları

Çizelge 1’ de istenmeyen düzensizlikler ve her birine verilen numaralandırmalar gösterilmiştir. Şekil 5’ de her bir düzensizliğin kaç binada görüldüğü sayı ve yüzde olarak sunulmuştur. Çoğu binada aynı anda birden çok düzensizlik vardır. En çok görülen düzensizlikler, yüksek giriş, kısa kolon ve yumuşak kat etkisidir. Zaten Yüksek giriş olan yapılarda genelde ara kirişler de yapıldığından kısa kolon davranışı ve en azından cephe duvarları kaldırılıp camerkanlar tertip edildiğinden yumuşak kat etkisi de görülmektedir. Bir kısmında aynı zamanda asma kat ve üst katında kat çıkması da yapılmaktadır [17]. Bu nedenle bu ilk 3 düzensizliği çıkmalı yapılarda köşe kolon veya uç kiriş düzensizliği ile asma kat düzensizliği takip etmektedir.

Çizelge 1. İncelenen Düzensizlik no ve tanımları

Düzensizlik no	Düzensizlik tanımı
1 nolu düzensizlik	Kolon-perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması
2 nolu düzensizlik	Süreksiz kiriş-kolon-perde
3 nolu düzensizlik	Asma kat
4 nolu düzensizlik	Yüksek giriş
5 nolu düzensizlik	Yumuşak kat etkisi
6 nolu düzensizlik	Kısa kolon etkisi
7 nolu düzensizlik	Zayıf kolon kuvvetli kiriş etkisi

8 nolu düzensizlik	Asimetrik yapı tasarımı
9 nolu düzensizlik	Bitişik nizamda kat düzeyi ve kot fark
10 nolu düzensizlik	Çıkmalı yapıda köşe kolon veya uç kiriş
11 nolu düzensizlik	Yatayda-düşeyde girintili ve çıkıntılı yapılar
12 nolu düzensizlik	Kot farkı olan arazide temel kot farkı
13 nolu düzensizlik	Rijit merdiven
14 nolu düzensizlik	Saplama kiriş- saplamanın saplaması



Şekil 5. Düzensizlik sayı ve yüzdeleri

4. Sonuç ve Öneriler

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için istenmeyen düzensizliklerden kaçınmak önemli olmakla birlikte, düşük deprem dercesine ve sağlam zeminlere sahip bölgelerde ya da yetkin mühendislik mimarlık hizmetleri ile kalifiye işçilik ve kaliteli taşıyıcı sistem malzemesi kullanılması durumlarda bu tür mimari tasarımlar sorun olmamaktadır. O yüzden inşaat mevzuatlarında çoğu yasaklanmış değil, tavsiye edilmeyen ve dikkatli hesap ve uygulamasının yapılmasının istendiği düzenliklerdir. Ayrıca çalışmamız, genel mimari eğilim ve tercihleri kategorize etmek amacıyla yapılmış, sadece gözle incelemeye yönelik bir çalışmadır. Dolayısıyla düzensizlikleri tespit edilen binaların depreme dayanıksız olduğunu iddia etmek imkansızdır. Ancak piyasa koşullarında bu yapıların özellikle eski yapıların ne derece yetkin mühendislik ve uygulama hizmeti aldığına da bilinmesi ve denetlenmesi şarttır. Ülkemizde hayata geçirilen yapı denetim mevzuatı bu açıdan değerli bir gelişme olmakla birlikte mevzuat ve uygulama olarak daha da iyi hale getirilmesinde fayda vardır. Ayrıca yapı denetim mevzuatından önce yapılmış yapıların kontrol edilmesi de gereklidir. Zira bu çalışmada da ortaya konduğu üzere, istenmeyen düzensizlikler bina tipi yapılarda oldukça yaygın olarak tercih edilmiştir.

İncelenen binalarda gözlenen tercih edilmiş sıralamasına göre, bu çalışmadan elde edilen veriler ile, istenmeyen düzensizlikleri, çalışma başında verilen düzensizlik numaralandırmalarını bozmadan en fazla olandan en az olana doğru şu şekilde sıralayabiliriz:

4-) Yüksek giriş (%13), **6-)** Kısa kolon etkisi (%11), **5-)** Yumuşak kat etkisi (%11), **10-)** Çıkmalı yapıda köşe kolon veya uç giriş (%9), **3-)** Asma kat (%8), **2-)** Süreksiz giriş-kolon-perde (%8), **12-)** Kot farkı olan arazide temel kot farkı (%7), **7-)** Zayıf kolon kuvvetli giriş etkisi (%6), **14-)** Saplama giriş- saplamanın saplama (%6), **9-)** Bitişik nizamda kat düzeyi ve kot farkı (%6), **8-)** Asimetrik yapı tasarımı (%6), **13-)** Rijit merdiven (%4) , **1-)** Kolon-perde rijitliklerinin planda x ve y yönünde düzgün dağıtılmaması (%3), **11-)** Yatayda-düşeyde girintili ve çıkıntılı yapılar (%2)

Kaynaklar

- [1] Topçu, A, Betonarme II ders notları, 2. Slayt, internet erişimi: http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme2/Sunular/Betonarme_2_2.pdf
- [2] Topçu, A, Betonarme II ders notları, 3. Slayt, internet erişimi: http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme2/Sunular/Betonarme_2_3.pdf
- [3] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2018, 416s.
- [4] Mertol, A Mertol, H.C., 2002. Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Kozan Ofset, Ankara, 644 s.
- [5] Sucuoğlu H., Gülkan P., Yılmaz Ç., Bakır S., Özcebe G., Ersoy U., Marmara ve Düzce Depremleri Mühendislik Raporu, TMMOB, ODTÜ, Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, 2000.
- [6] Koç V., Depremler sonrası zemin katlarda görülen çökmelerin incelenmesi, Samsun ilinin deprem riski ve alınabilecek önlemler sempozyumu, Samsun, 2012, s.149- 158.
- [7] Çiftçi, H. İ., Fotoğraflarla Deprem Kuvvetleri Karşısında Yapıların Gösterdiği Davranışlar. Şan Ofset, İstanbul, 1999, 216 s.
- [8] Koç V., Deprem öncesi ve sonrası gözlenen beton ve donatı korozyonları ile kısa kolon hasarlarının incelenmesi, Avrupa bilim ve teknoloji dergisi, Cilt 4 No 7, s. 8- 20, 2016.
- [9] Konak, N., 17 Ağustos 1999 Depreminde Yıkılan Binaların Mimari Hataları. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans tezi, Adapazarı. 2002, 108 s.
- [10] Çamlıbel, N., Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri. YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1994, 145 s.
- [11] Albay, A. , Deprem Dayanımında Mimari Tasarımın Önemi ve Erzincan Deprem Konutları. Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, İstanbul, 1994, 129 s.

[12] Koç V., Deprem sonrası ağır hasarlı bina hasarlarının sınıflandırılması, Artvin Çoruh Ünv. Doğal afetler ve çevre dergisi, Çilt 2 sayı 1, s. 46-65, 2016.

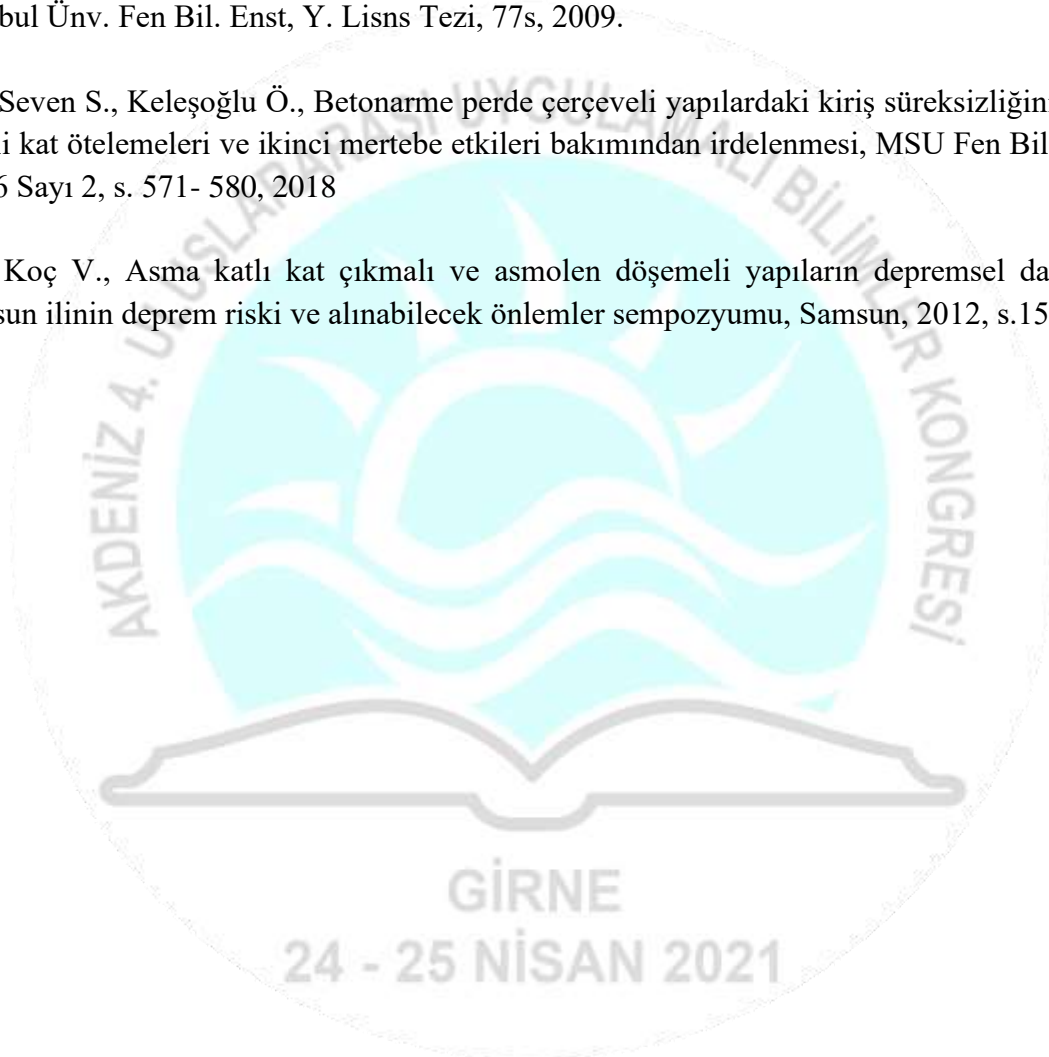
[13] Ersoy, U., Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi. Mesa Mesken Sanayi A.Ş., 65-77 s, Ankara, 1999.

[14] Akıncıtürk N., Yapı tasarımında mimarın deprem bilinci, Uludağ Ünv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 8 Sayı 1, s. 189- 201, 2003.

[15] Nuraloğlu, U.G., Özturun N.K, Helisel merdivenlerin yapı ile üç boyutlu olarak etkileşimi, İstanbul Ünv. Fen Bil. Enst, Y. Lisns Tezi, 77s, 2009.

[16] Seven S., Keleşoğlu Ö., Betonarme perde çerçevesi yapılarıdaki kiriş süreksizliğinin etkin görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkileri bakımından irdelenmesi, MSU Fen Bil. Derg., Cilt 6 Sayı 2, s. 571- 580, 2018

[17] Koç V., Asma katlı kat çıkmalı ve asmolen döşemeli yapıların depremsel davranışı, Samsun ilinin deprem riski ve alınabilecek önlemler sempozyumu, Samsun, 2012, s.159- 173.



HAFİF ÇELİK SİSTEMLERDE DİKME, KİRİŞ VE DÖŞEME OLUŞTURMA ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ

Doç.Dr. Varol KOÇ
OMÜ
0000-0003-4810-3845

Özet

Hafif çelik taşıyıcılı sistemler geliştirilmiş ahşap taşıyıcı sistemler ile benzerlikler sergilemektedir. Taşıyıcı sistem olarak karkas sistem olsa da, iki yüzeylerinde bulunan duvar kaplamaları ile bütünlük sağlayan sık dikmeler, diyagonaller ve boyunduruklarla da ilişki içinde olmalarının desteğiyle, levha elemanının bir parçası şeklinde çalışır. Sık kirişler de, aralarında buldukları döşeme kaplamaları ile birlikte bütünsel bir plak davranışı sergiler. Dolayısıyla normal koşullarda çubuk elemanlardan oluşturulan karkas çerçeve sistemler, geliştirilmiş ahşap ve hafif çelik yapı sistemlerinde levha ve plaklardan müteşekkildir. Bu nedenle taşıyıcı sistem davranışı, yığma sistemlere de yaklaşır. Bu kendine özgü sistem, taşıyıcı sistem malzemesi olarak hafif çelikten de yapılırsa, ahşaptan da yapılırsa, bağlantılarını oluşturmak kalifiye işçilik gerektirir. Zira betonarme gibi monolitik bir inşaat tarzı yerine, klasik çelik ve klasik ahşap yapılarda olduğu gibi takma çıkarma prefabrik bir inşaat tarzına sahiptir. Tüm bu durumların, kendilerine özgü avantaj ve dezavantajları söz konusudur. Özellikle teknolojik bir üretim yöntemi olan hafif çelik yapılar söz konusu olduğunda, koşulların dezavantajını azaltmaya, avantajını artırmaya yönelik çalışmalar önem arz eder.

Bu bağlamda, hafif çelik ile ilgili hemen her şeyde olduğu gibi, yapı sistemleri de, teknolojik imkanlar ile, dezavantajları azaltıp avantajları artırma yönünde geliştirilmiştir. Dikme ve kirişlerin tek tek şantiyede montajıyla oluşturulan lineer yapı sistemleri, hem şantiye işlerini uzatmakta hem de şantiyede gerekli olan kalifiye işçiliği artırmaktadır. Panellerle inşaat, şantiye işçilik miktarını azaltarak elemanların paneller tarzında fabrikasyon üretimini ve daha bütünlüklü parçaların şantiyede montajını sağlar. Hücreli sistemlerde ise yapı tamamen ya da kısmen fabrikasyon olarak üretilip çok kısa zamanda ve az işçilik ile şantiyede montajlanır. Böylece kontrollü, denetlenebilir ve yüksek kalifiye işçilik ile standart bir üretim sağlanmış olduğu gibi, hafif çelik yapıların dezavantajlarından olan şantiyede kalifiye işçilik gereksinimi azaltılmış olur. Aynı zamanda bu yöntemde hafif çelik yapıların en önemli avantajlarından biri olan çabuk inşaat özelliği artırılmıştır. Tüm bu sistemler temelde, ister fabrikada ister ise şantiyede yapılmış olsun, dikme, kiriş ve döşeme elemanlarının oluşturulup bağlantılarının sağlanması çalışmalarına dayanır. Bu çalışmada hafif çelik yapı sisteminin bu elemanlarının yapıları, geliştirilmiş ahşap sistemlerle karşılaştırılıp geniş bir literatür taraması ile ele alınarak, konuyla ilgili ek öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Hafif çelik, taşıyıcı sistemler, geliştirilmiş ahşap sistem, prefabrikasyon

INVESTIGATION OF PILLAR, BEAM AND FLOOR WORKS IN LIGHT STEEL SYSTEMS

Abstract

Light steel carrier systems show similarities with the improved wooden carrier systems. Although there is a carcass system as the carrier system, dense pillars works as a part of the panel element. Diagonals and yokes strengthen this relationship. Close beams also exhibit a holistic plate behavior with the slab coverings between them. Therefore, the carcass frame systems formed from rod elements under normal conditions are composed of panels and plates in developed wood and light steel construction systems. Therefore, the carrier system behavior also approaches masonry systems. Whether this unique system is made of light steel or wood as the carrier system material, it requires skilled labor to create its connections. Because, instead of a monolithic building style like reinforced concrete, it has a prefabricated construction style like classic steel and classical wooden structures. All these situations have their own advantages and disadvantages. Especially when it comes to light steel structures, which is a technological production method, efforts to reduce the disadvantage of the conditions and increase their advantage are important.

In this context, as with almost everything related to light steel, also the construction systems have been developed to reduce the disadvantages and increase the advantages with the technological possibilities. Linear construction methods, which are created by the assembly of pillars and beams one by one, both increase the construction site works and the qualified workmanship required in the construction site. Construction with panels reduces the amount of on-site labor, allowing the fabricated production of elements in the style of panels and the assembly of more integrated parts on site. In cellular systems, the structure is produced completely or partially as fabrication and assembled on site in a very short time and with little labor. In this way, a standard production is provided with controlled, auditable and highly qualified workmanship, and the need for qualified workmanship at the site, which is one of the disadvantages of light steel structures, is reduced. At the same time, in this method, rapid construction feature wick one of the most important advantages of light steel structures has been increased. All these systems are based on the creation and connection of pillar, beam and floor elements, whether they are built in the factory or on the site. In this study, the construction of these elements of the light steel structure system is compared with the improved wooden systems and discussed with a wide literature review, and additional suggestions on the subject are presented.

Keywords: Light steel, carrier systems, enhanced wooden system, prefabrication

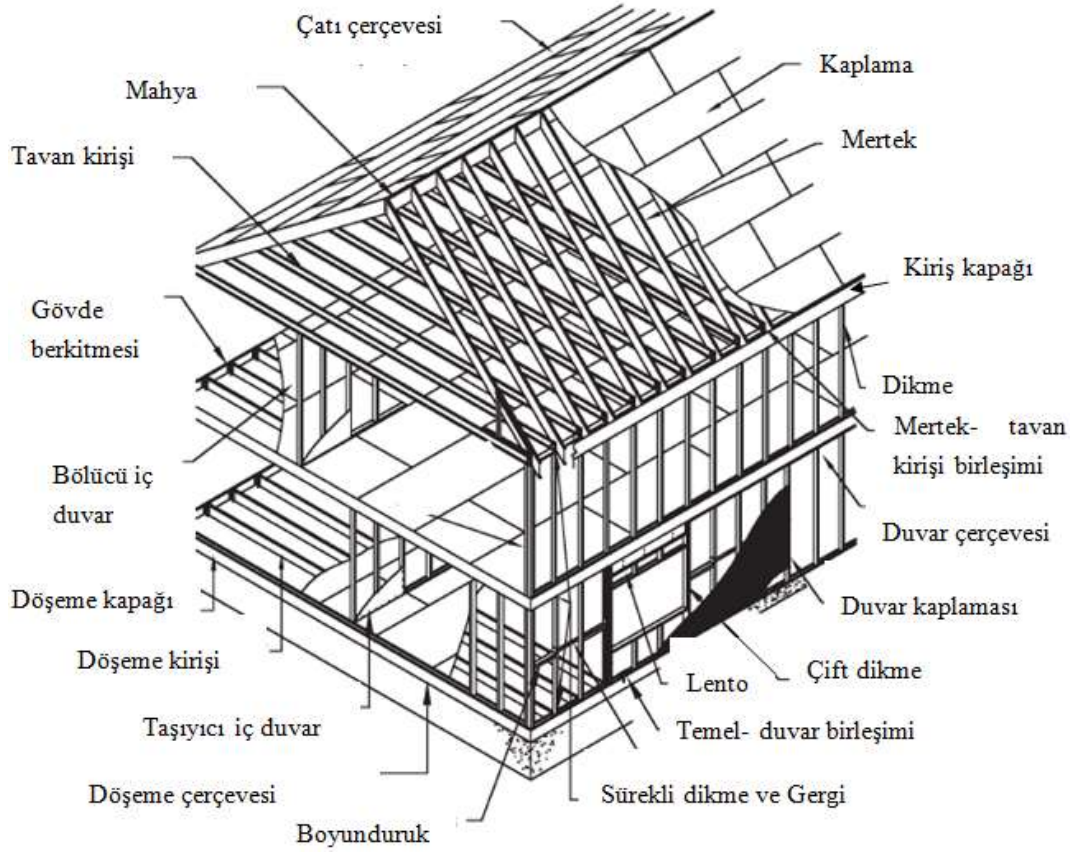
1.Giriş

Yapı teknolojisi, konvansiyonel, geliştirilmiş konvansiyonel ve fabrikasyon teknolojiler olarak üçe ayrılabilir [1]. Konvansiyonel yöntemler, el ve insan gücünün şantiyede kullanıldığı, hazır beton ya da pimapen pencere gibi fabrikasyon ürünlerin ancak şantiyede yarı kalifiye işçilik ve ustalık ile işlenmesiyle yapıya katılabildiği, ağırlıklı olarak basit iş

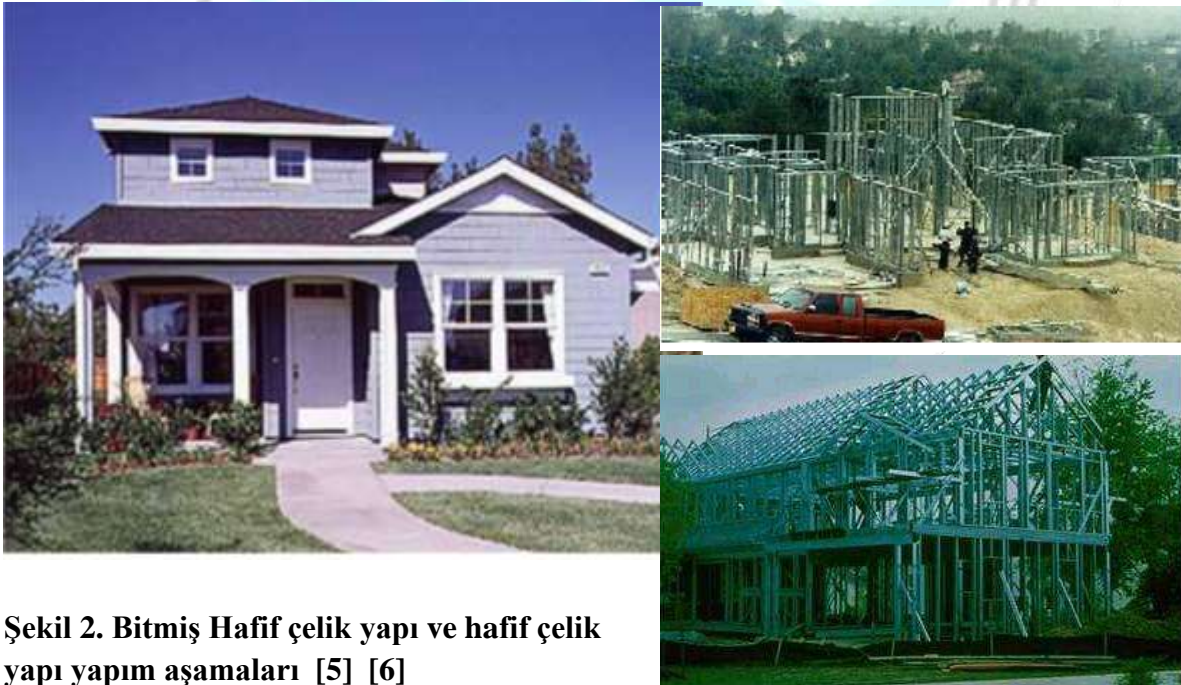
makinaları ile inşaatın tamamlandığı yöntemlerdir. Geliştirilmiş konvansiyonel yöntemlerde ise şantiye daha örgütlü bir çalışma düzenine sahiptir. Tünel ve kayar kalıp yöntemleri, beton buhar kütleme metotları gibi teknikler yardımıyla daha hızlı inşaat yapılabilir. Kule vinçler gibi daha gelişmiş iş makineleri ve çelik kalıplar gibi daha kalifiye destek malzemeleri kullanılır. Hafif çelik taşıyıcı sistemli yapıların da dahil olduğu fabrikasyon teknolojilerde ise yapı tamamen ya da büyük bölümler halinde, kontrollü bir süreç, kalifiye işçilik ve kaliteli malzemeler ile standartlaştırılmış ve kolay denetlenebilir bir ortamda yeni teknik gelişmelerin yardımıyla bitirilmiş olarak şantiyeye nakledilir ve genelde şantiye inşaat süresi kısa ve etkindir.

2. Hafif Çelik Taşıyıcı Sistemler

Hafif çelik taşıyıcı sistemli binalarda deprem rüzgar etkileri ve sabit hareketli yükleri taşımak amacıyla sac profillerin güçlendirilmesi gerekir. Birleşim yerlerinde ek parçalar, diyagonaller, döşeme ve perdelerin kaplamaları, kendi fonksiyonları yanında, bu güçlendirme işini de görür. Birleşimler genellikle vidalı olmakla birlikte, blonlu, cıvatalı, sıcak ya da daha çok soğuk perçinli veya kaynaklı da yapılabilir. Vidalar özellikle hem delme hem de sabitleme işini aynı anda yapabilecek şekilde tasarlanarak kullanılır ve böylece yapım hızı kazanılmış olur [2]. İmalat sırası ve şekli geliştirilmiş ahşap karkas sistemlere çok benzer. Duvar sistemi önce döşeme üzerine konumlandırılan alt ray profillere dikmelerin montajı ile başlar. Dikmeler arasına boyunduruk ve diyagonaller yerleştirilir. Üst ray profillerle birleştirilen dikmelerle gerekli yalıtım malzemelerinin ve duvar iki yüzüne yapılacak kaplamaların montajı sonucu duvar panelleri tamamlanmış olur. Kiriş sistemli yalıtım ve kaplamalı döşeme plakları, fabrikasyon birleşimli çatı makasları ile yapı tamamlanır. Döşeme kirişleri arasında da boyunduruklar teşkil edilir. Boşluk bırakılacak yerlerde etrafında çift kirişleme, pencere ve kapı boşlukları üstünde lento görevi gören rijit başlık kirişleri kullanılır. Mahyalarda ve açıklıklarda, iç içe geçirilmiş profiller ile kapalı kesitler oluşturulabilir. Sistemde gerekli yerlerde gövde berkitmeleri şeklinde birleşim güçlendirme levhaları kullanılır. Döşeme ve kirişleri yanlardan saran koruyucu yüzeyler olarak döşeme- kiriş kapakları montajlanır (**Şekil 1**). Duvarlar ve döşemeler genelde 40, 50 ya da 60 cm aralıklı dikme ve kirişlerden müteşekkildir. Temel betonarmedir. Hafif çelik taşıyıcı sistemler bir iskelet sistem olsa da, dikmelerin boyunduruk, diyagonal ve kaplamalar ile bir bütün haline gelerek taşıyıcı duvar oluşturmaları nedeniyle, yığma yapı davranışı da sergiler (**Şekil 2**).



Şekil 1. Hafif çelik yapı taşıyıcı sistemi [3] [4]



Şekil 2. Bitmiş Hafif çelik yapı ve hafif çelik yapı yapım aşamaları [5] [6]

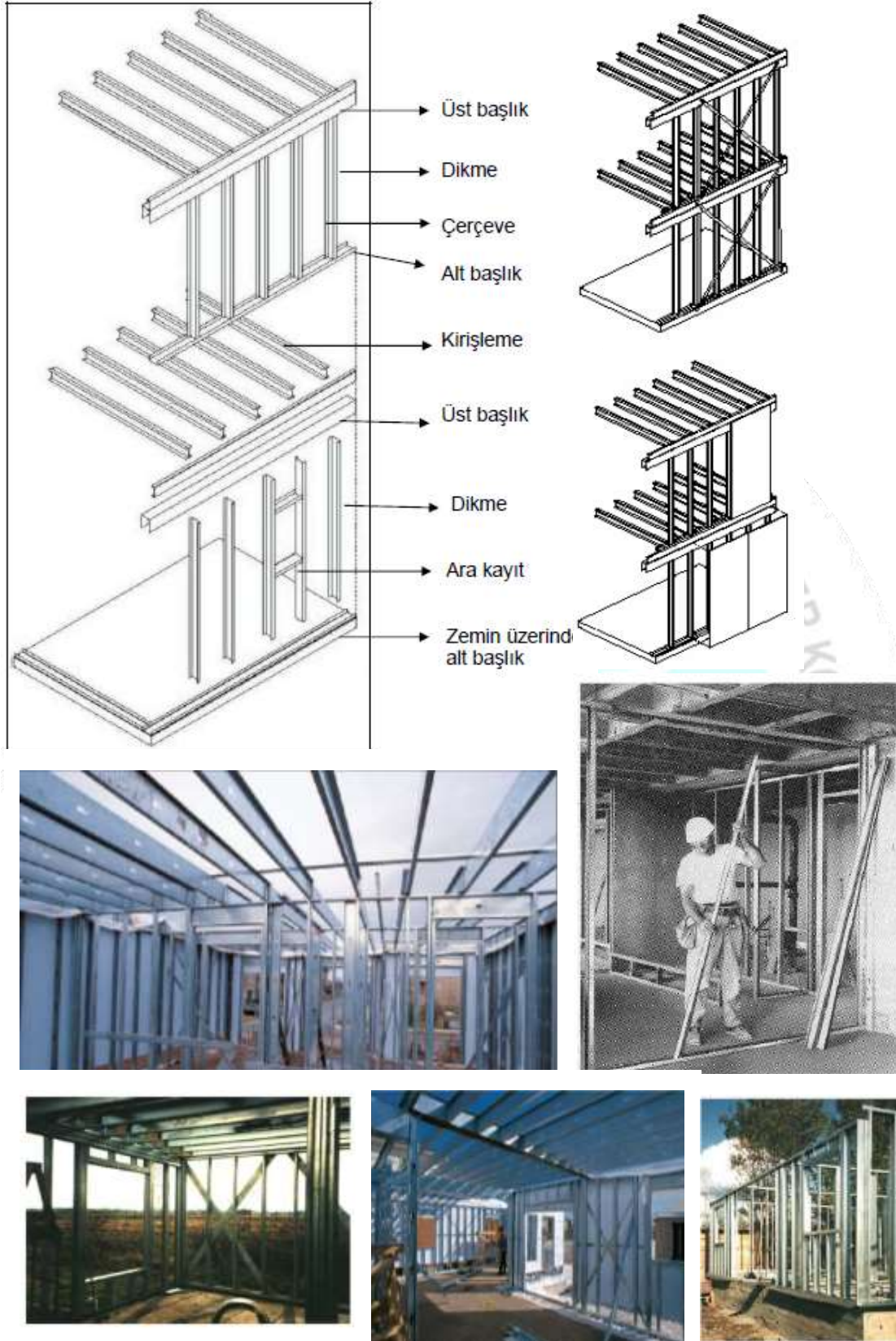
Klasik ve hafif çelik sistemlerde fabrikasyon üretim ve montaj esastır. Klasik çelikte, kalifiye ve kontrollü ortamda olması amacıyla kaynak işleri genelde atölyede, bulonlama işlemleri de şantiyede yapılır. Kaynak işlerinin şantiyede ağırlık kazandığı inşaatlar da mevcuttur. Hafif

çelikte de, şantiyede yapılacak kesme- delme işlerinden, elemanın kalifiye ve denetimli olmayan bir işçilikle zarar görmesini engellemek adına, kaçınmak gerekmektedir. Zira hafif çelik elemanlar daha ince, narin ve hassas olup, kesit kayıpları daha büyük sorunlar doğurabilir. Ayrıca özellikle su- neme karşı dayanıklılığın yanlış müdahaleler ile azalmaması için şantiye işlerini elden geldiğince az olacak şekilde tasarlamak gerekir. Elemanlar tamamen prefabrik olarak hazır olduktan sonra, şantiyede sadece montajlama işlerini yapmakta fayda vardır. Çelik yapı inşasında doğrusal, alansal ve hacimsel inşa tarzları uygulanabilir. Elemanlar çubuk eleman, panel eleman ya da yapının hacimsel bir bölümü olarak prefabrik şekilde üretilebilir . Benzer şekilde Hafif çelik inşaatta da Lineer- doğrusal- çubuk elemanlar olarak, alansal panel elemanlar olarak ya da hücreli odalar olarak konut montajlanabilir.

Lineer Yapım sistemi, panel nakliyesinin zahmetli ve pahalı olduğu zaman geçerlilik kazanır. Şantiyede malzeme, boy ve kesit olarak istenen özelliklerde hazırlanmış dikme ve kirişler genelde vidalama yöntemiyle montajlanır (**Şekil 3, [7]**). Bu sistem, projeye uygun oluşturulan profiller ile tek tek birleşim yapılır. Çerçeveleri çubuk elemanlardan oluşturulmak için bağlantı noktalarında vida, bulon veya kaynak kullanılabilir. Genelde delici özellikte vidalar diğer birleşim araçlarından daha yaygın olarak kullanılır. Zorunlu durumlarda kaynağa başvurulur. Taşıyıcı duvar oluşturmak için alt ve üst başlıklar, ray profili de denen U profilleri ile teşkil edilir. Bunların arasında dikey olarak C ya da U profillerinden imal edilen dikmeler tertiplenir. Böylece oluşturulan duvarlar üzerine sabitlenen kirişler ile döşemelerin oluşturulmasına geçilir. Yatay ve düşey elemanların stabilliği sağlandıktan sonra duvar ve döşeme kaplamaları monte edilir.

Alansal sistemler, projede panellerin çeşidi ve ölçüleri sürekli tekrarlanma durumunda ise oldukça avantajlı ve hızlı bir inşa sağlar. Lineer yapım sistemine göre dört kat daha hızlı olabilir. Bu sayede şantiyedeki hava durumlarından da az etkilenir. Hafif çeliğin de özelliğinden dolayı, ahşap elemanların aksine, depolanmalarında kabarma- büzülme- eğilme sorunları baş göstermez (**Şekil 4, [7]**). Diyagonal çerçeveler halinde prefabrik olarak hazırlanan duvarların şantiyede sadece sabitlenip birleştirilmesi ve yalıtım- yüzey kaplama işleri yapılabilir. İstenir ise bunlar da prefabrik olarak hazırlanmış halde şantiyeye getirilebilir. Aynı durum, döşemeler için de geçerlidir. Klasik çelikte, ağırlık ebat ve nakliye zorluklarından dolayı bu yöntemin uygulanabilmesi hafif çeliğe göre daha zordur. Bu nedenle modüler birimler olarak da üretilebilirler.

Hafif çelik yapılarda hafif çeliğin imkanlarından dolayı geniş ve yüksek hacimler yapmak mümkün olmadığından elemanlar daha küçük ve hafiftir. Bu nedenle nakliye rahattır. En çok kullanılan yöntem panel sistemidir. Aslında taşıyıcı sistem çalışma prensibi takma çıkarma yapı olmasına rağmen yığma yapı prensibindedir. Panolarla yapım mimari tasarım esnekliğini kısıtlasa da inşa hızını artırır. Şantiyede sadece montaj işleri olur. Ek olarak kesme, biçimlendirme gibi işlemlere gerek kalmaz. İstenirse panolar sadece bir yüzü bitmiş olarak da fabrikadan çıkarılabilir.



Şekil 3. Çubuk (lineer, doğrusal) elemanlarla taşıyıcı sistem oluşturma ve inşaat örnekleri [8] [9] [10] [11]



Şekil 4. Izgara pano panel sistem uygulama örnekleri [9] [12] [8] [11]

Hücre sistemler ile (Hücresel Yapım Sistemi), prefabrik olarak üretilen duvar ve döşeme düzlemsel elemanları birleştirilerek hacimsel odalar oluşturulur. İmkan varsa perefabrik olarak tamamiyle bitirilmiş konut şantiyede direk olarak temele monte de edilebilir (Şekil 5, [1]). Hacimsel bölümler ya da odalar halinde bitirilip şantiyeye getirilen modüllerin her biri 3 boyutlu rijit çerçeveler ya da hücreler şeklindedir. Bir araya geldiklerinde taşıyıcı sistem rijitliğini kurgularlar. Bu sistemle, prefabrikasyon düzeyi yüzde yüze yakın seviyelere getirilebilir. Prefabrikasyona genelde tesisatlar da dahildir. Fabrikada ya da sahada, çok üst düzey kalifiye işçilik ve uzmanlık gerektirir. Nakliye zorluklarını aşmak ve montajda vinç kullanmak gerekir. Hücrelerin kaldırılıp indirilmesi ve yerleştirilmesi sırasında maruz

kalacakları ek gerilmelere karşı dikkatli olmak gerekir. Çoğunlukla sabit ve rijit bir planlamaya uyma zarurietiyi vardır. Bu sistemin ekonomik olması, çok sayıda seri üretimin yapılabiliyor olmasına bağlıdır.



Şekil 5. Hafif çelik modüler (hücreyel) inşa örnekleri [9] [13] [14]

Hafif çelik konutlarda formların kare ve dikdörtgene yakın olması, taşıyıcı duvarların x ve y yönünde birbirine yakın oranlarda bulunması ve birbirini izlemesi tavsiye edilir. Sistem taşıyıcı duvarlardan oluşur ve geçilebilecek açıklıklar klasik çelik yapılara oranla çok küçüktür. Klasik çelik yapılarda bölme duvarlar ile, geniş açıklıklar istenildiği gibi bölünebilir. Klasik çelik yapılar çerçeve sistem olarak inşa edilebildiği için cepheler istenen boşluk oranlarında düzenlenebilmektedir. Hafif çelik konutlarda ise cephe duvarlar da taşıyıcı olduğundan boşluk oranları kısıtlıdır (Şekil 6). Boşluk aralıkları ile dikme aralıkları uyumlu

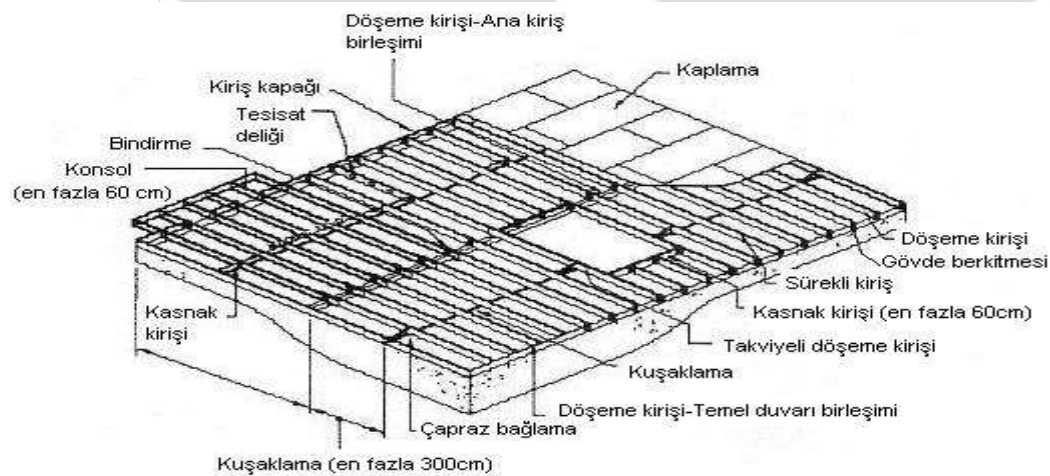
olmak zorundadır ve köşelerde boşluk açmak özel işlemler gerektirir. Cephe boşluklarının yüksekliği genişliğe oranla daha çok olmalı ve bant pencere tarı boşluklar açılmamalıdır.



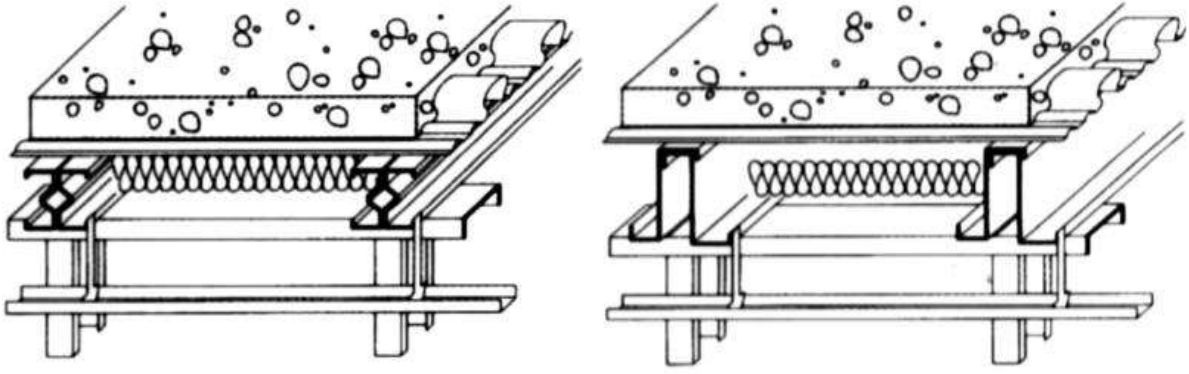
Şekil 6. Hafif çelik konutlarda, yığma yapılar gibi, boşluk oranlarının az olması gerekir [9].

3. Döşeme imalatı

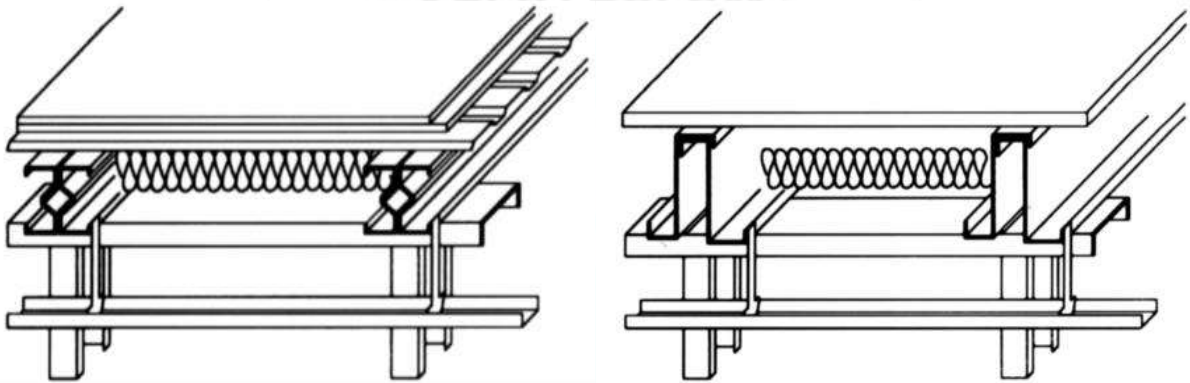
Döşemeler, bilinen fonksiyonlarının yanında, aynı zamanda ses ve ısı yalıtımı ve tesisat geçişi için hacim oluşturan elamanlardır. Hafif çelik konutlarda, döşemeler farklı tarzlarda inşa edilebilir (Şekil 7). Kompozit formlarda hafif çelik döşeme kirişleri üzerine levha üzerine beton dökülmesi ile döşeme tertibi yapılabilir (Şekil 8). Bu sayede hem düşey, hem de beton döşemenin rijit diyafram şeklinde çalışması sayesinde yatay yükler, döşeme kirişlerine dengeli şekilde dağıtılabilir. Ayrıca döşemenin ağır olması, hafif çelik konutlarda önemli bir sorun olan vibrasyon etkilerini de azaltır. Ancak beton dökümü, normalde kuru sistem olan hafif çelik konut yapımında tercih edilmeyebilir. Bu durumda genelde ahşap türlerinden bir levha ile ses yalıtım malzemeleri kullanılarak döşeme imali yapılabilir (Şekil 9). Çoğu durumda baca- şömine ya da merdiven için döşeme boşlukları açmak gerekir. Ancak sistemin zayıflatılmaması esastır. Bu nedenle güçlendirme amacıyla boşluk çevrelerinde çift kirişlemeler yapmak gerekir (Şekil 10) [7].



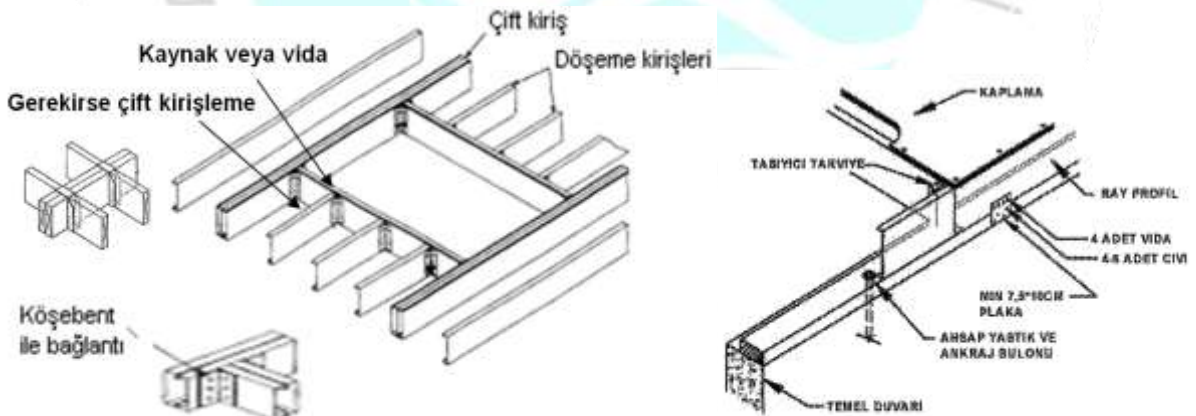
Şekil 7. Hafif çelik sistemde döşeme uygulaması [15], [4]



Şekil 8. Kompozit döşeme örnekleri [14]



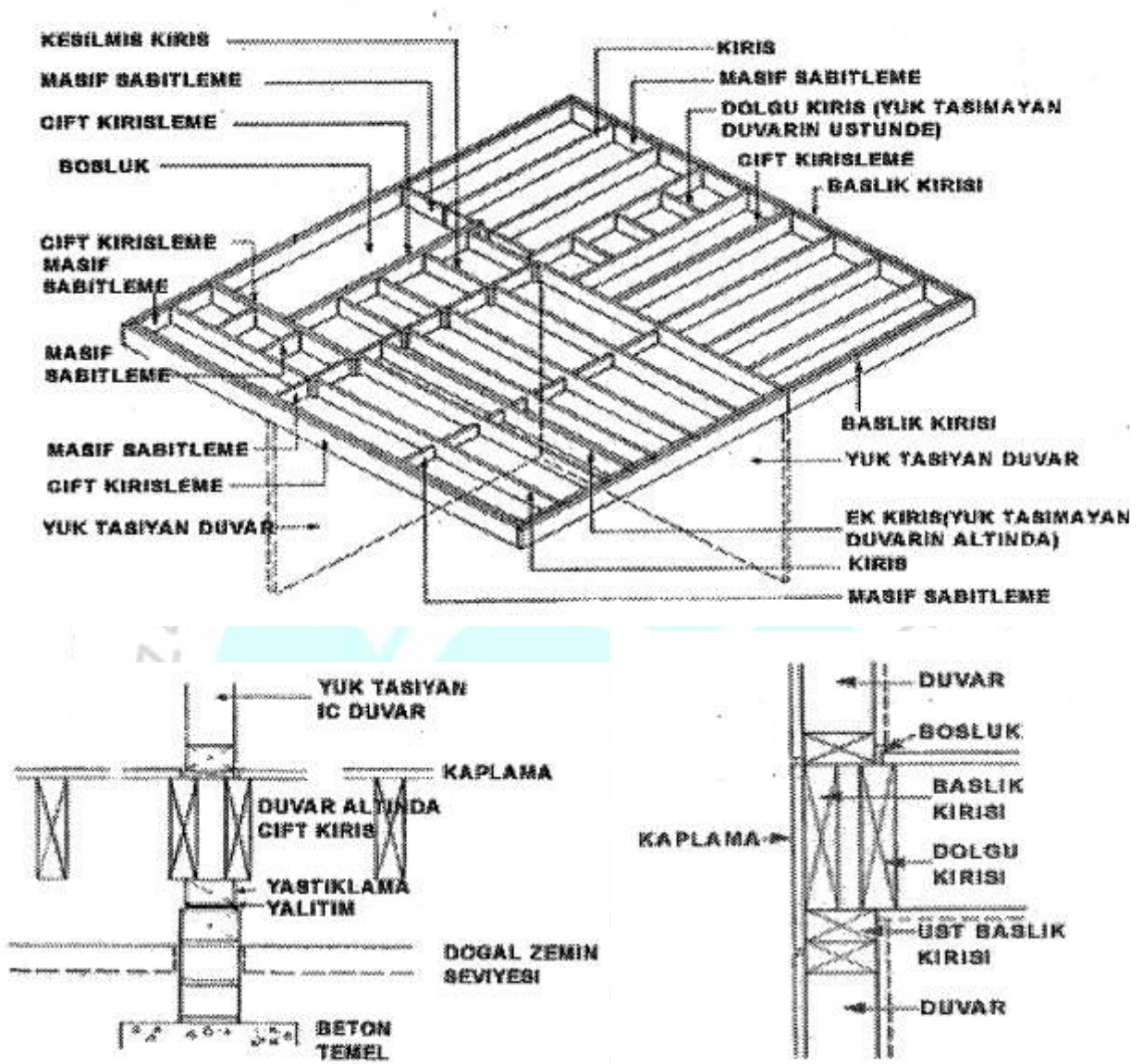
Şekil 9. Döşemede kuru sistem [14]



Şekil 10. Döşeme boşluğu açılması ve temele oturan döşeme [16] [17] [18]

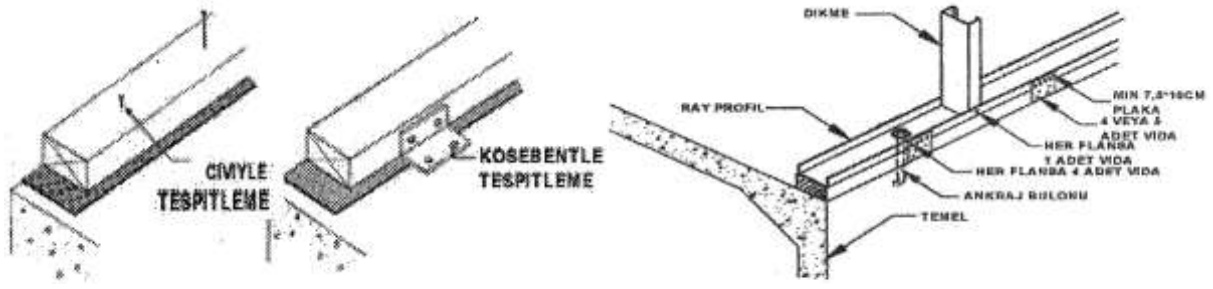
Zemin katların döşemesi üst katlarda olduğu gibi ve aynı sıralama ile yapılabilir. Konut taşıyıcı sistemi bittikten sonra yapıyı ağırlıkla yerleştirilerek de yapılabilir. Bu durumda yapım aşamasında hava koşullarının zararlı etkilerinden korunmuş olur. Zemin kat döşeme kirişleri, duvar altı temellerin arasındaki açıklıklara yapılabilir. Çok sayıda ayak üzerine oturtulup daha kısa ve küçük kesitli de yapılabilir [17]. Bu inşa metodları, geliştirilmiş ahşap sistemler ile aynıdır. İki sistemde de döşeme kirişleri 40 ile 60 cm aralıklar ile düzenlenir. Arakat

döşemeleri ise mesnetlendikleri duvarların dış ya da iç, yük taşıyan ya da taşımayan olmasına göre farklı birleşimler ile detaylandırılır (Şekil 11)



Şekil 11. Geliştirilmiş ahşap yapıda ara ve giriş kat döşemeleri ile dış duvar bağlantısı [17]

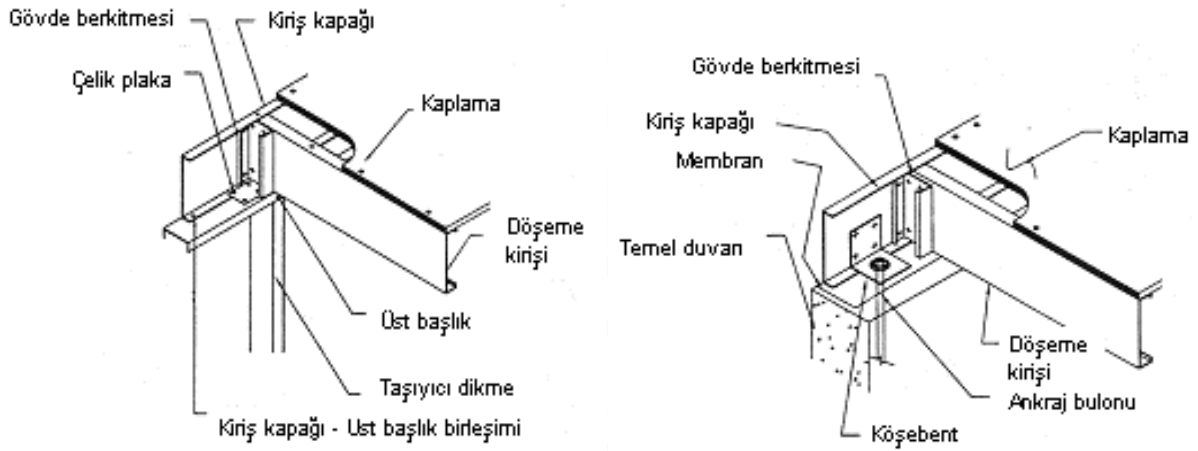
Zemin kat döşemesine yaastıklama yaptıktan sonra duvar alt başlığını oluşturacak ray profilleri monte edilir. Yastıklama, duvar panellerini düzgün yerleştirmeye ve rüzgar yüklerini zemine iletmeye yarar (Şekil 12) Yastıklama kalınlığına, yalıtım ve döşeme panel kalınlığına göre karar verilir [19].



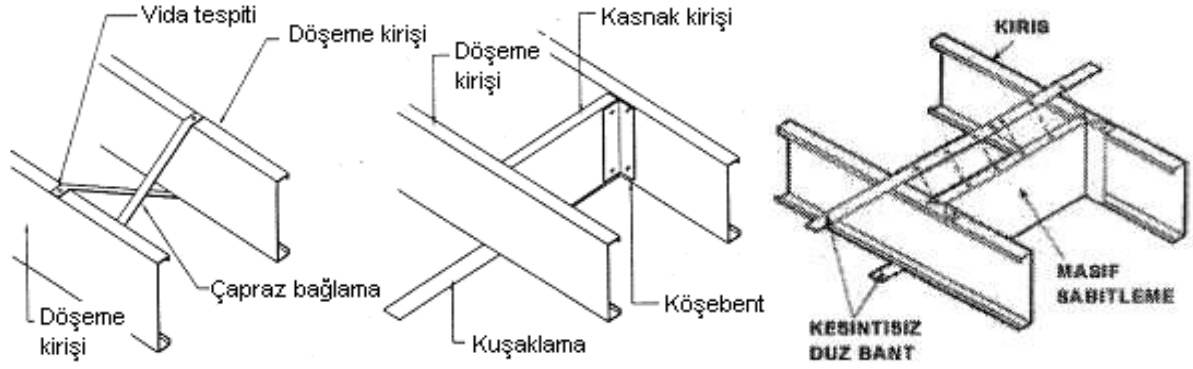
Şekil 12. Yastıklama bağlantıları [17] [18]

4. Kiriş imalatı

Hafif çelik taşıyıcı sistemlerde kirişler, döşeme iskeletini oluşturur. Uç bölgelerinde yanlarına yük ve rijitlik kapasitelerini artırmak, kesme kuvvetlerini karşılamak amacıyla köşebent ve berkitme aparatları koyulur (Şekil 13) [7]. Döşeme kirişlerinin geçecekleri açıklıkları kesintisiz olarak geçmeleri esastır. Kirişlerin eklenmelerini taşıyıcı duvarlar üzerinde yapmak gerekir. Kirişlerin 3,7 m.' den geniş açıklık geçmeleri durumunda, stabilizeyi sağlayıcı çaprazlama, kuşaklama ve boyunduruk gibi elemanlar kullanılmalıdır. Bunlar, kirişlere dik yerleştirilir. Kiriş alt ve üst başlıkları ile irtibatlı olması gereken bu elemanlara yanal stabilize bağlantıları denir (Şekil 14) [15].

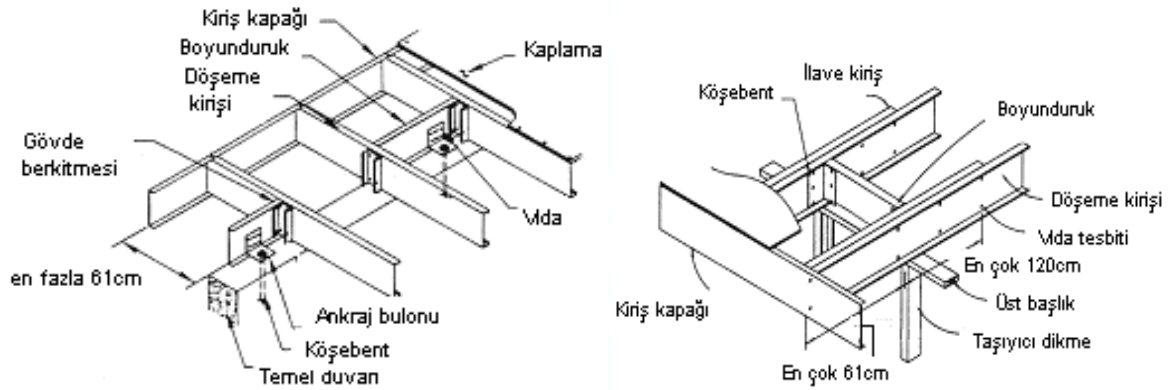


Şekil 13. Döşeme kirişlerinin temele ve taşıyıcı iç duvara oturması [15].

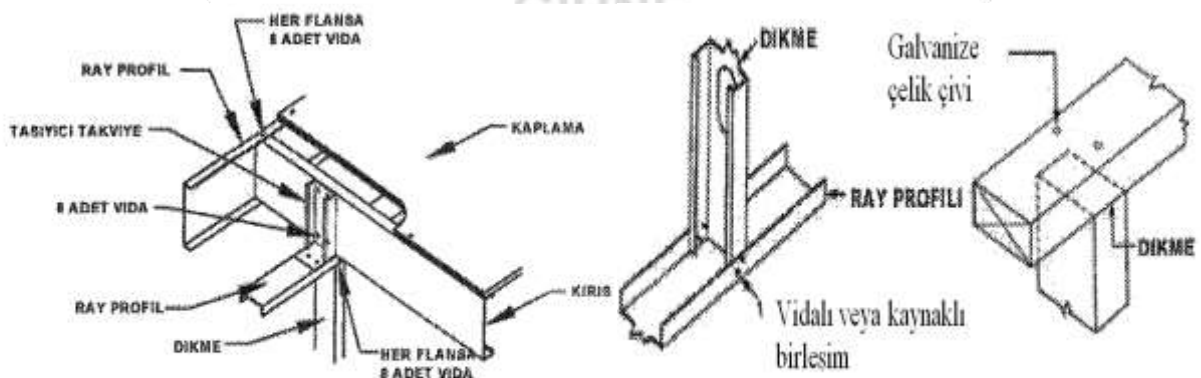


Şekil 14. Köşegen çapraz köprü bağı, masif boyunduruk sabitleyici, bant sabitleyici [15] [16]

Döşemeyi oluşturan kirişler, bina kenarlarında en çok 61 cm. uzatılarak konsol oluşturulabilir. Konsol oluşturacak kirişlerin, sırt sırta vermiş veya kutu kesit oluşturmuş şekilde tertip edilen çift profillerden inşası gerekir (Şekil 15 ve 16) [15].



Şekil 15. Temel duvarına oturan konsol ve döşeme kirişleriyle takviyeli konsol [15]



Şekil 16. Hafif çelik ve geliştirilmiş ahşap sistemlerde arkat konsol döşemesi ile dikme ve yatay eleman bağı [18] [16] [17]

Büyük açıklıklı kirişler eğilme düzlemlerine dik yönde yatay zorlanma ve özellikle hareketli yükler etkisiyle döşemede titreşim oluşturma eğiliminde olduklarından, mutlaka rijitleştirilmek ve hareketlerinin kısıtlanması yoluyla stabilize edilmek zorundadırlar. Maruz kaldıkları döşeme yüklerinin birden çok kirişe yayılması amacıyla kirişler arasında stabilite çubuklarının yerleştirilmesi gereklidir. Bu çubuklar, geliştirilmiş ahşap sistemlerde de benzer şekilde yerleştirilir [3, 16, 17].

Köşegen köprüleme yöntemiyle çelik çubuk veya şerit elemanlar çiftli çaprazlar olarak kirişler arasında sabitlenir. Masif sabitlemede, kullanılacak masif eleman, kiriş yüksekliklerini tam olarak tutan, dikme, kiriş vb. elemanlardan kesilmiş bir parça olabilir. Bu eleman kirişler arasında sıkışacak şekilde yerleştirilir ve her iki ucundan tutturulur. Düz bant ve masif sabitlemede, masif elemanlarla çelik bant şeritler birlikte kullanılarak döşemelere yanal destekleme yapılır.

5. Dikme İmalatı

Dikmeiskeletleri, duvarın asıl taşıyıcı elemanıdır. Genelde 40 ila 60 cm aralıklar ile düzenlenir. Hem düşey hem de yatay yüklere karşılık verirler. Aynı zamanda duvarın iç ve dış kaplamalarının monte edilebilmesi için yüzey oluştururlar [17, 18]. Alt ve üst başlıklar dikmeler ile aynı kesit alanlarına sahip olabilirler. Duvar kaplamalarının alt ve üst birleşimleri, alt ve üst duvar başlıklarına yapılır. Dikmeler ve döşeme kirişleri, aksları birbiri ile kesişecek şekilde tertiplenerek çerçeve oluşturacak tarzda birleştirilmelidir. Dikmelerin üst başlığının çift başlık şeklinde yapılması, özellikle dikmeler ile kesişmeyen dikmeler arası ara kirişlerden gelen yüklerin dikmeler arasındaki bölgede düzgün olarak dağıtılmasını sağlar.

6. Sonuçlar

Hafif çelik sistemler, ister lineer yöntem, ister panel sistem ya da isterse hücreli modüler birleşim olsun, temelde çubuk elemanların sık aralıklar ile yatayda ve düşeyde kullanımı ile oluşturulur. Çubuk eleman profillerine verilecek değişik formlar üzerinde çalışılarak rijitlik ve dayanım artışı sağlamak, malzeme kalitesini ve kalınlığını değiştirmeden de mümkündür. Ayrıca yatay ve düşey elemanların doğrultularını çeşitlendirerek, yatay ve düşey yüklere karşı yüksek rijitlik düzeyleri elde etmek üzerine çalışmalar yapılabilir. Eleman bağlantı araçları ve detayları üzerinde yapılacak çalışmalarla da, sistem süneklik ve rijitliği açısından daha yüksek değerler elde etmek mümkündür. Özellikle hafif çelik sistemler gibi standart, denetlenebilir, fabrikasyon ve seri üretime uygun inşa tarzlarında yeni çalışmalar ile daha büyük ivme kazanmak kolaydır. Hafif çelik malzemesi üzerine yapılacak çalışmalarla birlikte bu tür çalışmalara da ağırlık verilerek hafif çelik sistemlerin geliştirilmesi, daha geniş ve yüksek hacimlerin hafif çelik ile inşasını zaman içinde mümkün kılacaktır.

Kaynaklar:

- [1] Işık, B., Akın, A., Kuş, H., Çetiner, İ., Göçer, C., Arıoğlu, N., Alçı Katkılı Yapı Malzemesinde Uygun Mekanize İnşaat Teknolojisinin ve Standartlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK Araştırma Raporu. Aralık 1995.
- [2] Allen, E., Fundamentals of Building construction materials and methods, Jhon Wiley and Sons Inc., NewYork,1999.
- [3] Işık, B., Çelik Hafif Taşıyıcı Sistemlerin Konut Yapımında Kullanılması, Mimari Tasarım ve Uygulama Açısından Çelik, İstanbul, 1999.
- [4] NASFA, Low- Rise Residential Construction Details, Publication NT6-00, Merch, 104pp., 2000.
- [5] Osbourn, D., Introduction To Buildings, Longman, 1993.
- [6] NAHB-RC, (2004) "Flexible Framing Track", National Association of Home Builders Resarch Center, Inc, www.nahbrc.org
- [7] Hacker, J.H., Gorges, J.A., Residential Steel Design and Construction, McGraw-Hill, NewYork, 1997.
- [8] Stahl Informations Zentrum, Häuser in Stahl- Leichtbauweise, Yayın Referans no: D 560, Dusseldorf, 2002.
- [9] Tatar, A., Işık, B., Hafif Çelik Konstrüksiyon Sistemi ve Tasarım Olanakları, II. Yapısal Çelik Haftası, Türk Yapısal Çelik Derneği, İTÜ Ayazağa Kampüsü, s. 64- 76, 16 Haziran 2002.
- [10] Follis, D., (editör), Steel Desing, Cilt:34, No:2, sayfa:3-7, Dofasco Inc. Yayını, Ontorio, Kanada, 2002.
- [11] Dubina, D., V. Ungureanu and R. Landolfo, Design of Cold-Formed Steel Structures, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2012.
- [12] <http://tuca.org.tr/tuc/dernek.htm>, erişim tarihi 05.03.2012.
- [13] <http://www.containex.ba> Erişim tarihi 12.06.2012.
- [14] www.knauf.com, erişim tarihi 06.03.2012
- [15] www.izoder.org.tr, erişim tarihi: 29.02.2012.
- [16] www.steel framingalliance.com ,Steel Framing Alliance, Steel framing guide, Washington, 2007, erişim tarihi: 29.02.2012.
- [17] Tartar, A. ve Işık, B., Hafif Çelik Konstrüksiyon Sistemi ve Tasarım Olanakları, 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi , İstanbul, 2002.
- [18] Taşkıran, E., Kural, M.E., Çelik taşıyıcılı konut yapım teknikleri, DEÜ Fen Bil. Enst. Y.L. Tezi, 227s., 2005.
- [19] Fröhlich, B. ve Schulenburg, S., Metal Architecture Design and Construction, Birkhäuser DBZ -Publishers for Architecture, Berlin, 2003.

ATIKSU ARITMA TESİSİ AZOT VE FOSFOR GİDERİM VERİMİ-KIZILTEPE ÖRNEĞİ

Şule TATAR YOLCULAR ¹, Mehmet Nedim SAĞLAM ²

¹ Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, <https://orcid.org/0000-0001-8962-0107>

² Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-4315-5964>

ÖZET

Son yıllarda kentleşme oranının artmasıyla beraber evsel nitelikli atıksular, çevre kirliliğinin ortaya çıkmasında rol oynayan önemli sebeplerden biri haline gelmiştir. Su kaynaklarının varlığı, yaşam standartları, toplumların alışkanlıkları, ekonomik koşullar, iklim, eğitim düzeyi, vb. birçok faktör kişilerin günlük su ihtiyaçlarının farklı olmasına neden olmaktadır. Özellikle sanayi devriminden bu yana kentleşme, endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerle birlikte suya olan talep artmış aynı zamanda da mevcut temiz su kaynakları bu faaliyetlerle kirlenerek kullanılamaz hale gelmiştir. Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sulara atıksu denilmektedir. Kentsel atıksu arıtma tesisleri bu kirliliği engellemek için yapılmış, evsel nitelikli atıksuların aktarılacağı alıcı ortama varmadan önce zararlı etkilerini engelleyen veya olabilecek en düşük seviyeye indiren tesislerdir.

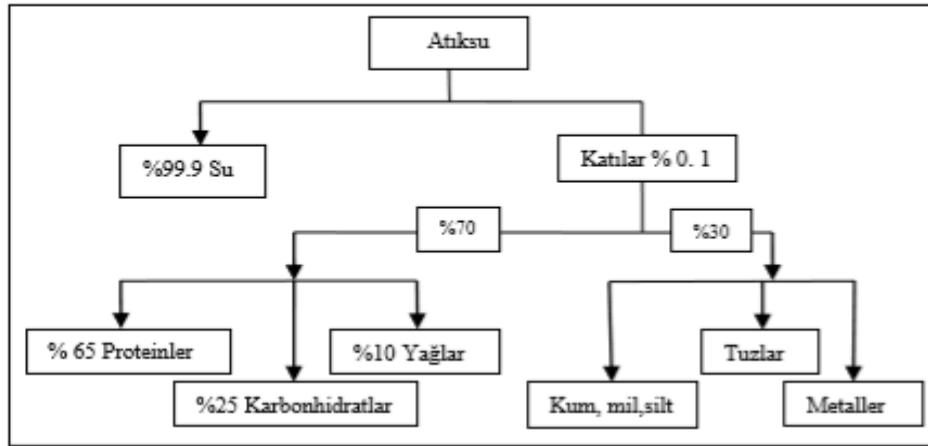
Bu çalışmada Kızıltepe İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'nde 8 ay boyunca günlük tesis giriş ve çıkışından alınan 24 saatlik kompozit numuneler, TN (Toplam Azot), NH₄-N (Amonyum Azotu), NO₃-N (Nitrat azotu) ve TP (Toplam Fosfor) için analiz edilip tesisin giderim verimliliği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre arıtma tesisinde ortalama %80,38 TN ve %72,58 TP giderimi sağlanmaktadır.

Mardin Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü kontrolündeki Kızıltepe İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisleri'nin deşarj limitleri Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmektedir. Atıksu kirleticisi parametreleri ve tesis performansı bu yönetmelik ve proje raporundaki hedefler baz alınarak yapılmıştır. Her bir parametre için aylık ortalama değer alınarak ve Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği'ne uygunluğuna bakılarak işletme verimliliği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu Arıtma, toplam azot, toplam fosfor

1. GİRİŞ

Atıksular, insanların farklı maksatlara yönelik olarak kullanıp kirlendikleri sular olup, evsel, endüstriyel, yeraltı, yüzeysel ve yağmur suyu gibi suların bileşiminden oluşmaktadır. Evsel atıksuların yaklaşık %95-99'u su olup %1-5'lik kısmı organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder [1]. Atıksuyun karakterizasyonu Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. Atıksuyun karakterizasyonu [2]

Evsel atıksuların rengi genellikle açık kahverengimsi gridir ve kendine has bir kokusu vardır. Taze atıksu bulanık olup büyüklü küçüklü yüzen veya askıda katı maddeler ve koloidal yapıda çok küçük katı maddeler içerir. Fiziksel olarak arzu edilmediği gibi içerdiği patojen organizmalar nedeniyle oldukça tehlikelidir. Kanalizasyonda kalma süresinin artması ve anaerobik şartların gelişmesiyle atıksuyun rengi koyu griye ve daha sonra siyaha doğru değişebilir. Siyah renk atıksuyun anaerobik hala geldiğinin en önemli göstergesidir. Bu renk anaerobik şartlarda oluşan sülfür formlarının atıksudaki metallerle reaksiyona girmesi ile oluşan metalik sülfürlerden kaynaklanır. Sıcak iklimlerde evsel atıksular çözünmüş oksijen içeriğini çabuk kaybeder ve böylece septik hale geçer. Septik atıksu kötü bir kokuya sahip olup bunun da en önemli kaynağı hidrojen sülfürdür. Hidrojen sülfürden kaynaklanan çürük yumurta kokusu ve merkaptanlar septik atıksuların ayırt edici özelliğidir. Evsel atıksuların sıcaklığı coğrafi bölgeye ve mevsime bağlı olarak 10-21 °C arasında değişir. Önemli miktarda endüstriyel atıksu içermiyorsa yoğunluğu aynı sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna yakındır [1].

Evsel atıksuların özelliklerini belirleyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok bileşen bulunmaktadır. Çizelge 1’de evsel atıksu bileşenleri birlikte gösterilmiştir [3].

Çizelge 1. Evsel atıksuyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri

Fiziksel Özellikler	Kimyasal Bileşenler			Mikrobiyal Özellikler
	Organikler	İnorganikler	Gazlar	
Renk	Karbonhidratlar	Alkalinite	Metan	Canlı Hücreler
Koku	Yağ ve Gres	Klorürler	Oksijen	Bitkiler
Toplam Katı Madde	Pestisitler	Ağır Metaller	Hidrojen Sülfür	Tek Hücreliler
Sıcaklık	Fenoller	Azot		Virüsler
	Proteinler	pH		
	Yüzey Aktif Maddeler	Fosfor		
		Sülfür		
		Toksik Bileşenler		

Evsel atıksu arıtma sistemleri karbonlu organik maddenin giderilmesine yönelik olarak tasarlanmaktadır. Ancak alıcı su ortamında ötrifikasyonun ve kirliliğin artması sonucu atıksu deşarjında özellikle hassas bölgeler için daha sıkı deşarj limitleri getirilmiştir. Özellikle azot ve fosfor parametrelerinin öncelikle kontrol edilmesi gerekmektedir [4]. Azot ve fosfor elementleri, mikroorganizmaların büyümesi için çok gereklidir. Bunlara besi elementleri (nütrient) denir. Azot, proteinlerin sentezi için temel yapı taşı olduğundan, atıksuların biyolojik yollarla tasfiyesinde azot konsantrasyonunu bilmeye ihtiyaç vardır [5]. Azot ve fosfor bileşenleri amonyak azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), ve fosfat fosforu (PO_4^-P) mikroorganizma faaliyetleri açısından izlenmesi gereken azot-fosfor türevi parametrelerdir [4]. Suyun azot miktarı az ise, tasfiye için dışarıdan azot eklenmesi gerekebilir. Aksine, eğer, yüzeysel sulara verilen atıksu deşarjları nedeniyle oluşan alg ve yosunlarının kontrolü istenirse, alıcı ortamlara verilmeden önce, azotun uzaklaştırılmasına veya miktarının azaltılmasına ihtiyaç vardır. Genellikle atıksularda azot, esas itibariyle proteinli maddelere ve üreye bağlı olarak bulunur. Bu maddelerin ayrışması ile azot, amonyağa dönüşür. Atık suyun tazelik derecesi, amonyak miktarı ile ölçülür [6].

Alg ve diğer mikroorganizmaların çoğalması bakımından fosfor da önemlidir. Sularda fosfor fosfat olarak bulunur. Evsel atıksular genellikle fosfor bileşiklerince zengindir. Son yıllarda deterjan yapımında, katkı maddesi olarak fosfat ve polifosfat bileşikleri, büyük miktarlarda kullanılmaktadır. Bu maddelerin yaklaşık %12-13'ünün fosfor ve fazlasının polifosfat olduğu düşünülürse, sentetik deterjan tüketiminin artışı ile birlikte yüzeysel sulara fosfor deşarjı da artış göstermiştir. Genellikle evsel atıksularda 4–15 mg/L civarında fosfor bulunur [5].

Bu çalışmada Kızıltepe İleri Biyolojik Atıksu Arıtım Tesisi'nde 8 ay boyunca günlük tesis giriş ve çıkışından alınan 24 saatlik kompozit numuneler, TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve TP için analiz edilip tesisin giderim verimliliği gözlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma kapsamında uygulama alanı olarak seçilen Güney (Kızıltepe) İleri Biyolojik Atıksu Arıtım Tesisi Mardin merkezine 27 km mesafededir. Tesis, fiziksel arıtma, biyolojik nutrient giderimi ve çamur çürütme ile biyogaz eldesi yoğunlaştırma-susuzlaştırma bölümlerinden oluşmaktadır.

TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve TP analizleri hazır kitler ile spektrometrik metot yöntemiyle yapılmıştır. TN giriş suyu için LCK 338 20-100 mg/L TN_b, TN çıkış suyu için ise LCK 138 1-16 mg/L TN_b, amonyum azotu tayini için LCK 304 0.05-2.000 mg/L $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ve nitrat azotu tayini için LCK 339 0.23-13.50 mg/L $\text{NO}_3^-\text{-N}$ hazır test kitleri kullanılmıştır. TP giriş suyu için LCK 350 2-20 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$, 6-60 mg/L PO_4 ve TP çıkış suyu için LCK 348 0.5-5.0 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$, 1.5-15.0 mg/L PO_4 hazır test kitleri kullanılmıştır. Tüm test kitleri 'Hach DR 3900' markalı spektrofotometreye yerleştirilip sonuçlar okunmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kızıltepe İleri Biyolojik Atıksu Arıtım Tesisi'nde 8 ay boyunca günlük TN ve TP parametreleri analiz edilip gözlenmiştir. Mardin Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü kontrollüğündeki tesisin deşarj limitleri 08.01.2006 tarih 26047 sayılı Kentsel Atıksu Arıtım Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Atıksu kirletici parametreleri ve tesis performansı bu yönetmelik ve proje raporundaki hedefler baz alınarak yapılmıştır. Kızıltepe İleri Atıksu Arıtım Tesisi'nin giriş ve

çıkış sularından 2018 yılının Eylül ayından 2019 yılının Nisan ayına kadar günlük alınan 24 saatlik kompozit numuneler analiz edilmiş olup günlük yapılan analiz sonuçlarının aylık ortalama değeri alınarak verimliliği gözlenmiştir. TN, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve TP için aylık ortalama değerler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

3.1. Toplam Azot (TN) Arıtım Verimi

Çizelge 3. Arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu TN konsantrasyonları

Tarih	Giriş TN değeri (mg/L)	Çıkış TN değeri (mg/L)	Verimlilik (%)	Deşarj Limit Değeri (mg/L)	Min. Arıtma Verimi (%)
Eylül 2018	63.99	7.31	88.12	10	70
Ekim 2018	75.24	6.48	90.99	10	70
Kasım 2018	48.77	9.98	79.49	10	70
Aralık 2018	46.74	9.36	80.05	10	70
Ocak 2019	49.32	13.46	72.47	10	70
Şubat 2019	52.53	13.38	73.09	10	70
Mart 2019	54.60	10.25	80.88	10	70
Nisan 2019	59.35	12.86	77.95	10	70
Ortalama	56.32	10.39	80.38	10	70

Çizelge 3 incelendiğinde, çıkış suyu TN konsantrasyonlarının deşarj limiti olan 10 mg/L'nin Eylül 2018, Ekim 2018, Kasım 2018 ve Aralık 2018 aylarındaki ortalama değerinin altında kaldığı görülmektedir. Ocak 2019, Şubat 2019, Mart 2019 ve Nisan 2019 aylarındaki ortalama değer deşarj limitini sağlamadığı görülmektedir. Deşarj limitini aşması iki nedene bağlanmaktadır. Birinci neden, giriş toplam azot miktarının dizayn kriteri olan 42 mg/L'yi aşması, ikinci neden ise, nitrifikasyonun gerçekleşmemesinden kaynaklı çıkış azotunun deşarj limitini aşması olarak gözlenmektedir. Toplam azot 10 mg/L deşarj limit sınırını sağlamadığı zaman nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve amonyum azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) analizleri yapılmaktadır. Bu analizler nezdinde toplam azotun yükselmesinin nedenleri bulunmaktadır. Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve amonyum azotunu ($\text{NH}_4\text{-N}$) atıksu arıtım tesisinin çıkış suyundan numune alınarak analizleri değerlendirilip detaylandırılmaktadır.

TN giriş değerinin en yüksek olduğu ay 75.24 mg/L ile Ekim 2018 en düşük olduğu ay ise 46.74 mg/L ile Aralık 2018, TN çıkış değerinin en yüksek olduğu ay 13.46 mg/L ile Ocak 2019 en düşük olduğu ay ise 6.48 mg/L ile Ekim 2018 olarak ölçülmüştür. 8 aylık ortalama TN giriş konsantrasyonu 56.32 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 10.39 mg/L'dir.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre TN parametresi için minimum arıtma verimi %70 olmalıdır. 8 aylık ortalama TN verimliliği %80.38'dir. TN verimliliğinin en düşük olduğu ay %72.47 ile Kasım 2018 en yüksek olduğu ay ise %90.99 ile Ekim 2018 olarak hesaplanmıştır. 8 ay boyunca TN giderim veriminin yönetmeliğe uygun olduğu görülmektedir.

Ocak 2014 - Haziran 2015 tarihleri arasında Taşkoprü Atıksu Arıtma Tesisi'nin giriş ve çıkış sularından alınan 2 saatlik kompozit numuneler ile TN verimlilik analizleri yapılmıştır [7]. 18 ay boyunca yapılan analizlerin aylık ortalamalarının TN giriş değerleri maximum 69 mg/L, minimum 18.5 mg/L ve ortalama 40.7 mg/L değerlerini bulmuştur. TN çıkış suyundan alınan numune değerleri ise maximum 21.7 mg/L, minimum 1.56 mg/L ve ortalama 9 mg/L değerlerini bulmuştur. Bu analizlere göre 18 aylık TN giderim verimi; minimum %36, maximum %97.2 ve ortalama %76.4'dir. Yapılan çalışmanın deşarj limitinin altında olduğunu göstermekte olup

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinin deşarj limitine uygunluğunu gözlemlemiştir. Deşarj standartlarının sağlanmadığı aylarda neden olarak sıcaklığın düşük olmasıyla açıklamıştır. Minimum verimin hesaplandığı Ağustos ayındaki %36'lık verimin nedeni ise kirlilik yükünün düşük olması ile açıklanmıştır. Kış aylarında verimin düşük olmasının nedeni olarak ise denitrifikasyon prosesi için gerekli alıkonma süresi gösterilmektedir.

3.2. Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$) Arıtım Verimi

Çizelge 4. Çıkış suyu $\text{NH}_4\text{-N}$ konsantrasyonları

Tarih	Çıkış TN değeri (mg/L)	Çıkış $\text{NH}_4\text{-N}$ değeri (mg/L)	Deşarj Limit Değeri (mg/L)
Kasım 2018	13.00	7.61	0.5
Aralık 2018	13.06	7.76	0.5
Ocak 2019	16.88	10.97	0.5
Şubat 2019	14.90	9.45	0.5
Mart 2019	11.62	6.64	0.5
Nisan 2019	13.94	6.53	0.5
Ortalama	13.90	8.16	0.5

Çıkış toplam azotun 10 mg/L'yi aşması durumunda amonyum azotu ve nitrat azotu analizleri yapılmıştır. Çizelge 4'te toplam azotun 10 mg/L'yi aştığı günlerdeki bir aylık ortalaması alınmıştır. Buna karşılık toplam azotun deşarj limitini aştığı günlerde amonyum azotunun analizlerinin aylık ortalaması da verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde amonyum azotunun deşarj limiti olan 0.5 mg/L'yi aştığı gözlenmiştir. Bu durum nitrifikasyonun tamamen gerçekleşmemesinden kaynaklanmaktadır. Nitrifikasyon mevcut amonyum iyonlarını nitrosomonas ve nitrosococcus bakterisi türleri tarafından oksitlenerek önce nitrit (NO_2) sonra nitrate (NO_3) daha sonra nitrat içindeki oksijen bakterileri tarafından anoksit koşullarda N_2 gazına dönüştürmektedir.

3.3. Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) Arıtım Verimi

Çizelge 5. Çıkış suyu $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonları

Tarih	Çıkış TN değeri (mg/L)	Çıkış $\text{NO}_3\text{-N}$ değeri (mg/L)	Deşarj Limit Değeri (mg/L)
Kasım 2018	13.00	4.18	5.0
Aralık 2018	13.06	4.06	5.0
Ocak 2019	16.88	4.53	5.0
Şubat 2019	14.90	4.11	5.0
Mart 2019	11.62	3.82	5.0
Nisan 2019	13.94	3.55	5.0
Ortalama	13.90	4.04	5.0

Çizelge 5'te toplam azotun 10 mg/L'yi aştığı günlerdeki bir aylık ortalaması alınmıştır. Buna karşılık toplam azotun deşarj limitini aştığı günlerdeki nitrat azotunun analizlerinin aylık ortalaması da verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinden nitrat azotunun deşarj limiti olan 5.0 mg/L'yi aşmadığı gözlenmiştir.

Nitrat azotunun ($\text{NO}_3\text{-N}$) 5.0 mg/L'yi aştığının gözlemlenmesi; havalandırma havuzundaki oksijen miktarının yükseldiğinin göstergesidir. Oksijen miktarının yüksek olması durumunda bakteriler nitrat (NO_3) iyonu içindeki oksijeni tüketmek yerine suda bulunan serbest oksijeni tüketecektir. Nitrat azotunun 5.0 mg/L'yi aşması durumunda havalandırma havuzuna oksijen veren blowerların herzi düşürülmelidir.

3.4. Toplam Fosfor (TP) Arıtım Verimi

Çizelge 6. Arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu TP konsantrasyonları

Tarih	Giriş TP değeri (mg/L)	Çıkış TP değeri (mg/L)	Verimlilik (%)	Deşarj Limit Değeri (mg/L)	Min. Arıtma Verimi (%)
Eylül 2018	15.71	3.01	78.75	1	80
Ekim 2018	15.59	3.18	78.45	1	80
Kasım 2018	12.68	3.82	67.75	1	80
Aralık 2018	5.97	2.60	53.36	1	80
Ocak 2019	10.30	2.58	69.19	1	80
Şubat 2019	15.51	3.55	75.61	1	80
Mart 2019	20.53	3.33	83.09	1	80
Nisan 2019	19.52	3.81	74.46	1	80
Ortalama	14.48	3.24	72.58	1	80

Çizelge 6 incelendiğinde, çıkış suyu TP konsantrasyonlarının 8 ay boyunca deşarj limiti olan 1 mg/L'nin üstünde kaldığı görülmektedir. TP çıkış suyu konsantrasyonlarının Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği deşarj limitine uygun olmadığı gözlenmiştir. Deşarj limitini sağlamamasının 3 ana temel nedeni vardır; birinci neden tesise gelen giriş yüklerinde fosfor miktarının dizayn kriteri olan 9 mg/L çok üstünden olması bununda nedeni tarımsal alanlarda kullanılan gübrenin içinde bulunan fosforun yağmur sularıyla yıkanarak tesise ulaşması, ikinci neden yetersiz demir 3 klorür kullanımı, üçüncü neden ise azalan oksijenle çökeltme havuzunda anaerobik ortam oluşumundan bakteriler bünyelerindeki fosforu suyu salmalarından dolayı giderim sağlanamamasıdır.

TP giriş değerinin en yüksek olduğu ay 20.53 mg/L ile Mart 2019 en düşük olduğu ay ise 5.97 mg/L ile Aralık 2018, TP çıkış değerinin en yüksek olduğu ay 3.82 mg/L ile Kasım 2018 en düşük olduğu ay ise 2.58 mg/L ile Ocak 2019 olarak ölçülmüştür. 8 aylık ortalama TP giriş konsantrasyonu 14.48 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 3.24 mg/L'dir.

2018 yılının Eylül ayından 2019 yılının Nisan ayına kadar Kızıltepe İleri Atıksu Arıtma Tesisi'nin TP giderim verimindeki değişim ve hedeflenen arıtma verimi gösterilmektedir. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre TP parametresi için minimum arıtma verimi %80 olmalıdır. Çizelge 6 incelendiğinde 8 ay boyunca TP giderim veriminin yeterince demir 3 klorür kullanılmadığı için Mart ayı dışında yönetmeliğe uygun olmadığı görülmektedir. Mart ayında tesis giriş yüklerinin yüksek olmasından dolayı arıtım verimini sağladığı, deşarj limitini ise sağlamadığı görülmektedir.

Ocak 2014 - Haziran 2015 tarihleri arasında Taşköprü Atıksu Arıtma Tesisi'nin giriş ve çıkış sularından alınan 2 saatlik kompozit numuneler ile TP verimlilik analizleri yapılmıştır [7]. 18 ay boyunca yapılan analizlerin aylık ortalamalarının TP giriş değerleri maximum 17.48 mg/L, minimum 1.78 mg/L ve ortalama 4.8 mg/L değerlerini bulmuştur. TP çıkış suyundan alınan numune değerleri ise maximum 2.31 mg/L, minimum 0.10 mg/L ve ortalama 1.2 mg/L

değerlerini bulmuştur. Bu analizlere göre 18 aylık TP giderim verimi; minimum %13.2, maximum %98.4 ve ortalama %66'dır. Toplam fosforun deşarj standartlarını sağlamadığını iki nedenle açıklamıştır. Birinci neden; hesaplanan proje kirlilik yükü ile tesis giriş yüklerinin arasında fark olması, projede hesaplanan kirlilik yüküne yakın değerler bulunduğunda giderim veriminin standartını sağladığını öngörmüştür. Toplam fosfor kirlilik yükünün 18 aylık ortalama projeye kirlilik yükünün altında kaldığı için artım verimini sağlamadığını belirtmiştir. İkinci neden ise; giriş suyundaki besi maddelerinin düşük olması ile aktif çamur sistemindeki besi maddelerini tüketen bakteriler birbirini tüketmeye başlayarak oksijen tüketimi artmaktadır. Azalan oksijenle çökeltme havuzunda anaerobik ortam oluşumundan bakteriler bünyelerindeki fosforu suyu salmalarından dolayı giderim verimini sağlamadığını belirtmiştir.

“Mevcut Atıksu Arıtma Tesislerinin Fosfor Giderimi İçin Rehabilitasyonunda Seçeneklerin Değerlendirilmesi” tez konulu çalışmada; 10 farklı atıksu arıtım tesisinde mevsimsel olarak TP verimini gözlenmiştir [8]. En düşük verimlilik genel olarak kış aylarında yaşanmış olup en düşük verim İzmir-Çiğli atıksu arıtım tesisinde %36 olarak gözlenmiştir. İzmir-Çiğli AAT'de verimin düşük olmasının sebebi olarak anaerobik tanka nitrat girişimi ve dizayn değerlerinin üzerinde TP girişi gösterilmektedir. En yüksek verim ise genel olarak sonbahar aylarında yaşanmış olup en yüksek verim Kayseri atıksu arıtım tesisinde %93 olarak gözlenmiştir.

4. SONUÇ

TN parametresinin 8 aylık ortalama giriş değeri 56.32 mg/L çıkış değeri ise 10.39 mg/L'dir. 8 aylık ortalama TN konsantrasyonunun verimliliği %80.38 olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, TN parametresi bazı aylar da deşarj limitini sağladığı görülmektedir. TN parametresinin Eylül 2018, Ekim 2018, Kasım 2018 ve Aralık 2018 aylarındaki ortalama deşarj limiti olan 10 mg/L'nin altında kaldığından tesisin işletiminde herhangi bir sorun görülmemektedir. Ocak 2019, Şubat 2019, Mart 2019 ve Nisan 2019 aylarındaki ortalama deşarj limitini sağlamadığı görülmektedir. Deşarj limitini aşması iki nedene bağlanmaktadır. Birinci neden, giriş toplam azot miktarının dizayn kriteri olan 42 mg/L'yi aşması, ikinci neden ise, nitrifikasyonun gerçekleşmemesinden kaynaklı çıkış azotunun deşarj limitini aşması olarak gözlenmektedir. Toplam azot 10 mg/L deşarj limit sınırını sağlamadığı zaman ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve ($\text{NH}_4\text{-N}$) analizleri yapılmaktadır.

Çıkış toplam azotun 10 mg/L'yi aşması durumunda amonyum azotu ve nitrat azotu analizleri yapılmıştır. Kasım 2018, Aralık 2018, Ocak 2019, Şubat 2019, Mart 2019 ve Nisan 2019 bu aylar da çıkış toplam azotu 10 mg/L'yi aşmıştır. Bu ayların çıkış toplam azot ortalaması 13.90 mg/L, çıkış amonyum azot miktarı 8.16 mg/L ve çıkış nitrat azotu 4.04 mg/L olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre, amonyum azotunun deşarj limiti olan 0,5 mg/L değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Amonyum azotunun yüksek olması nitrifikasyonun tamamen gerçekleşemediğinin göstergesidir. Nitrifikasyonun gerçekleşmemesinin en büyük nedeni oksijen miktarının yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Oksijenin az olması durumunda amonyum büyük oranda oksitlenip nitrate (NO_3) dönüşmemektedir. Havalandırma havuzuna oksijen veren blowerların herzi artırılmalı, yetersiz kalması halinde ikinci blower devreye alınarak uygun oksijen ile nitrifikasyonun oluşumunu sağlayıp azot giderimi

gerçekleştirilmelidir. Nitrat azotunun ise deşarj limiti olan 5 mg/L'yi aşmadığı gözlenmiştir. Nitrat parametresi açısından tesisin işletiminde herhangi bir sorun görülmemektedir.

TP parametresinin 8 aylık ortalama giriş değeri 14.48 mg/L çıkış değeri ise 3.24 mg/L'dir. 8 aylık ortalama TP konsantrasyonunun verimliliği %72.58 olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre, TP çıkış suyu konsantrasyonlarının Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği deşarj limitine uygun olmadığı gözlenmiştir. Deşarj limitini sağlamamasının 3 ana temel nedeni vardır; birinci neden tesise gelen giriş yüklerinde fosfor miktarının dizayn kriteri olan 9 mg/L çok üstünden olması, bunun da nedeni tarımsal alanlarda kullanılan gübrenin içinde bulunan fosforun yağmur sularıyla yıkanarak tesise ulaşması, ikinci neden yetersiz demir 3 klorür kullanımı, üçüncü neden ise azalan oksijenle çökeltme havuzunda anaerobik ortam oluştuğundan bakterilerin bünyelerindeki fosforu suya salmalarından dolayı giderim sağlanamamasıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Yıldırım, A.K. *Evsel atıksu arıtma tesislerinde debi-maliyet ilişkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
- [2] Meral, R., Cavadzade F. *Atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi*, Kerem Çevre, Bakü, 2013.
- [3] Kurt, U. *Fenton ve elektrokimyasal yöntemlerle evsel atıksuların arıtılabilirliğinin araştırılması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [4] Sinan, R.K. *Evsel atıksu arıtma tesislerinde ön arıtım ve biyolojik arıtım çıkış parametrelerinin YSA ile tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010.
- [5] Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U. *Atıksu arıtımının esasları evsel, endüstriyel atıksu arıtımı ve arıtma çamurlarının kontrolü*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2006.
- [6] Torun, F. *Türkiye'deki kentsel atıksu arıtma tesisleri envanteri*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2011.
- [7] Şama, A. *Taşköprü (Kastamonu) atıksu arıtma tesisi için proje aşamasında öngörülen ve mevcut durumda sağlanan verimin sürekliliğinin karşılaştırılması*, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, 2017.
- [8] Doğan, F. *Mevcut atıksu arıtma tesislerinin fosfor giderimi için rehabilitasyonunda seçeneklerin değerlendirilmesi*, Çevre ve Orman Uzmanlık Tezi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2009.

BALIK YEMLERİNDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ**Gökhan ARSLAN ¹**¹ Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 0000-0002-8634-8598**ÖZET**

Artan Dünya nüfusu beraberinde gıda kaynaklarına olan talebinde artmasına sebep olmaktadır. Uzmanlar yakın bir gelecekte artan dünya nüfusunu sağlıklı bir şekilde besleyebilmek için mevcut gıda kaynaklarının iki katına çıkması gerektiğini düşünmektedir. Bu durum şüphesiz sağlıklı beslenme açısından son derece önemlidir. Artan dünya nüfusunu sağlıklı bir şekilde besleyebilmek için alternatif gıda kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu anlamda su ürünleri önemli bir potansiyele sahiptir. İnsan sağlığına olumlu etkisi ve dünya genelindeki bulunabilme potansiyeli ile su ürünleri ihtiyaca cevap verebilecek önemli bir gıda kaynağıdır. Bu ihtiyacı sağlıklı bir şekilde karşılayabilmek için su ürünleri yetiştiriciliğinde besleme, bakım, genetik yapı gibi faktörlerin yanında verimi arttırmak amacıyla yem katkı maddeleri de kullanılmaktadır. Ancak kullanılan antibiyotikler, kimyasallar ve benzeri katkı maddeleri insan sağlığı açısından istenmeyen bir durumdur. Bu sebeple kullanılan yem katkı maddelerinin insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaması gerekmektedir. Verimi arttırmaya yönelik, hastalıklarla mücadeleye yönelik, vb. kullanılan yem katkı maddelerinin kullanımını sonrasında insan sağlığına, çevreye zarar vermeyecek maddelerden oluşması sürdürülebilirlik açısından önemli bir durumdur. Özellikle son yıllarda tarım ve hayvancılık alanında yapılan çalışmalar organik madde kullanımlarının insan sağlığına zarar vermediği, bunun yanında verimi önemli oranlarda arttırdığı şeklindedir. Benzer sonuçlar su ürünleri yetiştiriciliği içinde söz konusudur. Su ürünleri yetiştiriciliğinde de kimyasallar katkı maddelerine alternatif olarak deniz yosunları, probiyotikler, bakteri bileşikleri, enzimler, bitki ekstraktları gibi birçok madde kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Özellikle çiftlik yetiştiricilik sistemlerinde verimi arttırmak, hastalıklara karşı dayanıklı olabilmesi, yetiştiricilik sisteminden kaynaklı ölümleri en aza indirebilmek, su ürünleri yetiştiriciliğinin çevreye verdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmak ve yetiştiricilik sistemlerini ekonomik anlamda iyi bir seviyeye getirmek için çeşitli bitkisel ve hayvansal içerikli yem katkı maddeleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su Ürünleri, Yem Katkı Maddeleri, Balık Yemleri

ADDITIVES USED IN FISH FEEDING**ABSTRACT**

The increasing world population causes an increase in the demand for food resources. Experts think that in order to feed the increasing world population in the near future, the available food resources should be doubled. This is undoubtedly very important in terms of healthy nutrition. In order to feed the increasing world population in a healthy way, alternative food sources are needed. In this sense, aquaculture has an important potential. Aquaculture is an important food source that can meet the needs with its positive effect on human health and its global availability. In order to meet this need in a healthy way, feed additives are also used in aquaculture in order to increase efficiency in addition to factors such as feeding, maintenance and genetic structure. However, the antibiotics, chemicals and similar additives used are undesirable for human health. For this reason, the feed additives used should not have negative consequences for human health.. It is an important for sustainability that the feed additives used for increasing efficiency, for fighting diseases, etc are composed of substances that will not harm human health and the environment after their use. Especially in recent years, studies in the field of agriculture and animal husbandry show that the use of organic materials does not harm human health, but also increases productivity significantly. Similar results exist for aquaculture. In aquaculture, many substances such as seaweed, probiotics, bacterial compounds, enzymes, plant extracts have been used as an alternative to chemicals additives and positive results have been obtained. Various herbal and animal based feed additives have been used, especially in farm raising systems, to increase productivity, prevent diseases, to minimize deaths caused by the aquaculture system, to eliminate the negative effects of aquaculture on the environment and to bring the aquaculture systems to a good level economically.

Keywords: Aquaculture, Feed Additives, Fish Feeding

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, gıda maddelerine olan ihtiyacında artmasını beraberinde getirmektedir. Konuyla ilgili uzmanlar 2050’li yıllarında artan dünya nüfusunun yeterli ve dengeli beslenebilmesi için mevcut gıda üretiminin iki katına çıkarılması gerektiğini öngörmektedirler. Artan gıda ihtiyacına su ürünleri büyük oranda cevap verebilecek potansiyele sahiptir (Arslan, 2017). Bu gıda ihtiyacına sağlıklı bir şekilde cevap verebilmek için su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde bakım, beslenme, ıslah, gibi faktörlerin yanında özellikle verimi arttırmaya yönelik yem katkı maddeleri, antibiyotikler, iyonoforlar, hormon etkisine sahip büyüme ajanları gibi maddelerin kullanımı önemli bir durumdur (Kaya & ark., 1997).

Kullanılan kimyasallar, antibiyotik ve benzeri katkı maddeleri insan sağlığı açısından istenmeyen etkilere sebebiyet vereceğinden dolayı önemli bir sorundur (Harikrishnan & ark., 2011). Çeşitli sebeplerden dolayı kullanılan kimyasal maddeler ve antibiyotikler ekosistem ve canlılar açısından istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Yıldırım ve Okumuş, 2004). Ayrıca antibiyotik kullanımı zararlı organizmaların ölümünün yanında sağlık açısından yararı olan organizmalarında ölümüne sebep olmaktadır (Sarica, 1999). Bütün bu sebeplerden dolayı üretimi arttırmak, hastalıklarla mücadele etmek amacıyla kullanılan katkı maddeleri organik ürünler ya da kullanımı sonucunda sağlık açısından olumsuzluklara sebebiyet vermeyen maddelerden seçilmesine özellikle son zamanlarda ağırlık verilmiştir. Son yıllarda tarım ve hayvancılık alanında yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar vermiştir. Günümüz su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde de bu problemler dikkate alınarak kullanılan yem katkı maddelerinin organik olmasına ve kullanımı sonrası olumsuz sonuçlar vermemesine özen gösterilmektedir. Bu anlamda kimyasal kullanımına alternatif olarak deniz yosunları, probiyotikler, bakteri bileşikleri, enzimler, bitki ekstraktları gibi birçok madde kullanımına ağırlık verilmiştir (Bagni ve ark., 2005; Bonaldo ve ark., 2007). Bütün bu nedenlerden dolayı son yıllarda gıda sektörünün tamamında olduğu gibi su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde de organik katkı maddelerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle çiftlik yetiştiricilik sistemlerinde verimi arttırmak, hastalıklarla mücadele etmek, yetiştiricilik sistemlerinden kaynaklı ölümleri en aza indirmek ve su ürünleri yetiştiriciliğinin çevreyle etkileşimini olumlu bir hale getirmek için çeşitli bitkisel ve hayvansal içerikli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır.

2. YEM KATKI MADDELERİNİN KULLANIM AMAÇLARI

Yem katkı maddelerinin kullanımı öncelikle kullanımı düşünülen balık türüne ve yetiştiricilik sistemine göre değerlendirilmektedir. Bununla beraber kullanım amacı da son derece önemlidir yem katkı maddeleri olumsuz durumların giderilmesi veya daha olumlu sonuçların elde edilmesi için kullanılmaktadır bu anlamda ağırlıklı olarak yem katkı maddeleri aşağıdaki maddeler doğrultusunda kullanılmaktadır.

1. Verimi arttırmak.
2. Bağışıklık sistemini güçlendirmek.
3. Çevre Etkisi
4. Ekonomik fayda

2.1. VERİMİ ARTTIRMAK

Su ürünleri yetiştiriciliğinde maliyetlerin önemli bir bölümünü yemler oluşturmaktadır. Bu durum yetiştiriciliği yapılan bütün türler için geçerlidir. İşletme maliyetleri bakımından yem maliyeti birinci sırada yer almaktadır. Bu nedenle yetiştiricilik sistemlerinde verimi arttırmak için minimum maliyetle maksimum fayda amaçlanmıştır. Yetiştiriciliği yapılan türün yem değerlendirme oranı ve canlı ağırlık artışının olumlu bir şekilde gerçekleşmesi yetiştiricilik açısından son derece önemli bir durumdur. Genel olarak balıklara optimum düzeyin altında yem verilmesi canlı ağırlık artışında gerilemeye sebep olacaktır. Fazla yem verilmesi durumunda ise arzu edilmeyen bir yem değerlendirme olacak ve ekonomik olarak yüksek maliyetlerin ortaya çıkması söz konusu olacaktır (Çelikkale, 1994). Bu nedenlerden dolayı balık yemlerine belirli oranlarda yem katkı maddelerinin ilave edilmesi söz konusudur. Özellikle yem değerlendirme oranını istenilen düzeyde tutabilmek ve canlı ağırlık artışını maksimum seviyeye çıkartabilmek için balık yemlerine ilave katkı maddeleri eklenerek yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Yousefi, Hoseinifar, Paknejad & Hajimoradloo, 2018; Yılmaz & ark., 2018; Yıldırım & ark. 2009).

2.2. BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNİ GÜÇLENDİRMEK.

Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde çeşitli nedenlerden dolayı balıklar strese girmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar bu ve benzeri olumsuz durumların etkilerini an aza indirmek ve balıkların stresten sağlıklı bir şekilde kurtulabilmeleri için bağışıklık sistemlerinin güçlü olmasının son derece önemli olduğu yönündedir. Bu nedenle bağışıklık sistemlerine olumlu etkisi olan yem katkı maddelerinin kullanımı hastalıklarla mücadele için önemli bir durumdur. Balık beslemede kullanılan yem katkı maddeleri balıkların bağışıklık sistemlerine, antioksidan enzim seviyelerine ve kan parametrelerine olumlu etkiler yaptığına dair çalışmalar yapılmıştır (Arslan, Sönmez & Yanık, 2018; Karabulut & ark., 2016; Sahu & ark., 2007; Awad & ark., 2013). Bu nedenle yetiştiricilik sistemlerinde kullanılan yem katkı maddeleri balıkların bağışıklık sistemlerine ve antioksidan enzimlerine olumlu etkileri yetiştiricilik için son derece önemlidir. Özellikle yavru dönemlerinde yemlere ilave edilen katkı maddelerinin hastalıklara karşı direncin artmasına sebep olduğu yönündedir (Shiu & ark. 2016).

2.3. ÇEVRE ETKİSİ.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde çevre son derece önemlidir. Yetiştiricilik faaliyetleri çevreyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle balık yemlerinin çevreye zarar vermemesine dikkat edilmelidir. Kullanılan yemlerin atıkları çevreye zarar vermemelidir, bu nedenle yem katkı maddeleri de bu anlamda düşünülmelidir. Sürdürülebilir yetiştiricilik sistemleri açısından bu ilişkiye dikkat edilmelidir. Entansif yetiştiricilikte besleme amaçlı verilen yem partikül halinde ortamda birikmeye başlar ve devam eden süreçte biyokimyasal oksijen ihtiyacı artar ve ortamdaki nitrat ve fosfatı yükseltir. Solungaçlarda süzülen toplam nitrojen ve karbon suya geri verilir (White, 2013). Yem katkı maddeleri bu olumsuz durumları ortadan kaldırmaya yönelik kullanılmalı ve atıkların çevreye zarar vermemesi amaçlanmalıdır.

2.4. EKONOMİK FAYDA

Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde maliyetlerin büyük bir bölümünü yem giderleri oluşturmaktadır. Yem giderleri toplam maliyet içerisinde %50-60 gibi önemli bir paya sahiptir. Bu durum yetiştiricilik sistemlerinin ekonomisi açısından son derece önemli bir durumdur. Yem masraflarının düşürülmesi ya da yem değerlendirme oranlarının ekonomik bir seviyeye çekilmesi ve canlı ağırlık artışının maksimum seviyede olması şüphesiz yetiştiricilik sistemleri için arzu edilen bir durumdur. Bu nedenle yapılan çalışmalar belirli oranlarda yemlere ilave edilen katkı maddelerinin canlı ağırlık artışını önemli derecede arttırdığı yönündedir (Ahmad & ark., 2011; 2017; Amin & ark., 2019). Yem maliyetlerinin düşmesi yetiştiricilik sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından da önemli bir durumdur. Kullanılan yem katkı maddeleri yem maliyetini düşürmesi genel anlamda ekonomik bir faydaya dönüşecektir.

3. YEM KATKI MADDELERİNİN KULLANIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde ve genel anlamda gıda maddeleri üretiminde kullanımı her geçen gün artarak yapılan yem katkı maddeleri yem kullanımını belirli ölçülerde garanti altına almak, bağışıklık sistemini güçlendirmek, sindirimi kolaylaştırmak, hastalıklara karşı güçlü bağışıklık sistemini oluşturmak, hızlı büyümenin gerçekleşmesini sağlamak gibi çeşitli sebeplerle kullanılmaktadır. Bu kullanımların hepsinde muhakkak suretle dikkat edilmesi

gereken önemli hususlar söz konusudur (Arslan, 2020). Genel olarak yem katkı maddelerinin kullanımında dikkat edilmesi gereken maddeler;

1. İnsan ve hayvan sağlığı açısından olumsuz sonuçlara sebebiyet vermemeli, toksin ve kanser yapıcı maddeler barındırmamalıdır.
2. Katkı maddesinin özellikleri, kullanımı düşünülen türün özellikleri iyi bilinmelidir.
3. Ölçülebilir olmalıdır. (Kullanım miktarı ve tüketim miktarı)
4. Kolay bulunan, ekonomik, ürünler olmalı, kullanımı sonrası çevreye zarar vermemelidir.
5. Diğer katkı maddeleriyle etkileşimi sonucunda olumsuz sonuçlar vermemelidir.
6. Kullanım şekli açısından olumlu sonuçlar vermelidir.
7. Sonuçları ölçülebilir olmalıdır.
8. Etkinliği ve miktarı belirlenmiş olmalıdır.
9. Hayvansal ürünün bileşimini bozmamalıdır.
10. Kullanılacak doz hesap edilmeli ve sonuçlar bu değer üzerinden değerlendirilmelidir.
11. Beslenme sisteminde kullanılan araç ve ekipmanlara zarar vermemelidir.
12. Kullanımı sonrası kullanılan amaca yönelik olumlu sonuçlar vermelidir.

4. SONUÇ

Su ürünleri sektörü artan dünya nüfusunu sağlıklı bir şekilde besleyebilecek önemli bir potansiyele sahiptir. Yapılan çalışmalar artan dünya nüfusu ve azalan gıda kaynakları neticesinde beslenme açısından alternatif gıda kaynaklarının gereksinimine işaret etmektedir. Özellikle insan sağlığı açısından sağlamış olduğu olumlu katkılar ve mevcut potansiyeli ile su ürünleri son derece önemli bir gıda maddesidir. Mevcut durum dikkate alındığında su ürünleri yetiştiriciliği için yem katkı maddeleri, potansiyelin kullanımında ve sürdürülebilirliğinde önemli bir faktördür. Yemin içeriği balık beslemede son derece önemlidir. Yapılan bir çalışmada balık yemlerindeki protein miktarının balık beslemede son derece önemli olduğu yönündedir. Yüksek düzeyde protein içeren yemlerle beslenen balıkların proteinin bir kısmını enerji sağlamak için kullandıkları rapor edilmiştir (Akyurt, 1993). Yemlerdeki protein miktarının düşüklüğünde ise balıklarda gelişim bozuklukları ortaya çıkmaktadır. Diğer hayvanlarla mukayese edildiğinde balıkların protein kullanımının daha iyi olduğu bildirilmiştir (Hoşsu & Korkut, 2001). Bu nedenle balık yemlerinin içeriği son derece önemli bir konudur. Yem katkı maddeleri ise yemin içeriği, balıkların canlı ağırlık artışı, bağışıklık sistemleri, sindirim sistemleri gibi pek çok parametreyle birlikte değerlendirilerek kullanılmalıdır. Yem katkı maddelerin kullanımı balıkların yemlerden azami oranda faydalanmalarına, yetiştiricilik sistemi için arzu edilmeyen hastalıkların tedavisinde, bağışıklık sistemi problemlerinin çözümünde, daha sağlıklı su ürünleri yetiştiriciliğinin yapılmasında kullanılan bir yöntemdir. Özellikle ekonomik ömrünü tamamlamış bitkisel ve hayvansal katkı maddelerinin yem katkı maddesi olarak kullanımı hem yetiştiriciliğin gelişmesi hem de bu atıkların ekonomiye dahil edilmesi açısından olumlu bir gelişmedir. Son yıllarda gıda üretiminin genelinde uygulanan ve olumlu sonuçlar alan bu yöntemin su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerine pozitif fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Ahmad and Abdel-Tawwab, 2011 M.H. Ahmad, M. Abdel-Tawwab The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings.

Akyurt, U., 1993. *Balık besleme*. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notlar? No: 156, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum, 220 s.

Amin et al., 2019 A. Amin, A. El Asely, A.S.A. El-Naby, F. Samir, A. El-Ashram, R. Sudhakaran, M.A.O. Dawood Growth performance, intestinal histomorphology and growth-related gene expression in response to dietary *Ziziphus mauritiana* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Aquaculture (2019), Article 734301, [10.1016/j.aquaculture.2019.734301](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734301)

Arslan, G. 2017. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yavru Yemlerine Farklı Oranlarda İlave Edilen Üzüm Çekirdeği Yağının (*Vitis vinifera*) Büyüme, Yaşama Gücü, Yağ Asidi Profili, Antioksidan Enzim Düzeyleri ve Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erzurum.

Arslan, G., 2020 Ziraat, Orman Ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar, Balık Yemlerinde Kullanılan Yem Katkı Maddeleri Ve Etkileri, syf. 37-57, Gece Kitaplığı, Mart 2020 https://www.gecekitapligi.com/Webkontrol/uploads/Fck/ziraat_6.pdf.

Arslan, G., Sönmez, A. Y., & Yan k, T. (2018). Effects of grape *Vitis vinifera* seed oil supplementation on growth, survival, fatty acid profiles, antioxidant contents and blood parameters in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture research*,49(6), 2256- 2266.

Awad E, Austin D, Lyndon AR. [Effect of black cumin seed oil \(*Nigella sativa*\) and nettle extract \(Quercetin\) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* \(Walbaum\)](#). *Aquaculture* 2013; 388–391: 193-19.

Bagni M., Romano N., Finioia, M.G., Abelli, L., Scapigliati, G., Tiscar, P.G., Sarti, M. Ve Marino, G., (2005). Short- and Long-Term Effects of a Dietary Yeast B-Glucan (Macrogard) and Alginic Acid (Ergosan) Preparation on Immune Response in Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*), *Fish & Shellfish Immunology*, 18: 311-325.

Bonaldo, A., Thompson, K.D., Manfrin, A., Adams, A., Murano, E., Mordenti, A.L. ve Gatta, P.P., (2007). The Influence of Dietary β glucans on the Adaptive and Innate Immune Responses of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Vaccinated Against Vibriosis, *Italian Journal of Animatic Sciences*, 6: 151-164.

Çelikkale, M. S., 1994. İç su balıkları yetiştiriciliği. K.T.Ü. Sür. Den. Bil. Fak. Cilt I, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 419 s.

Harikrishnan, R., Kim, M.C., Kim, J.S., Balasundaramb, C., Heo, M.S., (2011). Immunomodulatory effect of probiotics enriched diets on *Uronema marinum* infected olive flounder, *Fish & Shellfish Immunology*, 30: 964-971.

HOŞSU, b. KORKUT, A. Y. Ve KOP, A. (2001) *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası*. 2. baskı. İzmir: E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayın.

- Karabulut, H., Kurtođlu, İ., Yüksek, T. & Osmanođlu, M.İ. (2016). Balık Yemlerinde Hayvansal Protein Kaynağı Olarak Solucan Ununun Kullanımı, Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 1(2), 64-69.
- Kaya, S., Pirinçci, İ. ve Bilgili, A., 1997, Pharmacology with Veterinary Application (in turkish). Cilt 2, Yayın Serisi No: 28, Ankara, s 259-267.
- [Sahu et al., 2007a](#) S. Sahu, B.K. Das, B.K. Mishra, J. Pradhan, N. Sarangi Effect of *Mangifera indica* kernel as a feed additive on immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* in *Labeo rohita* fingerlings Fish & Shellfish Immunology, 23 (2007), pp. 109-118.
- Sarıca, Ş., (1999). Kanatlı Hayvan Beslemede Probiyotik Kullanımı, Hayvansal Üretim, 39-40: 105-112.
- Shiu, H.-L. Lin, C.-C. Chi, S.-P. Yeh, C.-H. Liu Effects of hiramı lemon, *Citrus depressa Hayata*, leaf meal in diets on the immune response and disease resistance of juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (bloch), against *Aeromonas hydrophila* Fish. Shellfish Immunol., 55 (2016), pp. 332-338.
- Yıldırım, Ö., Okumuş, İ., (2004). Muđla İlinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Türkiye Su Ürünleri Yetiştiriciliğindeki Yeri, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 21(3-4): 361- 364. Sarıca, Ş., (1999). Kanatlı Hayvan Beslemede Probiyotik Kullanımı, Hayvansal Üretim, 39-40: 105-112.
- Yıldırım O, Ergün S, Yaman S, Turker A (2009) Effects of two seaweeds (*Ulva lactuca* and *Enteromorpha linza*) as a feed additive in diets on growth performance, feed utilization, and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Kafkas Univ Vet Fak Derg 15:455–460.
- Yılmaz, S., Ergun, S., Celik, E. S., & Yigit, M. (2018). Effects of dietary humic acid on growth performance, haemato-immunological and physiological responses and resistance of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* to *Yersinia ruckeri*. Aquaculture Research, 49(10), 3338–3348.
<https://doi.org/10.1111/are.13798>
- Yousefi, S., Hoseinifar, S. H., Paknejad, H., & Hajimoradloo, A. (2018). The effects of dietary supplement of galactooligosaccharide on innate immunity, immune related genes expression and growth performance in zebrafish (*Danio rerio*). Fish & Shellfish Immunology, 73, 192– 196.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.12.022>.

THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING METHODS ON DRYING EFFICIENCY IN BAY (*LAURUS NOBILIS L.*) LEAVES

Başak ÖNCEL ¹, Çağla ÖZBEK ²

¹ Toros University Vocational School Department of Food Technology, ORCID ID: 0000-0001-7372-0138

² Toros University Vocational School Department of Food Technology, ORCID ID: 0000-0002-3577-1599

ABSTRACT

Introduction: Bay (*Laurus nobilis L.*), one of the characteristic plants of the Mediterranean climate, is from the *Lauraceae* family and a characteristic type of the vegetation called maquis, which is unique to the Mediterranean climate. The main distribution area of bay plants is located in Asia Minor and the Mediterranean basin and this species is naturally present in all the coastline in Turkey. It spreads from Hatay to the Northeast Black Sea and grows in very humid environments. It is known that some compounds in bay leaves have the ability to absorb water from the air (hydrosynthesis) at a rate of 21 times their own mass. For these reasons, bay leaf is a plant with high moisture content. Drying process of bay leaf has great importance in terms of ensuring its longevity and preserving the chemical composition.

Material and Method: In this study, the moisture content and the drying efficiency changes on bay leaves under the specific drying conditions by applying of different drying methods were investigated. The bay leaves grown in Yaylica town of Samandag district of Hatay province in the Mediterranean Region were used for this purpose. The oven drying (30°C) and the infrared drying (100°C, 200°C, 300°C) methods were applied for drying the bay leaves. The moisture, the dry matter and the drying efficiency were calculated on the dried samples.

Result: It has been determined that the infrared drying is more advantageous than oven drying. As the temperature increases in the infrared drying, the amount of moisture that moves away increases and as a result, the drying duration is shortened. Additionally, it has been determined that it is superior to other method in terms of uniform distribution of product temperature during drying, less affected by environmental risks and obtaining better quality leaves without color loss. It has been demonstrated that the infrared drying is an alternative method for the dried bay leaf producers to obtain same quality products in higher amounts and in a shorter time.

Keywords: Daphne (*Laurus nobilis L.*), drying methods, moisture content, yield

1. INTRODUCTION

The role of the bay leaf which is one of the characteristic plants of Mediterranean climate has a quite great role on the human history of humanity. Bay leaf has been shown throughout the history as a symbol of fame, victory and peace [1].

The bay leaf (*Laurus nobilis L.*) which is a member of the *Lauraceae* family is an evergreen forest tree or shrub with yellow flowers that can grow 3-10 meters [2]. It is stated that it can reach 15-20 meters height under very suitable conditions in some of the resources. It

is a characteristic type of the vegetation called maquis unique to Mediterranean climate and it names the first zone (Lauretum) of the Mediterranean Region covering the coastline [3].

It has the distribution in the countries of; particularly in Turkey, Algeria, Belgium, Italy, France, Greece, Mexico, Morocco, Portugal, Spain, Albania, Romania etc. and Greek Islands in Aegean Sea. Apart from these all, its distribution areas; the eastern coasts of Libya, the west of Syria, Crimea and in short, almost the entire western Mediterranean basin. It is cultivated in Russia's Black Sea coasts, Georgia and Israel [4].

The bay leaves are also widely used in folk medicine to treat rheumatism, gastrointestinal and urinary problems [5].

It has also been determined that some compounds found in bay leaves are capable of absorbing water from the air at a rate of 21 times their own mass and so the bay leaf can absorb the moisture of the air (hydrocentesis) by means of them [6].

Drying is the removal of the moisture contained in the products by evaporating it up to a certain limit value depending on a certain purpose [7]. The method of preserving agricultural products by drying is one of the oldest preservation methods that man has learned from nature and has been applied since ancient times. There are different methods used during drying. Drying in the shade, drying in the microwave, the sun drying and the infrared drying can be given as instance [8].

The main purpose of drying is to extend its shelf life by decreasing the water activity value of the food to a certain value [9]. Thus, the microbial growth and the enzyme activity will be prevented by drying the product. The used parts of the Mediterranean bay leaf are its leaves and fruits. The dried bay leaves are often used directly in canned food, soup, fish and meat dishes as a kind of spice [10].

Today, there are many drying methods available, and they can be used for drying a product alone, and sometimes combinations of different methods give positive effects on the final product quality and drying economy [11]. The preferred drying methods can be diversified as shade drying, sun drying, microwave drying, freeze drying and infrared drying. The use of the infrared radiation technology in dehydrating foods has several advantages. These may include the reduction on the drying time, high energy efficiency, the final products at high quality, the uniform temperature in the product whilst drying and a reduction on the air flow requirement across the product [12].

In this study, the bay leaf plant was provided to be dried by using an infrared dryer and a drying oven and it was aimed to investigate the relationship inbetween the variation of moisture content rates of the bay leaves and their drying efficiency under different drying methods and drying conditions.

2. MATERIAL AND METHOD

In this research, bay leaves which were harvested from Yaylıca town of Samandağ district in Hatay province were dried by two different methods. For this purpose; oven drying and infrared drying methods were applied. Moisture content, dry matter amount and drying yield of bay leaves were analyzed while drying process.

In oven drying process, 50 pieces of bay leaves were placed shelves of the oven at 30°C. The moisture contents of bay leaves were recorded at 0th, 25th, 75th, 150th, 200th and 250th hours. The moisture contents and dry matter amounts of bay leaves were determined and the results

were expressed as a percentage. Drying yields were calculated on the basis of moisture content specified at Turkish Food Codex Spice Notification [13].

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Oven Drying

Oven drying process was carried out in three replications. The average separable moisture contents of bay leaves dried in oven at 30°C at different drying hours were given at Table 1.

Table 1. Separable Moisture Contents of Bay Leaves Dried in The Oven (30°C, n=3).

Time (Hour)	Separable Moisture Content (%)
0	11.04
25	29.34
75	33.72
150	38.88
200	43.25
250	44.31
280	44.31

As it could be seen from the Table 1, the separable moisture content of bay leaves became constant at the end of the 280 hours in oven drying. The initial dry matter amount was calculated as 88.96%. After 280 hours, 44.31% of the leaves moisture was separated and total dry matter was calculated as 55.69%. It was realized that the drying rate at first 25 hours was high and it decreased after this time. It became constant after 200th hour.

In a study conducted by Demir et al. (2004), bay leaves were dried in an oven at 60°C and under sunlight and examined the moisture content changes while drying process. Researchers calculated the moisture content of dried bay leaves as 10% and stated that drying in the oven was more advantageous [14].

3.2. Infrared Drying

Infrared drying process was carried out in three replications. The average separable moisture contents of bay leaves dried in infrared at 100°C, 200°C and 300°C drying air temperature and 6 Hz drying air velocities were given at Table 2.

As it could be seen from the Table 2, bay leaves were dried at the same times at different drying temperatures (100 °C, 200 °C, 300 °C) and the separable moisture rates in the samples were determined. It was determined that as the time increased, the removal of the moisture rate increased. The drying can be carried out at higher temperatures in the study however the drying process at higher temperatures may cause burns and quality losses in the samples.

Toğrul et al. (2005a) investigated the drying behavior of 0.5, 1.0 and 1.5 cm thick cubed mushrooms at different drying temperatures (50°C, 60°C and 80°C) in an infrared dryer in their study. They emphasized that when the temperature was increased from 50°C to 80°C, 0.5 cm, 1.0 cm and 1.5 cm slice thickness decreased by 170, 140, 104 minutes respectively in the drying time and the moisture content increased over time [15].

Table 2. Separable Moisture and Dry Matter Contents of Bay Leaves Dried by Infrared Drying (n=3)

Temperature	Time (Second)	Separable Moisture Content (%)	Dry Matter (%)
100°C	73	15.00	85.00
	63	14.30	85.70
200°C	73	38.37	61.63
	63	36.01	63.99
300°C	73	53.75	46.25
	63	42.65	57.35

Toğrul et al.(2005b) examined the drying kinetics of banana slices cut in four different thicknesses by drying them in an infrared dryer at temperatures of 50, 60, 70 and 80°C. Based on the experimental data, they found that the change in moisture content gradually decreased over time [16].

In a research that okra samples dried using infrared and oven, it was stated that drying with infrared contributed to the moisture content, color parameters and bioactive properties of the sample compared to the oven [17].

Nimmol et al. (2007) investigated the product quality specifications on drying kinetics by means of drying the banana slices in the dryers that have long wave and low pressurized infrared radiation in their studies. As a result of the experiments, the researchers found that the products dried in a long-wave infrared radiation dryer in a shorter time, and the quality of the banana slices dried by the low-pressurized infrared radiation dryer was better [18].

In our study, the same number of bay leaves were dried in infrared and oven under different conditions. However, drying by the infrared was completed in a shorter time than drying in the oven, and it was also found that the moisture rate that could be removed from the product was higher. Due to the wide market of dried bay leaves today, it would be useful to examine other quality specifications (nutritional value, chemical structure, etc.) of bay leaves dried by an advanced technology which is infrared.

3.3. Drying Yield

The drying yields of oven drying and infrared drying processes of bay leaves at different conditions were given at Figure 1.

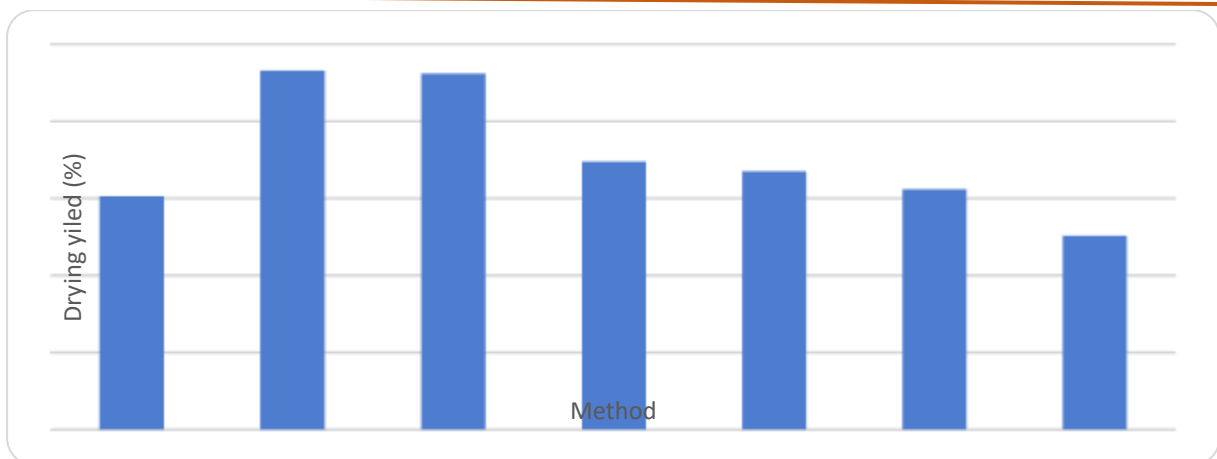


Figure 1. Drying Yield of Bay Leaves Dried by Infrared Drying and Oven Drying

As it could be seen from in Figure 1, it was observed that drying by the infrared was more effective in the yield in the analysis of the drying yield of the dried bay leaves samples. It was determined that the application, which had the greatest effect on the drying yield of the amount of the moisture separated from the samples, took place in 63 seconds at 100 °C drying air. The fact that there are not many resources about the drying yield of the bay leaves in the literature requires focusing on this subject.

Nathakaranakule et al. (2010) dried the longan fruit in the infrared radiation dryer. They stated that, the drying yield of the products increased as the increase in the power of infrared radiation heaters [19].

Hebbar et al. (2004) designed a dryer that works in combination with infrared and hot air for drying vegetables and examined its experimental performance. As a result of their experimental studies, they emphasized that the drying time decreased by 48% and the drying yield increased in the combined drying than the other methods at 80°C drying air temperature and 1 m/s drying air speed [20].

4. CONCLUSION

When the research is interpreted generally, it was determined that the infrared drying method was found more advantageous than the oven drying method. Separable moisture content increased while temperature increased by infrared drying and consequently the duration of drying process was decreased. In addition, it was determined that the infrared drying was superior to other methods in terms of uniform distribution of product temperature during drying, less affected by environmental risks and obtaining better quality leaves without loss of color. It has been demonstrated that drying with infrared could be an alternative method for dried bay leaf producers to obtain more and same quality products in a shorter time.

REFERENCES

- [1] Baytop, F., *Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)*, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları (İlaveli İkinci Baskı). Nobel Tıp Kitapevleri, 3-4,226. İstanbul, 1999.
- [2] Anonim, Hatay Defne Envanteri ve Üretim Planlaması (2013-2024), Hatay Valiliği, Eylül, 2012.
- [3] Baktır, İ., *Ağaçlar ve Çalılar*, Akdeniz Üniversitesi, Akdeniz Üniversitesi Basımevi, 39, Antalya, 1991.
- [4] Davis, P.,H., *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Edinburgh University Pres, Birmingham,1982.
- [5] Ali-Shtayeh, M.S., Yaniv, Z., and Mahajna, J., Ethnobotanical Survey in the Palestinian Area: A Classification of the Healing Potential of Medicinal Plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 221-232,2000.
- [6] Ibaoglu, A. K., “Defne (*Laurus nobilis* L.) Yaprğından İzole Edilen Yüksek Hidroskopluga Sahip Pigmentlerin Yaprakta “Hidrosentez” Yapma Olasılığı. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi. Cilt II, 104-115 S, 7-10 Eylül, Samsun, 1998.
- [7] Bulduk, S., *Gıda Teknolojisi*, İkinci Baskı, Detay Yayıncılık, 35-38, Ankara, 2004.
- [8] Cemeroğlu, B., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknoloji Dergisi Yayınları, Yayın No:6, Ankara, 1986.
- [9] Özkaya, H., *Gıda Ambalajlama ve Depolama*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayınları, 50-52, Ankara, 1995.
- [10] Bozkurt, Y. and Göker, Y., *Orman Ürünlerinden Faydalanma* Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. 2840, 297-402, İstanbul, 1981.
- [11] Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Gıda Teknolojisi Derneğı, 28, 541 – 542, 544-570, Ankara, 2003.
- [12] Ceylan, İ., *Programlanabilir (PLC) Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı, İmalatı ve Kereste Kurutma İşleminde Deneysel İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
- [13] Anonim, Türk Gıda Kodeksi Baharatlar Tebliğı (Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı), 28614 sayılı Resmi Gazete, Ankara, 2013.
- [14] Demir, V., Günhan, T., Yağcıoğlu, A.K., Değirmencioglu A., Mathematical Modelling and the Determination of Some Quality Parameters of Air-dried Bay Leaves, *Biosystems Engineering*, 88 (3), 325–335, 2004.
- [15] Toğrul H., Toğrul İ., İspir A., *Infrared Kurutucuda Muzun Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi*, III.Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Antalya, 2005a.
- [16] Toğrul H., Toğrul İ., İspir A., *Infrared Kurutucuda Muzun Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi*, III.Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Antalya, 2005b.
- [17] Sevik, S., Design, Experimental Investigation and Analysis of A Solar Drying System. *Energy Convers Manage*, 68:227–34, 2013.
- [18] Nimmol, C., Devahastin, S., Swasdisevi, T., Soponronnarit, S., Drying of Banana Slices Using Combined Low-Pressure Superheated Steam and Far-Infrared Radition, *Journal of Food Engineering*, 81, 624-633, 2007.
- [19] Nathakaranakule, A., Jaiboon, P., and Soponronnarit, S., Far-infrared Radiation Assisted Drying of Longan Fruit, *Journal of Food Engineering*, 100, 662-668, 2010.

- [20] Hebbar, H., Vishwanathan, K.H., and Ramesh, M.N., Development of Combined Infrared and Hot Air Dryer for Vegetables, J. of Food Eng. 65,557-563, 2004.



A TRADITIONAL PRODUCT: ZAHTER**Çağla ÖZBEK ¹, Başak ÖNCEL ²**

¹ Toros University Vocational School Department of Food Technology, ORCID ID: 0000-0002-3577-1599

² Toros University Vocational School Department of Food Technology, ORCID ID: 0000-0001-7372-0138

ABSTRACT

Turkish cuisine which has rich product diversity of Asian and Anatolian culture has developed with time since interactions between different cultures. One of the most important meals of rich Turkish cuisine is breakfast. Some regions and provinces are significant for traditional Turkish breakfast. Hatay province which has gastronomically importance is one of the major provinces in terms of breakfast culture in our country. Hatay cuisine is harmonious with different cultures so was able to adapt different flavors to its own culinary culture. Thereby it was not only become a host of different cultures, but also managed to become a traditional cuisine.

In Hatay cuisine, beside classical breakfast products such as olives, cheese, honey, kaymak, many other products present in the breakfasts. Hummus, Sünme cheese, Carra cheese, Sürk, Çökelek, Kaytaş patty and breakfast Zahter are some of the examples of these products. Especially Zahter is a unique product and it is not possible to find this product in other regions. Breakfast Zahter is a traditional nut-spice mixture consumed with olive oil at breakfast in and around Hatay. The breakfast Zahter, which has been produced domestically as a traditional food product for centuries, has now begun to be produced on an industrial scale and delivered to a wider audience. While Zahter production, various nuts are roasted after sorting, washing and drying processes, this mixture is ground in the mills and spices as flavoring additives are added. The mixture of nuts and species used for producing Zahter consists of many different spices including terebinth, sesame, roasted chickpea powder, watermelon seed, melon seed, sumac, salt, cumin, red pepper, black cumin, citric acid, coriander, fennel and thyme.

Due to presence of rich nutrient content it is advisable to increase consumption of Zahter. In this study, the general characteristics, some quality characteristics and health effects of the breakfast Zahter consumed in Hatay were discussed.

Keywords: Breakfast Zahter, Hatay province, Traditional product

1. INTRODUCTION

Eating and nutrition habits of societies are shaped depending on the geography they live in [1]. Factors such as the variety of products offered by the Asian and Anatolian lands, the interaction with other cultures throughout history, the presence of newly developed flavors in the Seljuk and Ottoman palaces, the presence of Anatolian cuisine originating from Mesopotamia are the factors that ensure the color and diversity of Turkish cuisine [2].

One of the reasons why Turkish Cuisine is regarded as one of the best cuisines in the world is that Turks were able to live together with nomadic life in their homeland of Central

Asia and later in Anatolia, where they migrated. With the practicality brought by nomadic life, agricultural foods obtained in settled life were used, and different applications such as fermentation and drying made the foods both durable and delicious. Thus, a different and rich food culture has emerged from other nations [1].

Turkish cuisine consists of soups, grains, meat and vegetables, olive oil dishes, pastry, fried, desserts and traditional drinks. It is also a source of a healthy and balanced diet and vegetarian cuisine, as it contains a variety of unique foods such as molasses, bulgur, yogurt, and tarhana [3]. Dietary styles differing from region to region turn into a sacred ritual in special days, celebrations such as weddings, circumcision and religious ceremonies [4].

In this study, information about the general characteristics of Turkish cuisine, breakfast culture and Hatay cuisine, as well as product characteristics, chemical composition, usage method and health effect of breakfast zahter were compiled.

2. BREAKFAST CULTURE IN TURKEY

Each country has its own spoken language, customs and traditions, cuisine cultures, local dishes as well as their own breakfast habits. Breakfast is one of the most important meals that should not be overlooked for a healthy and productive society [5]

In Turkish cuisine, breakfast is the most diverse cuisine compared to other country cuisines. Turkey has a breakfast culture varies according to different regions. Factors such as the geographical structure of the place of residence, climate and people's eating habits can be shown as the main reason for this rich diversity. For example, while beyran soup is consumed at breakfast in Gaziantep, boyoz and boiled eggs are consumed in İzmir [6].

The characteristic of Turkish breakfast is the inclusion of tin white sheep cheese and varieties, butter, jam, honey, sausage, pastrami, olive varieties, boiled and fried eggs, which are unique to our country, in the breakfast meal. In addition, vegetables (such as tomatoes, green peppers and cucumbers), bagels and pastry foods (pastries, pastries, pancakes, cookies and donuts) and fruits (such as apple, pear, orange, watermelon and melon) are served for breakfast. Another feature of the Turkish style breakfast is that the tea is brewed and served in a Turkish style [7]. In addition, the consumption of soup for breakfast is an important habit for Turks from the past [8].

Turkey is composed of seven different geographical regions and breakfast culture varies according to each region. Some regions and cities stand out with different types of breakfast [9]. Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş, Van, Denizli, Konya, Rize and Bursa are some of these cities [6].

3. HATAY CUISINE

Hatay cuisine is one of the rare kitchens that has survived the culinary culture for 4000 years until today. In this city where thousands of years of civilizations have lived, Arab, Western and Eastern cultures have combined to reveal a rich food culture [10]. The nomination of Hatay, which is one of the special gastronomic region of Turkey and the world, and where many civilizations have been living in, for World City of Gastronomy was adopted by UNESCO in 2015. Hatay cuisine has approximately 460 types of food and more than 200 different types of its own [11].

Besides the unique aspects of Antakya dishes, Adana and Mersin located in the Mediterranean Region and Gaziantep, which is not located, have similar and common dishes.

It is stated that the reason for this is the ecological similarity of these provinces that are close to each other and the migration that has occurred over time and still continues in the region [7].

In the daily breakfast table in Hatay, olives with oily Halhalı, crushed olives, Sürk (moldy cottage cheese) which is a fermented flavor unique to Hatay, salty yogurt, olive salad, thyme salad, Zahter, walnut pepper (muhammara), Kaytaz pastry, pepper bread, honey-cream, pomegranate, Kısır, hot Samandağ pepper, Antakya cheese, Kıtte (gherkin) [6].

Flavors (medicinal and aromatic plants) come to mind first in Hatay cuisine. There are more than 2000 flowering plant species that grow naturally in Hatay. About 300 of these plants are endemic plants. It has been determined that 550 of the more than 2000 plant species growing in Hatay are medicinal and aromatic plants. These plants grown in natural areas have an important contribution to the enrichment of Hatay cuisine [12]. One of the special products of Hatay obtained from this type of plants is breakfast Zahter.

4. BREAKFAST ZAHTER

4.1. Zahter (*Thymbra spicata*)

There are many types of aromatic plants from the *Lamiaceae* family defined as thyme in Turkey. However, especially the types containing thymol / carvacrol type essential oil are accepted as thyme. Among these species, especially *Thymus*, *Origanum*, *Satureja*, *Thymbra* and *Coridothymus* species are of great importance both in terms of distribution and economically [13].

Thymbra spicata which is known as “Karabaş kekik” or “Zahter” is grown widely in the Mediterranean and Southeastern Anatolia regions of Turkey [14]. Zahter plants are small bushes with 10-40 cm tall. Flowering stems are ascending or steep, simple, sometimes very branched. Leaves of flowering shoots are simple, full-edged and linear. Corolla is purple or pink in color. It spreads in Altinozu, Belen districts and Narlica in Hatay [15].

This plant has an economic value due to the use of its leaves and flowers in food, beverage and medicinal purposes [14]. Zahter oil, Zahter cream, Zahter paste and Zahter soap can be produced by Zahter plant and dried leaves of Zahter is used for seasoning meat, poultry and fish products [16]. Additionally essential oils obtained from the leaves of Zahter are used for flavoring of foods, producing liqueur, herbal tea and perfumery. These essential oils have also antiseptic and antimicrobial characteristics [17]. Bozkurt (2006) reported that the oil obtained from Zahter reduced bitterness and improved sensory properties in Turkish sausages [18].

Thymbra spicata species, which grows as a weed in Hatay, is quite common. This type of thyme, known as Zahter in this region, can be used as a spice, as well as for breakfast, in brine or in making salads [19]. It has a bitter taste and sharp smell [16].

Zahter is a plant that is collected from nature and cultivated and traded within the borders of Hatay. It is sold in local markets, greengrocers and table shops in March-May [15]. Most of the world's thyme need is met with this plant [13].

Zahter is used as a spice in many dishes in Hatay cuisine, in the production of Sürk (product made from a mixture of Çökelek cheese, red pepper and Zahter), “Katıklı ekmek” (in the form of Lahmacun and contains a mixture of Çökelek cheese, red chili pepper, sesame and Zahter), but it is mostly used as a Zahter salad. Zahter salad can be prepared directly from green

Zahter, or it can be prepared with enough salt and olive oil in a jar as pickled. It is a type of salad prepared using Zahter, green onion, tomato, chili pepper, olive oil, pomegranate syrup and salt, and consumed widely in the region [15, 20].

4.2. Health Effect of Zahter

Herbs and herbal extracts are used for the treatment of many diseases in alternative treatments in the world. The location of our country and the fact that it has different climatic conditions has created richness in terms of plant species and diversity. For this reason, there is a lot of flora and these plants in our country can be used medicinally. *Thymbra spicata* is one of these medical plants [21].

The main usage areas of thyme varieties are bronchi, intestines, digestive system, stomach and lung diseases (tuberculosis, asthma, bronchitis). In medicine and pharmacy; It is used in diarrhea, expectorant, anemia, relieving, regulating blood circulation, sterilizing the nervous system, respiratory tract, toothache and breath odor, appetite, indigestion, intestinal stinking, gas and inflammation, diarrhea, cold, rheumatism and gout diseases. It strengthens the body, stops heart palpitations, reduces the amount of sugar in the blood. Thyme bath is used in the treatment of weak and pale children (especially in rickets), thyme tea for puberty acne, and thyme tincture for the treatment of organ tremors [22].

It is recommended to use the tea prepared from the Zahter for colds, cough and stomach pains. In addition, this herb is a pain reliever, a powerful antibiotic against bacteria and fungi in the treatment of skin diseases such as parasites and eczema [23]. The amount of antioxidants such as terpenoids and flavonoids of *Thymbra spicata* is high and it shows cholesterol-lowering and liver protective characteristics [24].

Each of the spices, oil seeds and grains that are included in the threshing for breakfast have important functions in terms of health separately. The antioxidant, phenolic and flavonoid ingredients in the breakfast Zahter are effective in preventing problems such as oxidants accumulated in the body due to stress, unbalanced nutrition, environmental pollution, smoking and alcohol consumption [13].

They are used for antimicrobial-antioxidant purposes in extending the shelf life of foods [22]. Kadioğlu Dalkılıç et al. (2020) stated that breakfast Zahter showed antimicrobial effect against to *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella pneumonia* bacteria [25]. Joma et al. (2020) reported that Zahter extract had antimicrobial effect against to *Stenotrophomonas maltophilia* which has multi-resistance and DNA protective activity [21].

4.3. Ingredients of Breakfast Zahter

Breakfast Zahter is a traditional product that is a mixture of herbs and nuts and is mainly consumed at breakfast. Its composition varies according to different cultures and countries [26]. The emergence of Zahter for breakfast dates back to ancient times. In order to make use of the remnants of the grain remaining from the previous year, people roasted and grinded these grains and used them for breakfast. This has led to a breakfast culture over time [13]. In recent years, it is known that breakfast Zahter has been produced on an industrial scale in the southeast of our country and in some Arab countries [26].

It consists of many different spices including terebinth (500 g), sesame (1 kg), roasted chickpea powder (1 kg), watermelon seed (500 g), melon seed (500 g), sumac (500 g), salt (optional), cumin (2 dessert spoons), red pepper (optional), black cumin (500 g), citric acid (1 teaspoon), coriander (200 g), fennel (200 g) and Zahter (200 g). In some regions, it is known that tarhana, dried unripened grapes, wheat, hemp seeds, cinnamon, peanuts, walnut, pistachio and anise are used for Zahter production. For breakfast, olive oil is placed in a bowl and Zahter in another bowl. The bread is first dipped in olive oil and then consumed by dipping in Zahter [25, 26, 27].

Terebinth (menengiç): Menengiç (*Pistacia terebinthus* L.) is a wild plant species commonly found in many Mediterranean countries such as Tunisia, Italy, Greece, Syria and Turkey. Due to its richness in resin components and tannins, tincture has been known to be in a medicinal plant class since ancient times. In general, the used parts of the plant are its roots, young shoots and fruit [28]. It is also consumed in different ways as food. The collected fruits are roasted and eaten as a snack. Roasted menengiç is beaten with walnuts and raisins and mixed and eaten, it is good for cough and sore throat. It opens the mind and strengthens the memory. Menegic gum is another widely consumed food. Coffee is also made by grinding menengiç [29].

Sesame: The origin of sesame (*Sesamum indicum* L.), a very old cultivated plant, is the African continent. It is an annual oil plant belonging to the *Pedaliacea* family cultivated in many parts of the world with tropical and subtropical climate zones, especially in India, Sudan and China [30]. Sesame seeds contain oil (50%), protein (24%), vitamins, minerals and antioxidants. Although sesame is a very important oil plant, almost all of the sesame produced and imported in our country is used as food in tahini production, bakery and patisserie sectors [31].

Roasted chickpea (Leblebi) powder: Chickpea is a legume with rich nutrient content and is the raw material of Leblebi consumed as a snack. Roasted chickpeas are a traditional snack consumed in many countries. Roasted chickpeas is called as “Leblebi” in Turkey. Chickpea grains are an excellent source of proteins, essential amino acids, carbohydrates, minerals such as calcium, phosphorus, magnesium and potassium, vitamins, dietary fiber, folate, beta carotene and fatty acids [32, 33]. Chickpea flour is used as an additive in products such as bread, biscuits, food mixes and many meals [34].

Watermelon seed: Watermelon seeds are used as a snack after salting and roasting in the Middle East, Arab and Asian regions. Production and consumption in Turkey is seen that widespread. In India and some African countries, seeds are used in vegetable oil production and bread making as flour [35]. It was determined that the dried watermelon seeds contain a significant amount of oil (25-55%) and protein (27-36%) [36]

Melon seed: Melon seeds are used mainly in oil production, medicine, cosmetics and food fields as raw materials of various traditional beverages. As an example of melon seed traditional drinks; There are "Melon Milk" made in Nigeria and Iran, "Pepitada" made by Sephardic Jews, "Melon Seed Drink" made in South America. It is consumed as snack or in making of various bakery products, “pestil” and some dishes, such as “İçli köfte” by roasting [35].

4.4. Some Quality Properties of Breakfast Zahter

Studies in the literature on chemical, physical, sensory or aromatic properties of breakfast Zahter are quite limited. In terms of the sustainability of traditional products, it is very important to know and record the characteristics of these products. Some studies conducted in this context are summarized in this section.

Uçan et al. (2014) investigated some nutritional properties of breakfast Zahter samples which were produced domestically or industrially. In this context, they analyzed the pH value, dry matter, crude ash, crude fat and crude protein contents. They found these values ranged between 4.74-5.43, 93.97-96.70%, 3.85-4.73%, 6.23-15.27% and 14.84-19.51%, respectively. They also stated that the nutritional properties of Zahter products which were produced domestically and industrially had significant differences among both themselves and each other [27].

Köten and Satouf (2019) researched some quality parameters of breakfast Zahter which was prepared in different formulations. They used terebinth (menengiç) paste and Zahter in different amounts and analyzed sensory properties and some chemical properties of Zahter, menengiç paste and breakfast Zahter. As a result of the research, it was reported that the use of menengiç paste and Zahter in increasing concentrations improves the sensory properties of breakfast Zahter. The chemical properties of the breakfast Zahter sample only containing 2% Zahter and 2% menengiç paste were given. According to the results the average moisture content was 6.20%, ash content was 6.41%, protein content was 18.97%, fat content was 15.73%, carbohydrate content was 54.61%, crude fiber content was 13.02%, energy value was 435.89 kcal, DPPH inhibition ratio was 93.67%, phytic acid content was 921.56 mg/100g and total phenolic content 452.33 mg/GAE/100g [13].

Ucan Turkmen et al. (2016) stated that breakfast Zahter's total phenolic content ranged from 56.4 to 5489.03 mg gallic acid equivalents/L and antioxidant capacity was between 78.2-91.4%. Additionally, they found that homemade breakfast Zahter extracts had higher antioxidant capacity, total phenolic content and antimicrobial activity than industrial breakfast Zahter product [26].

In a research performed by Hayoğlu et al. (2016), Zahter was produced in cream form and some chemical properties of this product were determined. For this purpose, they used olive oil and turpentine oil in different ratios beside classical nuts and spices mixture. As a result of the research, they found the moisture, protein, fat, cellulose, total phenolic, ash, Cu, Mn, Fe, Zn, P, K and Na contents ranged between 4.50-4.75%, 16.53-19.30%, 13.15-19.97%, 5.94-9.46%, 24.14-33.16 mg GA g⁻¹, 4.80-6.63%, 3.25-13.63 mg 100g⁻¹, 13.10-23.10 mg 100g⁻¹, 40.83-64.73 mg 100g⁻¹, 34.90-55.73 mg 100g⁻¹, 2090.02-3996.72 mg 100g⁻¹, 2632.5-6825.0 mg 100g⁻¹ and 3450.0-7590.0 mg 100g⁻¹, respectively [37].

5. CONCLUSION

Breakfast Zahter is a unique product that is very suitable for the taste of Turkish society. It reflects the richness of Hatay cuisine with its rich content. Although each ingredient used in the production of breakfast Zahter varies according to the regions, it is very valuable in terms of nutritional and positive effects on health. In terms of this feature, it can be said that breakfast Zahter is a functional product. It is thought that the production method can be standardized and

widespread in order to increase the recognition of this product, which has just started to produce industrially in all parts of the country.

Traditional products are an important legacy of our culture. It is very important to be able to pass this heritage to future generations and to ensure sustainability. Therefore, it is thought that more research should be done on traditional products such as breakfast Zahter, and the characteristics of these products should be accurately determined and recorded.

Although there are studies in the literature on the general characteristics of the thyme plant, there is not enough information about the traditional products obtained from this plant. Especially, it is necessary to examine the nutritional, physicochemical, aromatic or microbiological properties of special products obtained from thyme such as breakfast Zahter, Zahter salad, and pickled Zahter.

REFERENCES

- [1] Demirgöl, F., Çadırdan Saraya Türk Mutfağı, Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi, July, 3,1, 2018.
- [2] Girgin, G.K., Demir, Ö., Çetinkaya, V., (2017). Dünyanın En İyi Mutfakları ve Türk Mutfağı, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 5(2):219-229. <http://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/3600/goksel-kemal-girgin-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, Access date: 16.04.2021.
- [3] Solmaz, Y. and Dülger Altın, D., (2018). Türk Mutfak Kültürü ve Beslenme Alışkanlıkları Üzerine Bir Değerlendirme, Journal of Saffron Culture and Tourism Researches, 1(3):108-104. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/611111>, Access date: 16.04.2021.
- [4] Sürücüoğlu, M. S., Özçelik, A., Ö, *Türk Mutfak Ve Beslenme Kültürünün Tarihsel Gelişimi*, 38th Icanas Congress., 10-15 September, 1289-1310. Ankara, 2008.
- [5] Nakiboğlu, M., *Van'da Kahvaltı Kültürü ve Kahvaltı Salonları*, IWACT International West Asia Congress of Tourism Research, Van, 332-339, 28 September-1 October, 2017.
- [6] Çekal, N. and Doğan, E., (2021). Türk ve Dünya Mutfaklarında Kahvaltı Üzerine Bir Çalışma, Humanities Sciences, 16(1):71-88, <http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2021.16.1.4C0244>, Access date: 16.04.2021.
- [7] Say, D., Esen, M.K. and Güzeler, N., *Türk Mutfağında Kahvaltı Kültürü*, I. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu, 37-55, Mersin, 2018.
- [8] Güldemir, O., Hakkı, G., and Işık, N., Türk Mutfağı'nda Kahvaltıda Tüketilen Çorbalar ve İllere Göre Dağılımı, Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der.,(39): 56-66, 2018.
- [9] Özden, B., *Changes in the Breakfast Traditions of an Old-World Country: How the Breakfast Traditions in Turkey have Changed, Causing the Loss of an Important Food Culture*, Dublin Gastronomy Symposium, Dublin, 1-4, 26-27 May, 2020.
- [10] Öner, S., *Hatay Mutfağı*, 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 1007, Adana, 17-19 April, 2014.
- [11] Özdemir, F., Güngör, B., Kültürel Bir Değer Olarak Unutulmaya Yüz Tutmuş Geleneksel Hatay Yemekleri ve Bu Kültürel Değerin Korunması Önerileri, Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 4(Special issue 1), 190-199, 2016.

- [12] Babat, D., Gökçe, F. and Varışlı, A., *Hatay Mutfak Kültürünün Sürdürülebilirliğinde, Yöresel Yiyecek Üreticilerinin Rolü*, 1st International Sustainable Tourism Congress, 816-830, November 23-25, Kastamonu, Turkey, 2017.
- [13] Köten, M. and Satouf, M., Farklı Formülasyonlarda Kahvaltılık Zahter Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, *Gıda*, 44 (3): 513-522, 2019.
- [14] Erci, F., Cakir-Koc, R., and Isildak, I., Green Synthesis of Silver Nanoparticles using *Thymbra spicata* L. var. *spicata* (Zahter) Aqueous Leaf Extract and Evaluation of Their Morphology-Dependent Antibacterial and Cytotoxic Activity, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 46(1),150-158.
- [15] Mert, A., Şahin, C.B., and Akçalı, C.T., Hatay Yöresinde Doğal Olarak Yayılış Gösteren Bazı Tıbbi Bitkilerin Ekonomik Önemleri ve Kullanımları, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9 (2): 59-61, 2016.
- [16] Dalkılıç, N., and Sönmezdağ, A.S., *Medicinal and Aromatic Plants Common Used in the Cuisine of Gaziantep*, International Congress on Medicinal and Aromatic Plants, 194-197. May 10-12, Konya, 2017.
- [17] Kızıl, S., Toncer, O., Dıraz, E., and Karaman, S., Variation of Agronomical Characteristics and Essential Oil Components of Zahter (*Thymbra spicata* L. var. *spicata*) Populations in Semi-Arid Climatic Conditions, *Turk J Field Crops*, 20(2), 242-251, 2015.
- [18] Bozkurt, H., *Zahter Yağının Türk Sucuğunun Kalitesi Üzerine Etkisi*, Türkiye 9. Gıda Kongresi, p.923-926, 24-26 Mayıs, Bolu, 2006.
- [19] Aldanmaz, E.A., Mouhammad, F., and Ateş, N., *Antakya'nın Yöresel Kahvaltılıklarının Vazgeçilmezi, Kahvaltılık Zahter, Zahter Salatası ve Salamura Zahter*, 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, p.1101, 17-19 April, Adana, 2014.
- [20] Iflazoğlu, N. and Sarper, F., Zahtar and its place in culinary culture: Sample of Hatay Cuisine, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23:100302, 2021.
- [21] Joma, M.H., Çay, M., Kılıç, I.H., and Özaslan, M., Zahter (*Thymbra spicata* L. var. *spicata*) Bitki Özütlerinin DNA Koruyucu Aktivitelerinin ve *Stenotrophomonas maltophilia* Üzerine Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması, *Zeugma Biological Science*, 1(2),28-34, 2020.
- [22] Bozdemir, Ç., Türkiye'de Yetişen Kekik Türleri, Ekonomik Önemi ve Kullanım Alanları, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3):583-594, 2019.
- [23] Aslan, E., and Arslan, D., Siirt Florasında Bulunan *Thymbra spicata* L. var. *spicata* Bitkisinin Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi, *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(2),294-305, 2020.
- [24] Köroğlu, E. and Celebioglu, H.U., *Effects of Thymbra spicata L. (Zahter), A Medicinal Plant, on Aggregation Properties of Probiotic Bacterium L. rhamnosus GG*, International Marmara Sciences Congress, 401-405, Kocaeli, December 4-5, 2020.
- [25] Kadioğlu Dalkılıç, L., Dalkılıç, S., and Korkmaz, İ., Geleneksel Kahvaltılık Zahterin Antimikrobiyal Etkisi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1), 128-133, 2020.
- [26] Ucan Turkmen, F., Mercimek Takcı, H.A., Sekeroglu, N., Total Phenolic Content, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Homemade and Industrial Samples of Breakfast Zahter, Herbal Mixture, *Akademik Gıda*, 14(3),242-246, 2016.

- [27] Uçan, F., Kulak, M., Çimen, G. and Şekeroğlu, N., *Kahvaltılık Zahterin Besin Değeri Açısından Değerlendirilmesi*, 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 689-693, April 17-19, Adana, 2014.
- [28] Altuntaş, E., Gül, E.N., Gök, H., Menengiç Meyve ve Tohumlarının Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (6): 1518-1528, 2020.
- [29] Furkan, M.K., *Adıyaman İlinde Yetişen Bazı Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.263, 2016.
- [30] Atakan, E., Pehlivan, S., and Kaya, C., Adana İli Susam (*Sesamum indicum* L.) Üretim Alanlarında Bulunan Zararlı ve Faydalı Türlerin Araştırılması, Türk. Entomol. Bült., 7 (2): 157-166, 2017.
- [31] Kurt, C., Tohum Kabuğu Renginin Susam Tohumlarında Bulunan Demir İçeriği Düzeyine Etkisi, KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 21(5): 686-690, 2018.
- [32] Kuzumoğlu, Y., *Glutensiz Tulumba Tatlısı Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, p.69, 2020.
- [33] Ataman, Ç., and Gül, H., Leblebi Üretiminde Yan Ürün Olarak Açığa Çıkan Kırık Leblebi Ununun Mufin Kalitesi Üzerine Etkisi, Black Sea Journal of Agriculture, 3(4): 308-316, 2020.
- [34] Bal, M. and Erginkaya, Z., Farklı Nohut Unu Ekstraktlarının, Bazı Probiyotik Bakterilerin Gelişimi Üzerine Etkileri, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 37(1), 114-123, 2019.
- [35] Teksoy, Ş., *Karpuz ve Kavun Çekirdeklerinin Bazı Probiyotik Bakterilerin Gelişmesi Üzerine Etkisinin in vitro İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, p.120, 2020.
- [36] Güneş, R., and Aşkın, B., Karpuz Çekirdeği Yağının Kimyasal Özellikleri ve Besin İçeriği, Gıda, 41 (1): 37-44, 2016.
- [37] Hayoğlu, I., Başığit, B., Hayoğlu, G., Atasoy, A.F., Cream Zahter: A Functional Food Some Chemical and Sensory Properties, Current Research in Nutrition and Food Science, 4(SI. 2), 32-36, 2016.

GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021

KINEMATIC ANALYSIS OF A SEVEN DEGREE OF FREEDOM MECHANISM**Ahmet Saygın ÖĞÜLMÜŞ¹, Abdullah ÖZKAN², Mustafa TINKİR³**¹ Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, 0000-0001-6498-4318² KTO Karatay University, Faculty of Engineering, 0000-0002-6856-8415³ Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, 0000-0002-9259-308X**ABSTRACT**

In solving the kinematic problem of serial manipulators, it is usually possible to obtain the equations with matrix algebra using homogeneous transformation method. In systems with a multi degree of freedom of six and above, these calculations are very difficult to perform. It becomes very complicated both to obtain forward kinematic equations and to reach the reverse kinematic solution that provides joint variables if the resulting position equations are non-linear. In recent years with the development of technology and computer software, it has become quite easy to solve some complex engineering problems. Today, Matlab is one of the most widely used programs in solving engineering problems. The Robotic Vision and Control (RVC) toolbox created by Peter Corke is a Matlab library that facilitates calculations for externally crafted multi-freedom robots that perform basic calculations such as kinematic, dynamic and trajectory planning in robotics. The RVC toolbox also provides a practice for transformation functions between homogeneous transformations and various angle and axis/angle representations. In this study, kinematic analysis of the seven-degree SPS (Spherical-Prismatic-Spherical) mechanism consisting of two spherical joints and one prismatic joint was realized. The forward kinematic equations were obtained using Peter Corke's RVC Toolbox instead of algebraically solving the combined homogeneous transformation matrix created with Denavit-Hartenberg parameters while performing kinematic analysis. The purpose of using the RVC Toolbox when performing forward kinematic calculations is to facilitate kinematic calculations by reducing the processing load and difficulty of analyzing complex mechanisms. Since the position equations obtained from forward kinematics are non-linear, it is very difficult to solve the joint variables to be obtained from reverse kinematics analytically. Therefore, the inverse kinematic equations of the SPS mechanism were solved numerically using the jacobian matrix. Pseudo inverse jacobian was obtained because the jacobian matrix created could not be reversed. Newton-Raphson method was used in the numerical solution taking into account its simplicity and solution speed. Calculated forward and inverse kinematic solutions are provided with different position and joint variables.

Keywords: Seven degree of freedom mechanism, spherical and prismatic joint, forward and inverse kinematic analysis, RVC Toolbox, Pseudo inverse jacobian

1. INTRODUCTION

The SPS mechanism is basically a seven degree of freedom mechanism consisting of two spherical and one prismatic joint. Parallel robots usually appear with combine of different numbers of SPS mechanisms (Tian, Shirinzadeh, & Zhang, 2010). Mechanisms are systems that can transmit and transform motion. Dynamic analysis of a mechanism consists of two parts: motion and the forces / moments that enable this motion (Mata et al., 2016). Kinematic Analysis is the examination of the motion of the mechanism as a function of time without forces and moments according to a fixed axis set . A motion can be defined and characterized by position, velocity and acceleration. In the solution of kinematic problem with homogeneous transform method, it is possible to define the rotation and displacement of moving axes according to a fixed reference coordinate system determined by matrix. Forward and inverse kinematic equations are obtained with the compound matrix created using homogeneous transformation matrices (Duran & Ankarali, 2010). If the degree of freedom of the mechanism is high, algebraic operations are very difficult to perform. It becomes very complicated both to obtain forward kinematic equations and to reach the inverse kinematic solution that provides joint variables in the resulting nonlinear position equations. Today, various computer software that facilitates our work is used to solve engineering problems. Matlab is one of the widely used programs in both academic studies and industry. One of the reasons why usage is widespread is that some utilities and libraries are open source. In this study, the forward kinematic equations of the SPS mechanism were obtained on the matlab using the Peter Corke's RVC toolbox. Peter Corke's Robotic toolbox is a matlab toolbox that facilitates calculations for highly complex externally crafted robots that perform basic calculations such as kinematic, dynamic and trajectory planning in robotics (Corke, 2007). Predictive and corrective algorithms are used for the numerical solution, which take the sum of the differences of kinematic equations. The Newton method, also known as the Newton-Raphson method, solves continuous equations simultaneously (Oh, Orin, & Bach, 1984). It is a common method due to its solution speed and simplicity.

2. KINEMATIC ANALYSIS

2.1. Forward Kinematics

Denavit and Hartenberg developed a systematic approach by matrix algebra the rotation and translation of moving axes according to a fixed reference coordinate system, such as Figure 2.1-a (Denavit et al., 1955).

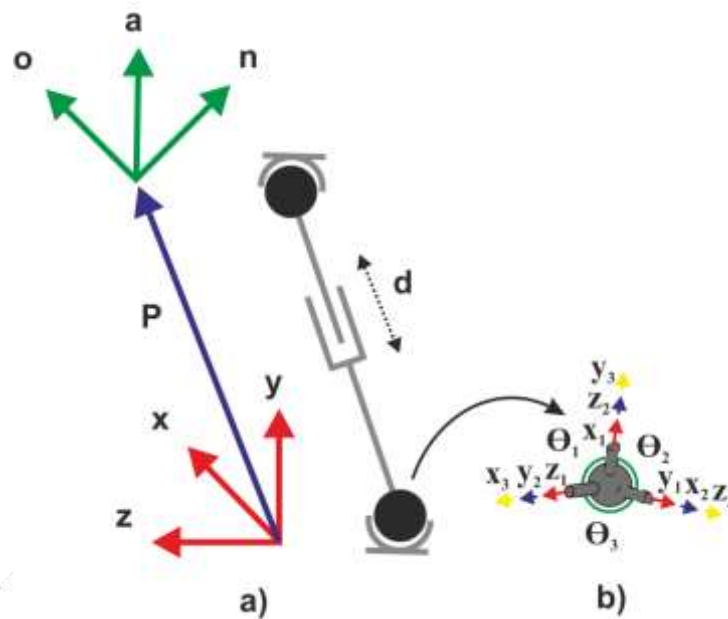


Figure 2.1 SPS Mechanism a) Link coordinate system b) ZYX Euler angle set

The compound matrix, created using 4x4 homogeneous transformation matrices defined for two consecutive links connected by sliding or rotating joints, also includes 3x3 rotation and 3x1 translation, as in Equation 2.1, according to the reference coordinate axis of the end effector of the manipulator.

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \text{Rotation}_{3 \times 3} & \text{Translation}_{3 \times 1} \\ \text{Perspective}_{1 \times 3} & \text{Scale Factor}_{1 \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

In the spherical joint, the situation is slightly different. The three degree of freedom spherical joint acts as if there are 3 rotating joints with conflicting origins, but does not make a translation motion when making the rotational motion. The functional correlation between rotating a rigid body around a fixed O point, one axis set relative to another fixed reference axis set can be obtained as a compound of three consecutive rotations (Shah, Saha, & Dutt, 2009). Euler angles are the θ, ϕ and ψ parameters that determine the position of the moving system according to the fixed system. In the Denavit-Hartenberg method, robot kinematics were created for each joint using 4 parameters in Table 2.1.

Table 2.1 . Denavit –Hartenberg Parameters

	$*\Theta_i$	a_i	d_i	α_i
1	Θ_1	-	-	90
2	Θ_2	-	-	90
3	Θ_3	-	-	90
4	-	-	d_4	-
5	Θ_4	-	-	90
6	Θ_5	-	-	90
7	Θ_6	-	-	90

* Θ_i : angle between X_{i-1} and X_i about Z_{i-1} ; a_i : link length

α_i : angle between Z_{i-1} and Z_i about X_i ; d_i : joint off-set

The DH parameters of the SPS mechanism have been transferred to Peter Corke's RVC Tools (Matlab).

```

% SPS Mechanism ** RVC Tools **
syms Q1 Q2 Q3 d4 Q4 Q5 Q6 d4
trotz(Q1)*troty(Q2)*trotx(Q3)*transl(0,0,d4)*trotz(Q4)*troty(Q5)*trotx(Q6)
display(ans);
    
```

Figure 2.2 Homogenous Transformation Matrix Solution Codes in RVC Tools

Normally, a lot of processing is required in the calculation of the compound homogeneous matrix, but with the help of RVC tools, the compound matrix can only be created by encoding, as in Figure 2.2. In the 3x1 position matrix in Equation 1, forward kinematic equations were obtained by determining P_x, P_y, P_z , which gives the position of the end effector.

2.2. Inverse Kinematic

Inverse kinematic problems can also be solved by numerical methods using a Jacobian matrix when they cannot be solved by analytical methods. The Jacobian matrix shows how very small changes in each joint of the manipulator affect the end effector.

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_x(q_1)}{\partial q_1} & \frac{\partial P_x(q_2)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial P_x(q_i)}{\partial q_i} \\ \frac{\partial P_y(q_1)}{\partial q_1} & \frac{\partial P_y(q_2)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial P_y(q_i)}{\partial q_i} \\ \frac{\partial P_z(q_1)}{\partial q_1} & \frac{\partial P_z(q_2)}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial P_z(q_i)}{\partial q_i} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

In equation 2.2, in the general representation of the jacobian matrix, P refers to the position of the end effector, and q refers to the joint variables. It can be expressed in equations 2.3 and 2.4. If the inverse of the jacobian matrix can be taken, as in equation 2.5, velocity ; can be expressed in terms of changes in joint variables.

$$dP = \frac{\partial P(q_i)}{\partial q_i} dq_i \quad (2.3)$$

$$dP = Jdq \quad (2.4)$$

$$dq = J^{-1}dP \quad (2.5)$$

In order for any A matrix to have an inverse, matrix A must be a nonsingular and square matrix. In this case, with the help of the matrix A

$$AX = B \quad (2.6)$$

the only existing solution of the linear equation system is $X = A^{-1}B$. In addition ;

$$AA^{-1} = A^{-1}A = I \quad (2.7)$$

there is a matrix A^{-1} that provides the condition and is called the inversion of the matrix A. However, there is no inversion in cases where matrix A is not a square matrix or when matrix A is a square matrix but singular. In these cases, the system can have a solution thanks to a new concept called the generalized invers (g-invers) matrix, including the properties of the matrix A^{-1} . Show the set of all matrices of type $m \times n$ defined on the \mathbb{C}_n^m complex number object. For an $A \in \mathbb{C}_n^m$ matrix, a G matrix that meets moore-penrose requirements is called the Moore-Penrose (Pseudo Inverse) inversion of the matrix A and is indicated by A^+ or A^\dagger (Buss, 2004).

2.2.The Pseudo Inverse of Jacobian

In the J matrix with the rank r for the jacobian matrix with the rank $J = [a_{ij}]_{m \times n}$ r, the inversion of any nonsingular B sub-matrix of type $r \times r$ is found and the transposed is obtained. In the J matrix, elements of the $(B^{-1})^T$ matrix are placed in the corresponding place for each element of the sub-matrix B. All other elements of the J matrix are replaced by zero. The transposed of the resulting matrix is taken. This is a g-inverse of the matrix J, the matrix J^\dagger .

$$J^\dagger = (J^{-1}J)^{-1}J^T \quad (2.8)$$

2.4. Numerical Solutions of Inverse Kinematic

In cases where the inverse kinematic solution cannot be solved analytically, iterative operations of all joint variables can be performed in a computer environment and solved numerically, as in the Newton-Raphson method. The numerical solution uses predictive and corrective algorithms that take the sum of the differences of kinematic equations and requires initial guess value. The processing load of the iteration is usually related to the quality of the initial guess value. (Goldenberg, Benhabib, & Fenton, 1985). The closer the initial guess value is to the result, the faster the solution will occur.

If the position of the end effector obtained in forward kinematic analysis is expressed as $p = f(\theta)$ nonlinear position equation and p_d desired position and θ_d desired joint angles, the Newton – Raphson method can be written as in equation 2.9. Where Equation 2.9 is expressed with the Taylor series, equation 2.11 is formed as the first guess value, as in Equation 2.10, where the first guess value is θ^i . $J^+(\theta^i)$ is a square matrix for calculating joint variables, a and it has an inverse, resulting in equation of 2.12 that provides iteration.

$$N(\theta_d) = p_d - f(\theta_d) = 0 \quad (2.9)$$

$$f(\theta_d) = f(\theta^i) + \frac{\partial f}{\partial \theta}(\theta^i)(\theta - \theta^i) + (\text{higher order terms}) \quad (2.10)$$

$$p_d = f(\theta_d) = f(\theta^i) + \underbrace{\frac{\partial f}{\partial \theta} \Big|_{\theta^i}}_{J^+(\theta^i)} (\theta_d - \theta^i) + (\text{higher order terms}) \quad (2.11)$$

$$\theta^{i+1} = \theta^i + J^+(\theta^i) (p_d - f(\theta^i)) \quad (2.12)$$

Equation 2.12 enables the calculation of the values of joint variables depending on the position of the robot manipulator's end effector. In order for this cycle to start accounting, estimated values are given to joint variables with θ^i index and θ^{i+1} variables are calculated. The calculated θ^{i+1} values are the values of the θ^i variables in the next step, and the θ^{i+1} variables are calculated again. When the error value $\varepsilon = p_d - f(\theta^i)$ reaches the desired value, the resulting joint variables θ^{i+1} become the desired coordinate values of the end effector.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In manipulators with a degree of freedom of six or more, kinematic analysis is quite complex. It is very difficult or impossible to obtain forward kinematic equations and to calculate joint

variables by analytical methods in the resulting nonlinear position equations. In such engineering problems, it is widely used today to achieve results by performing numerical calculations with the help of software. In this study, kinematic analysis of the SPS mechanism consisting of two spherical and one prismatic joint was performed. Euler angle set was used for the spherical joints in forward kinematic analysis, DH Parameters were determined and homogeneous compound transformation matrix was obtained in Matlab with Peter Corke's Robotics Toolbox. Pseudo inverse jacobian was created from the resulting equations. The inverse kinematics of the mechanism was resolved iteratively in Matlab by the Newton-Raphson method.

Table 3.1 Joint variables values found by NR Method

i	θ_1	θ_2	θ_3	d (cm)	θ_4	θ_5	θ_6	ϵ (%)
0	15°	15°	15°	10	15°	15°	15°	0
1	13.012°	15.447°	16.134°	10.008	16.220°	15.000°	14.530°	6.8116
100	-36.583°	12.456°	46.386°	10.576	5.695°	15.000°	-25.342°	0.0396
200	-36.795°	12.484°	46.484°	10.578	5.351°	15.000°	-25.571°	2.46e-04

The values in Table 3.1 were calculated with an error of 2.46e-04% by giving the initial values θ^i to the joint variables for the desired position of the end effector. In numerical methods, the performance of iteration is directly proportional to the quality of the initial values. In the first iteration, there was an error rate of 6.8116%, while in the 100th iteration it fell to 0.0396%. The difference between 100th and 200th is very small.

Table 3.2 Kinematic Analysis Test Results

i	P_x	P_y	P_z	ϵ (%)
P_d	8	8	8	0
1	7.1145	1.5896	7.9641	22.599
100	7.9947	7.9627	7.9991	0.0021
200	7.9995	8.0004	7.9998	0.0008

The values obtained as a result of the iteration were applied as joint variables in forward kinematic equations and the desired position of the end effector $P_d(8,8,8)$ was found to be $P_{200}(7.9995, 8.0004, 7.9998)$ as in table 3.2 with an error of 0.0008%.

4. CONCLUSIONS

These results prove the accuracy of kinematic analysis. Although the obtained values and methods used are not as clear as the analytical solution, it is inevitable that they will be used in complex engineering problems. The analytical solution has a lot of computational difficulty, but the processing load is low in robot control. However, with the increase in the capabilities of today's technological equipment, the disadvantage of numerical solution is eliminated.

5. REFERENCES

- Buss, S. R. (2004). Introduction to inverse kinematics with jacobian transpose, pseudoinverse and damped least squares methods. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 17(1-19), 16.
- Corke, P. (2007). MATLAB toolboxes: robotics and vision for students and teachers. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 14(4), 16-17.
- Denavit, J., Hartenberg, R., Mooring, B., Tang, G., Whitney, D., & Lozinski, C. (1955). 54 Kinematic Parameter. *Journal of Applied Mechanics*, 77(2), 215-221.
- Duran, M. A., & Ankarali, A. (2010). Üç serbestlik dereceli puma tipi bir manipülatörün pid kontrolü. *Journal of Selcuk Technic*, 9(1), 79-98.
- Goldenberg, A., Benhabib, B., & Fenton, R. (1985). A complete generalized solution to the inverse kinematics of robots. *IEEE Journal on Robotics and Automation*, 1(1), 14-20.
- Mata, A. S., Torras, A. B., Carrillo, J. A. C., Juanco, F. E., Fernández, A. J. G., Martínez, F. N., & Fernández, A. O. (2016). *Fundamentals of machine theory and mechanisms* (Vol. 40): Springer.
- Oh, S. Y., Orin, D., & Bach, M. (1984). An inverse kinematic solution for kinematically redundant robot manipulators. *Journal of Robotic Systems*, 1(3), 235-249.
- Shah, S., Saha, S. K., & Dutt, J. K. (2009). *Denavit-Hartenberg parameters of euler-angle-joints for order (n) recursive forward dynamics*. The International Conference on Multibody Systems, Nonlinear Dynamics, and Control, USA, 2009.
- Tian, Y., Shirinzadeh, B., & Zhang, D. (2010). Design and dynamics of a 3-DOF flexure-based parallel mechanism for micro/nano manipulation. *Microelectronic Engineering*, 87(2), 230-241.



GİRNE
24 - 25 NİSAN 2021